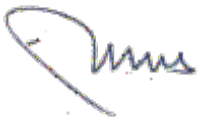
HASIL PENYELARASAN
NASKAH AKADEMIK
RANCANGAN UNDANG-UNDANG TENTANG
KETENAGANUKLIRAN

BADAN PEMBINAAN HUKUM NASIONAL
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
2023

LEMBAR PENGESAHAN

NASKAH AKADEMIK
RANCANGAN UNDANG-UNDANG TENTANG KETENAGANUKLIRAN
(PENGGANTIAN UNDANG-UNDANG NOMOR 10 TAHUN 1997)

Disiapkan oleh
Direktur Pengaturan Pengawasan Instalasi dan Bahan Nuklir,   Haendra Subekti NIP. 196912161999121001
Diperiksa oleh:
Plh. Deputi Pengkajian Keselamatan Nuklir,  Dahlia Cakrawati Sinaga NIP. 196303231985032002
Disahkan oleh:
Plt. Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir,   Sugeng Sumbarjo NIP. 196507251990011001

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT karena atas izin-Nya "Naskah Akademik Rancangan Undang-Undang Penggantian Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran" dapat diselesaikan. Naskah Akademik ini disusun sebagai dasar pertanggungjawaban ilmiah terhadap penyusunan Rancangan Undang-Undang Penggantian Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran sekaligus guna memenuhi persyaratan dalam Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2011 tentang Pembentukan Peraturan Perundang-Undangan sebagaimana telah diubah beberapa kali terakhir dengan Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2022 tentang Perubahan Kedua atas Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2011 tentang Pembentukan Peraturan Perundang-Undangan.

Naskah Akademik ini telah mempertimbangkan peraturan perundang-undangan terkini antara lain Undang-Undang Cipta Kerja dan Undang-Undang tentang Kitab Undang-Undang Hukum Pidana, dan perubahan situasi kelembagaan ketenaganukliran, serta isu ketenaganukliran terkait keamanan nuklir, garda-aman, energi, limbah radioaktif, dan penegakan hukum. Naskah Akademik ini telah melalui tahapan penyelarasan Naskah Akademik sesuai dengan Peraturan Presiden Nomor 87 Tahun 2014 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2011 tentang Pembentukan Peraturan Perundang-Undangan sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Presiden Nomor 76 Tahun 2021.

Harapan kami, dengan penggantian substansi Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran, penggunaan tenaga nuklir semakin meningkat di berbagai sektor, termasuk sektor energi; daya saing nasional sebagai dampak positif teknologi nuklir semakin kuat; pelaku usaha semakin tertarik untuk investasi dalam industri nuklir; keselamatan dan keamanan masyarakat dari bahaya radiasi semakin terjamin.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya penyusunan Naskah Akademik maupun Rancangan Undang-Undang dalam bentuk pemikiran, masukan, dan kritik terhadap substansi maupun teknik perumusan, serta kepada Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia u.p. Badan Pembinaan Hukum Nasional yang telah melakukan penyelarasan Naskah Akademik ini.

Naskah Akademik Rancangan Undang-Undang Penggantian Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran ini diharapkan dapat bermanfaat

dan menjadi acuan berbasis bukti bagi penyusunan RUU dan peraturan pelaksanaannya, serta kajian ilmiah terkait. Dalam upaya menghasilkan kebijakan dan regulasi yang mampu terap dan harmonis, kami berharap masukan dan kritik tetap dapat disampaikan pada tahap pembahasan Rancangan Undang-Undang hingga pengundangan.

Jakarta, 25 Agustus 2023

Plt. Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir

Sugeng Sumbarjo
NIP. 196507251990011001

BAB I
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pembangunan hukum nasional dalam rangka mewujudkan masyarakat adil dan makmur berdasarkan Pancasila dan Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945 (UUD NRI Tahun 1945) diarahkan pada terwujudnya sistem hukum nasional, yang dilakukan dengan pembentukan hukum baru. Produk hukum nasional yang menjamin kepastian, ketertiban, penegakan, dan perlindungan hukum yang berintikan keadilan dan kebenaran diharapkan mampu mendukung pertumbuhan dan perkembangan pembangunan nasional dan mencapai tujuan nasional. Tujuan nasional tercantum dalam pembukaan UUD NRI Tahun 1945 yaitu melindungi segenap bangsa Indonesia dan seluruh tumpah darah Indonesia, memajukan kesejahteraan umum, mencerdaskan kehidupan bangsa, melaksanakan ketertiban dunia yang berdasarkan kemerdekaan, perdamaian abadi, dan keadilan sosial.

Untuk memajukan kesejahteraan umum tenaga nuklir banyak dimanfaaatkan untuk pembangkitan energi sebagai tenaga listrik, bidang kesehatan dalam terapi dan diagnostik penyakit infeksi dan kanker, bidang pertanian dan pangan untuk mendapatkan varietas baru, pengawetan makanan, di bidang industri untuk pengujian dan analisis, di bidang hidrologi, bidang lingkungan hidup. Hingga saat ini Indonesia telah memiliki 3 reaktor nuklir (Bandung, Yogyakarta, dan Serpong) yang dapat memproduksi radioisotop dan penelitian-penelitian yang terkait dengan hal di atas dan terdapat beberapa pelaku usaha yang menyampaikan rencananya untuk membangun PLTN.

Di samping untuk kesejahteraan, pemanfaatan teknologi nuklir memiliki potensi risiko yang harus dikendalikan yang disebabkan oleh karena sifatnya yang mengandung radiasi, untuk itu Pemerintah sudah seharusnya melakukan pengawasan terhadap penggunaan teknologi nuklir. Dengan demikian Pemerintah menjamin perlindungan masyarakat dan lingkungan

hidup dari dampak pemanfaatan teknologi nuklir. Hal ini sejalan dengan tujuan nasional Bangsa Indonesia sebagaimana telah digariskan dalam Pembukaan UUD NRI Tahun 1945 yaitu memajukan kesejahteraan umum dan melindungi segenap tumpah darah Indonesia.

Penyelenggaraan ketenaganukliran telah diatur berdasarkan UndangUndang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran (UUK) yang dalam pelaksanaannya melahirkan 2 (dua) kelembagaan, yaitu Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) sebagai badan pelaksana dan Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) sebagai badan pengawas. Sebagai badan pelaksana, dalam penerapan UUK, BATAN (yang saat ini terintegrasi dengan Badan Riset dan Inovasi Nasional) telah berhasil melakukan berbagai hal di antaranya berhasil mengembangkan Kawasan Nuklir Serpong sebagai fasilitas pendukung pembangunan infrastruktur pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN) dengan tersedianya fasilitas fabrikasi bahan bakar nuklir, fasilitas teknologi pengembangan dan keselamatan reaktor nuklir, fasilitas rancang bangun reaktor, komponen reaktor daya, evaluasi tapak di tiga lokasi, fasilitas pengujian material bahan bakar nuklir berupa reaktor serba guna, fasilitas pengelolaan limbah radioaktif, fasilitas manajemen mutu nuklir. Semua hal tersebut telah menunjukkan kesiapan Indonesia bila suatu saat Pemerintah memutuskan *go nuclear*. Di samping untuk pemanfaatan energi, BATAN telah banyak menghasilkan penelitian-penelitian yang dimanfaatkan di bidang industri antara lain uji tak-rusak, pertambangan mineral radioaktif, logam tanah jarang, modifikasi bahan, dan energi alternatif. Di bidang lingkungan antara lain peta radioaktivitas lingkungan, daur bahan nuklir pascafabrikasi, sumber air tanah, hidrologi, pengelolaan plastik bekas, bioremediasi cemaran minyak atau limbah, dan gas radon. Di bidang kesehatan dan obat antara lain sumber radioaktif (*seed*) brakiterapi, peralatan radiodiagnostik dan radioterapi, kit radiofarmaka, sterilisasi alat dan produk kesehatan, bank jaringan biologis, dan uji dosis pasien. Di bidang keselamatan dan keamanan antara lain manajemen keselamatan, budaya keselamatan, budaya keamanan, kedaruratan nuklir, pemantauan

lingkungan, dan pengelolaan limbah radioaktif. Di bidang pertanian dan peternakaan antara lain benih unggul padi, kedelai, kacang hijau, sorgum, gandum tropis, vaksin untuk kesehatan ternak dan reproduksi, hormon dan pakan untuk ikan.

Pemanfaatan tenaga nuklir terkait instalasi dan bahan nuklir sudah dilaksanakan oleh BATAN sejak tahun 1965. Instalasi nuklir yang sudah beroperasi di tanah air meliputi reaktor TRIGA II 2 MW(t)[1] di Bandung, Reaktor Kartini 100 kW(t) di Yogyakarta, dan Reaktor Serba Guna GA Siwabessy 30 MW(t) di Tangerang Selatan. Untuk instalasi nuklir nonreaktor (INNR) meliputi Instalasi Produksi Elemen Bakar Reaktor Riset (IPEBRR), Instalasi Elemen Bakar Eksperimental (IEBE), Kanal Hubung Instalasi Penyimpanan Sementara Bahan Bakar Bekas (KHIPSB3), dan Instalasi Radiometalurgi (IRM) yang merupakan fasilitas pengujian pasca-iradiasi bahan bakar. Semua instalasi tersebut berlokasi di Kawasan Nuklir Serpong, Tangerang Selatan. Gambar 1. Lokasi reaktor nuklir dan Gambar 2 masingmasing menunjukkan lokasi reaktor nuklir dan instalasi nuklir nonreaktor di Indonesia.

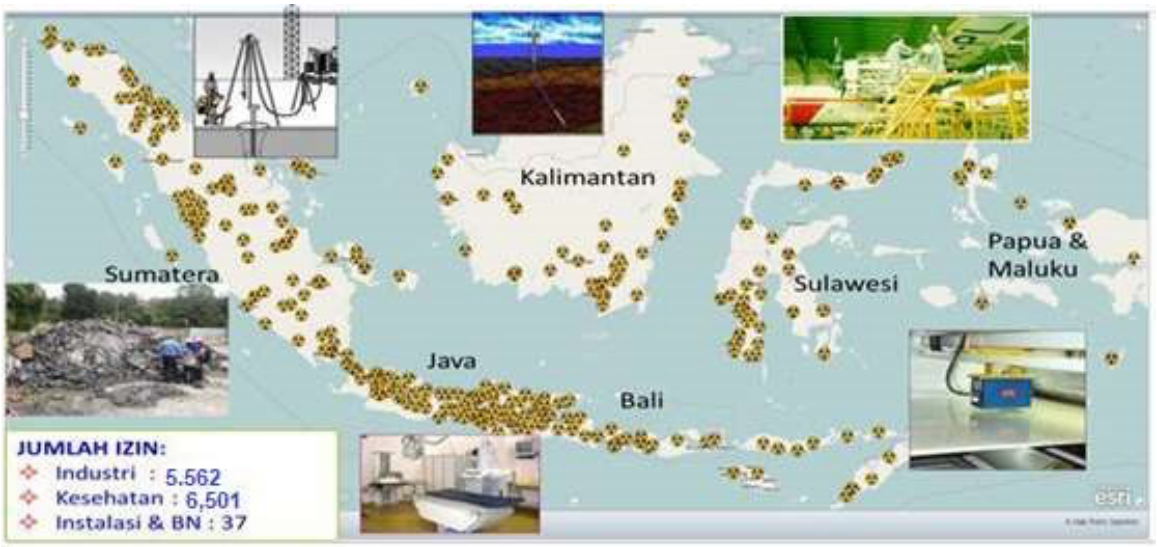
Gambar 1. Lokasi reaktor nuklir

Gambar 2. Lokasi INNR

Selain yang dilakukan oleh BATAN, pemanfaatan tenaga nuklir juga dilakukan pada berbagai bidang yang dikelompokkan dalam bidang industri dan kesehatan. Pemanfaatan tersebut dilakukan pengawasan oleh BAPETEN

[1] MW(t) adalah satuan daya reaktor nuklir dalam megawatt thermal; kW(t) adalah satuan daya reaktor nuklir dalam kilowatt thermal

melalui perizinan dan inspeksi. Berdasarkan data izin pengawasan tenaga nuklir[2], penggunaan terbanyak terdapat pada bidang kesehatan dengan jumlah 8.455 izin, diikuti bidang kesehatan dengan jumlah 5.089 izin. Data tersebut berasal dari fasilitas radiasi sebanyak 1.979 instansi, sedangkan jumlah instalasi nuklir sebanyak 8 (delapan) instalasi dari 2 instansi.
Berdasarkan wilayahnya, penggunaan pemanfaatan tenaga nuklir di pulau Jawa adalah tertinggi, dan terendah berada di pulau Papua. Sebaran penggunaan pemanfaatan tenaga nuklir ditunjukkan pada Gambar 3.



Jumlah Izin dan Persetujuan:
- Industri: 8455
- Kesehatan: 5089
- Instalasi & BN: 38

Gambar 3. Data izin pemanfaatan tenaga nuklir per Desember 2021.

Sebagai badan pengawas, BAPETEN telah berhasil membentuk kerangka pengaturan penyelenggaraan ketenaganukliran nasional yang berbasis risiko dengan mengedepankan justifikasi, optimisasi, dan limitasi. Kerangka pengaturan ini telah mengimplementasikan sistem perizinan dan inspeksi (B@LIS) yang mengadopsi standar internasional terkait keselamatan, keamanan, dan garda aman dengan tetap mengutamakan pelayanan publik. Selain itu, BAPETEN juga telah menyiapkan sistem keamanan dan kesiapsiagaan nuklir nasional, yang disebut Indonesian Center of Excellence

[2] Data Perizinan Fasilitas Radiasi dan Zat Radiokatif per 31 Desember 2021.

on Nuclear Security and Emergency Preparedness (I-CoNSEP) yang mendapatkan dukungan dari Badan Tenaga Atom Internasional (International Atomic Energy Agency, disingkat IAEA). Kerangka pengaturan ketenaganukliran nasional telah mendapatkan reviu dari IAEA dengan hasil memuaskan berdasarkan aspek kesesuaian dengan standar dan praktik internasional.

UUK yang telah berlaku selama 24 tahun, sejak diundangkan sudah banyak memberikan manfaat dalam mengawal kegiatan ketenaganukliran di Indonesia dan memberikan jaminan keselamatan, keamanan bagi pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup. Namun demikian, di samping keberhasilan tersebut, terdapat beberapa kendala dalam pelaksanaan UUK. Fakta pada saat ini menunjukkan adanya dinamika dalam pelaksanaan kegiatan ketenaganukliran dengan mengutamakan pada keselamatan dan keamanan yang masih sangat kurang sehingga keefektifan implementasi Undang Undang ini masih belum mencapai tujuan yang diharapkan. Kelemahan UUK diperkirakan karena adanya beberapa permasalahan sebagai berikut:

a. Adanya kekosongan pengaturan misalnya terkait dengan pengaturan mineral ikutan radioaktif (MIR) pada penambangan mineral. Hal ini terkait misalnya dengan kewenangan BAPETEN dalam pengawasan pemanfaatan tenaga nuklir terkait dengan MIR.
b. Adanya beberapa istilah yang sudah tidak lagi mengakomodir penyelenggaraan ketenaganukliran misalnya instalasi nuklir. Perlunya perhatian dalam beberapa istilah dalam UUK terkait misalnya zat radioaktif, instalasi nuklir, dekomisioning, kecelakaan nuklir, kerugian nuklir, dan Pengusaha Instalasi Nuklir. Beberapa istilah memberikan keterbatasan terhadap kegiatan ketenaganukliran di Indonesia.
c. Lingkup pengaturan UUK, secara umum belum mengakomodasi beberapa masalah yang harus mendapat perhatian dalam kegiatan yang berkaitan dengan keselamatan, keamanan, dan garda-aman baik untuk instalasi nuklir dan bahan nuklir maupun untuk fasilitas radiasi dan zat

radioaktif. Isu-isu lain yang perlu mendapatkan perhatian lebih lanjut walaupun sudah tercakup dalam UUK adalah terkait dengan lingkup keselamatan nuklir, keselamatan dan proteksi radiasi, pengangkutan zat radioaktif, kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan nuklir, proteksi fisik, sistem pengendalian dan pengawasan bahan nuklir dan zat radioaktif, bahan dan peralatan terkait nuklir.

d. Belum terakomodasinya beberapa isu keamanan dalam UUK, mencakup masalah keamanan sumber radioaktif, keamanan bahan nuklir, keamanan bahan dan peralatan terkait daur bahan bakar nuklir, dan terorisme nuklir yang tidak terkait dengan pemegang izin, perlu ada pengaturannya secara komprehensif dalam peraturan perundangundangan.

e. Terjadi banyak perkembangan di tingkat internasional yang juga mempengaruhi struktur industri. Mulai dari kesesuaian peraturan Indonesia dengan konvensi di tingkat global, baik yang menyangkut pertanggungjawaban maupun lingkungan hidup (perubahan iklim), hingga insiden yang memicu perhatian internasional, seperti kecelakaan reaktor Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir di Fukushima, Jepang, pada tahun 2011.

Adanya perubahan paradigma pada pemanfaatan teknologi nuklir yang berlandaskan pada aturan penggunaan teknologi nuklir yang harus memprioritaskan jaminan keselamatan dan keamanan penggunaan tenaga nuklir, contohnya penggunaan alat radiologi, pengelolaan limbah radioaktif, perlindungan lingkungan hidup dari efek penggunaan tenaga nuklir, transparansi dalam membuat keputusan dan regulasi, jaminan kompensasi yang memadai bagi kerugian nuklir, dan penyediaan dana yang cukup untuk dekomisioning instalasi nuklir dalam rangka menghindari beban generasi yang akan datang. Oleh karena itu, hukum yang mengatur ketenaganukliran harus menjamin keseimbangan antara kepentingan penggunaan tenaga nuklir dan jaminan keselamatan serta pencegahan risiko dari penggunaan tenaga nuklir tersebut. Hal ini dikarenakan hukum nuklir tidak hanya

bertujuan untuk mempromosikan pengembangan kegiatan di bidang nuklir saja, tetapi juga untuk memberikan jaminan keselamatan dan keamanan penggunaan tenaga nuklir.

Pemanfaatan teknologi nuklir untuk bidang energi, saat ini dapat dikatakan masih dalam tahap persiapan dan perencanaan. Sementara itu, kebutuhan energi untuk pemenuhan industri nasional semakin meningkat. Dibandingkan dengan pembangkit litrik tenaga uap (PLTU) yang saat ini menjadi penyuplai terbesar energi listrik nasional, PLTN lebih ramah lingkungan karena menghasilkan emisi rumah kaca relatif kecil. Perlu diingat, Indonesia memiliki kewajiban internasional dalam Paris Agreement 2015 untuk menurunkan emisi 29% pada tahun 2030, dan bisa sampai 40% jika dilakukan dengan kerja sama internasional, dan target *net zero carbon emission* tahun 2060.

Untuk kebutuhan selain energi, terdapat badan usaha milik negara (BUMN) sebagai pelaku usaha industri nuklir, yakni PT Industri Nuklir Indonesia (PT INUKI) yang berdiri sejak tahun 1996. PT INUKI memproduksi elemen bahan nuklir untuk Reaktor Serbaguna GA Siwabessy (RSG-GAS) BATAN dan memproduksi radioisotop untuk bidang industri dan radiofarmaka untuk bidang kesehatan. meskipun PT INUKI dapat melakukan produksi radioisotop dan radiofarmaka, namun sebagian besar pemenuhan kebutuhan radioisotop dan radiofarmaka untuk kesehatan saat ini masih bergantung kepada impor dari negara lain. Harga jual 1 (satu) buah radioisotop Tc-99 aktivitas 209 mCi untuk kedokteran nuklir yang diimpor saat ini berkisar Rp 19.000.000,- (sembilan belas juta rupiah). Harga jual ini bisa ditekan hingga sampai 30% (tiga puluh persen) jika radioisotop Tc-99 ini diproduksi sendiri oleh PT INUKI. Harga Tc-99 sebesar Rp. 20.000,- per mCi[3], sehingga untuk 209 mCi berkisar Rp. 4.180.000,-. Disparitas harga yang

[3] Peraturan Pemerintah Nomor 8 Tahun 2019 tentang Jenis dan Tarif atas Jenis Penerimaan
Negara Bukan Pajak yang Berlaku pada Badan Tenaga Nuklir Nasional

signifikan ini pastinya akan berpengaruh terhadap beban pembiayaan bagi pasien yang mendapatkan tindakan kedokteran nuklir.

Melalui pembaharuan UUK, diharapkan dapat mendorong industri produksi radioisotop dan radiofarmaka dalam negeri, bahkan ke depannya ini merupakan peluang untuk dapat diekspor ke kawasan regional Asia, di mana potensi permintaan pasar radioisotop di kawasan Asia cukup tinggi. Hal ini merupakan kesempatan besar bagi pelaku usaha untuk ikut bersaing dalam penyediaan radioisotop ini.

Seiring dengan bertambahnya jumlah rumah sakit di Indonesia, kebutuhan akan pesawat sinar-X radiologi diagnostik dan intervensional juga ikut meningkat. Kebutuhan akan pesawat sinar-X tersebut pada saat ini dipenuhi melalui impor. Dalam 5 (lima) tahun terakhir, sudah ada 3 (tiga) pelaku usaha lokal yang melakukan perakitan dan produksi pesawat sinar-X tersebut yang berlokasi di Depok, Cikarang, dan Palembang, dan belasan perusahaan lainnya telah menunjukkan minatnya untuk melakukan produksi pesawat sinar-X. Namun, produksi dari pelaku usaha lokal ini secara kuantitas masihlah sangat kecil dibandingkan dengan jumlah permintaan.

Keberadaan teknologi nuklir selain memiliki manfaat yang besar, disertai pula oleh risiko yang besar yaitu adanya bahaya radiasi jika pemanfaatannya tidak memenuhi standar keselamatan dan keamanan yang memadai. Beberapa risiko bahaya radiasi dapat diakibatkan dari kejadian:

a. pasien yang terkena paparan berlebih (*over-exposure*) di salah satu fasilitas kesehatan pada tindakan terapi;
b. pekerja mendapatkan paparan berlebih (*over-exposure*) akibat kegagalan sumber radioaktif masuk ke dalam kontainer pada kegiatan uji tak rusak (*non-destructive test*) dan terlepas dari wadahnya pada kegiatan radiografi industri.

Beberapa contoh tersebut berpotensi membahayakan pekerja, masyarakat, dan lingkungan. Hal ini menunjukkan bahwa pemanfaatan tenaga nuklir bagi

kesejahteraan hidup rakyat harus disertai upaya-upaya untuk mencegah bahaya radiasi terhadap pekerja, masyarakat, dan lingkungan hidup.

Apabila terjadi kecelakaan nuklir atau kecelakaan radiologi, risiko tersebut dapat diminimalisir dengan menerapkan kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan nuklir yang sesuai. Infrastruktur kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan nuklir harus dibentuk pada tingkat fasilitas, tingkat daerah, dan tingkat nasional. Infrastruktur pada tingkat daerah dan tingkat nasional saat ini belum dapat optimal karena program kesiapsiagaan nuklir belum terintegrasi dengan rencana nasional penanggulangan bencana, belum meratanya kemampuan sumber daya manusia dalam penanggulangan kedaruratan nuklir, belum optimalnya sarana dan prasarana sebagai contoh penyediaan pusat krisis nuklir yang terintegrasi dengan pusat krisis bencana nasional, dan peralatan peringatan dini yang baru terpasang di instalasi nuklir. Pengembangan sumber daya manusia dan infrastruktur kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan nuklir difokuskan kepada upaya untuk menyusun sistem kesiapsiagaan nuklir nasional oleh pemerintah dan didukung semua pemangku kepentingan terkait.

Perkembangan pengaturan yang berkaitan dengan pemanfaatan ketenaganukliran baik nasional maupun internasional sangat perlu diselaraskan. Di tingkat nasional, adanya undang-undang lingkungan hidup yang juga mengatur bahan berbahaya dan beracun (B3) dan limbah B3 termasuk zat radioaktif, adanya undang-undang lalu lintas dan angkutan jalan yang mengatur pengangkutan B3 menunjukkan adanya keterkaitan pengaturan di antara undang-undang tersebut.

Sementara itu pada tatanan hukum internasional, beberapa perjanjian internasional yang terkait dengan pemanfaatan ketenaganukliran misalnya Konvensi tentang Keselamatan Pengelolaan Bahan Bakar Nuklir Bekas dan Pengelolaan Limbah Radioaktif, Perubahan Konvensi Proteksi Fisik Bahan Nuklir, Konvensi Keselamatan Nuklir, *Convention on Suppression of Nuclear Terrorrism* dan hasil pertemuan tingkat tinggi yang berkaitan dengan

keamanan nuklir yang dibentuk setelah tahun 1997, belum menjadi landasan muatan UUK.

Untuk dapat menyesuaikan dengan perkembangan pemanfaatan ketenaganukliran saat ini dan masa depan, UUK memerlukan pembaharuan, di mana pembaharuan ini selayaknya selaras dengan perkembangan teknologi nuklir, kebutuhan masyarakat, kebutuhan pelaku usaha, kebijakan jangka panjang pemerintah, terjaminnya keselamatan pekerja, masyarakat, dan lingkungan hidup, menjaga stabilitas keamanan nasional dan internasional, dan prinsip-prinsip dalam aturan ketenaganukliran secara internasional. Berdasarkan uraian di atas, terdapat 3 (tiga) hal yang menjadi alasan perlunya pembaharuan UUK, yaitu:

1. pengelolaan ketenaganukliran yang mampu mendorong pertumbuhan industri, kesehatan masyarakat, penguasaan teknologi, penyediaan energi baru;
2. optimalisasi sumber energi nuklir, kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan nuklir, pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dan kelembagaannya; dan
3. belum terakomodasinya beberapa konvensi dan perjanjian internasional yang telah diratifikasi, antara lain:
    a. Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2012 tentang Pengesahan Traktat Pelarangan Menyeluruh Uji Coba Nuklir *(Comprehensive NuclearTest-Ban Treaty)*, terkait dengan garda-aman.
    b. Undang-Undang Nomor 10 Tahun 2014 tentang Pengesahan *International Convention for Suppression Acts on Nuclear Terrorism* (Konvensi Internasional Penanggulangan Tindakan Terorisme Nuklir); terkait dengan keamanan nuklir.
    c. Keputusan Presiden No. 106 Tahun 2001 tentang Pengesahan *Convention on Nuclear Safety,* yang terkait dengan PLTN
    d. Keputusan Presiden Nomor 46 Tahun 2009 tentang Pengesahan *Amendment to The Convention on the Physical Protection of Nuclear*

Material, yang terkait dengan keamanan nuklir pada pengangkutan dan instalasi nuklir.

e. Peraturan Presiden No. 84 Tahun 2010 tentang Pengesahan *Joint Conventionon the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management,* yang terkait dengan pengelolaan bahan bakar nuklir bekas dan limbah radioaktif.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka diperlukan pengaturan ketenaganukliran yang mampu mengakomodasi urgensi pengaturan kegiatan penggunaan tenaga nuklir yang mengedepankan kepentingan masyarakat luas. Pengaturan terkait ketenaganukliran secara komprehensif tentunya memerlukan dukungan kajian dari berbagai sektor dan lini terkait. Kajian tersebut yang memuat konsepsi, gagasan, dan pemikiran sebagai landasan pertimbangan filosofis, sosiologis, dan yuridis akan menjadi acuan dalam penyusunan materi muatan rancangan undang-undang ketenaganukliran yang baru.

B. Identifikasi Masalah

Rumusan permasalahan yang diuraikan dalam Naskah Akademik Rancangan Undang-Undang Penggantian UU Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran adalah sebagai berikut:

1. Apakah permasalahan yang dihadapi dalam kehidupan berbangsa, bernegara, dan bermasyarakat berkaitan dengan pengaturan ketenaganukliran saat ini?
2. Mengapa diperlukan penggantian UUK?
3. Apakah landasan filosofis, sosiologis, dan yuridis dari penggantian UUK?
4. Apa sasaran yang akan diwujudkan, ruang lingkup pengaturan, jangkauan, dan arah pengaturan penggantian UUK?

C. Tujuan dan Kegunaan

Tujuan dari Naskah Akademik Rancangan Undang-Undang Pengganti Undang-Undang Ketenaganukliran ini adalah:

1. Meninjau dan melengkapi hal-hal pokok atau konsep-konsep pengaturan ketenaganukliran yang telah berkembang sehingga dapat digunakan sebagai bahan pelengkap untuk mengganti UUK. Dalam naskah akademik ini juga dibahas ketentuan pertambangan bahan galian nuklir, keamanan nuklir, garda aman, keselamatan nuklir, pengangkutan, kesiapsiagaan nuklir, dan pemidanaan sesuai dengan hukum yang berlaku. Oleh karena itu naskah akademik ini diharapkan akan memberikan kontribusi mengenai perkembangan aturan ketenaganukliran yang lengkap agar dapat mengatasi permasalahan dalam kehidupan berbangsa, bernegara, dan bermasyarakat yang berkaitan dengan pengaturan ketenaganukliran.
2. Merumuskan alasan dan argumentasi bagi pentingnya penggantian UUK.
3. Merumuskan pertimbangan atau landasan filosofis, yuridis, dan sosiologis penggantian UUK.
4. Merumuskan sasaran yang akan diwujudkan, ruang lingkup pengaturan, jangkauan, dan arah pengaturan penggantian UUK.

D. Metodologi

Metode untuk penyusunan Naskah Akademik RUUK menggunakan pendekatan yuridis normatif. Metode yuridis normatif dilakukan melalui studi pustaka yang menelaah (terutama) data sekunder berupa peraturan perundang-undangan, putusan pengadilan, perjanjian, kontrak, atau dokumen hukum lainnya, serta hasil penelitian, hasil pengkajian, dan referensi lainnya. Metode yuridis normatif dilengkapi dengan wawancara, diskusi (*focus group discussion*), dan rapat dengar pendapat.

Data sekunder yang ditelaah dalam penelitian ini mencakup bahan hukum primer dan bahan hukum sekunder. Bahan hukum primer yang dikaji adalah bahan hukum yang terkait dengan ketenaganukliran, antara lain:

1. Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia 1945;
2. Kitab Undang-Undang Hukum Pidana;

3. Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja;
4. Undang-Undang Nomor 8 Tahun 1978 tentang Pengesahan Perjanjian Mengenai Pencegahan Penyebaran Senjata-Senjata Nuklir;
5. Undang-Undang Nomor 9 Tahun 1997 tentang Pengesahan *Treaty on The Southeast Asia Nuclear Weapon Free Zone* (Traktat Kawasan Bebas Senjata Nuklir Di Asia Tenggara);
6. Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran;
7. Undang-Undang Nomor 37 Tahun 1999 tentang Hubungan Luar Negeri;
8. Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2000 tentang Perjanjian Internasional
9. Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2002 tentang Pertahanan Negara;
10. Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan;
11. Undang-Undang Nomor 5 Tahun 2006 tentang Pengesahan *International Convention for The Suppression of Terrorist Bombings*, 1997;
12. Undang-Undang Nomor 6 Tahun 2006 tentang Pengesahan *International Convention for The Suppression of The Financing of Terrorism*, 1999;
13. Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2008 tentang Informasi dan Transaksi Elektronik yang digantikan oleh Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2016;
14. Undang-undang Nomor 14 Tahun 2008 tentang Keterbukaan Informasi Publik;
15. Undang-Undang Nomor 43 Tahun 2008 tentang Wilayah Negara;
16. Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara yang diubah dengan Undang-Undang No. 3 tahun 2020;
17. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup;
18. Undang-Undang Nomor 36 Tahun 2009 tentang Kesehatan;
19. Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2012 tentang Pengesahan Traktat Pelarangan Menyeluruh Uji Coba Nuklir (*Comprehensive Nuclear-TestBan Treaty*);

20. Undang-Undang Nomor 9 Tahun 2013 tentang Pencegahan dan Pemberantasan Tindak Pidana Pendanaan Terorisme;
21. Undang-Undang Nomor 10 Tahun 2014 tentang Pengesahan *International Convention for The Suppression of Acts of Nuclear Terrorism* (Konvensi Internasional Penanggulangan Tindakan Terorisme Nuklir);
22. Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2014 tentang Standardisasi dan Penilaian Kesesuaian;
23. Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah yang diubah terakhir dengan Undang-Undang Nomor 9 Tahun 2015;
24. Undang-Undang Nomor 6 Tahun 1996 tentang Perairan Indonesia;
25. Undang-Undang Nomor 6 Tahun 2018 tentang Kekarantinaan Kesehatan;
26. Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2019 tentang Sistem Nasional Ilmu Pengetahuan dan Teknologi;
27. Undang-Undang No. 6 Tahun 2023 tentang Penetapan Peraturan Pemerintah Pengganti Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2022 tentang Cipta Kerja Menjadi Undang-Undang;
28. Peraturan Pemerintah Nomor 33 Tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif;
29. Peraturan Pemerintah Nomor 29 Tahun 2008 tentang Perizinan Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion dan Bahan Nuklir;
30. Peraturan Pemerintah Nomor 46 Tahun 2009 tentang Batas Pertanggungjawaban Kerugian Nuklir;
31. Peraturan Pemerintah Nomor 54 Tahun 2012 tentang Keselamatan dan Keamanan Instalasi Nuklir;
32. Peraturan Pemerintah Nomor 61 Tahun 2013 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif;
33. Peraturan Pemerintah Nomor 2 Tahun 2014 tentang Perizinan Instalasi Nuklir dan Pemanfaatan Bahan Nuklir; dan
34. Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 tentang Keselamatan

Radiasi dan Keamanan Dalam Pengangkutan Zat Radioaktif;

35. Peraturan Pemerintah Nomor 5 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perizinan Berusaha Berbasis Risiko;
36. Peraturan Presiden Nomor 84 Tahun 2010 tentang Pengesahan *Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management*.
37. Peraturan Presiden Nomor 74 Tahun 2012 tentang Pertanggungjawaban Kerugian Nuklir;
38. Keputusan Presiden Nomor 49 Tahun 1986 tentang Pengesahan *Convention on the Physical Protection of Nuclear Material*;
39. Keputusan Presiden Nomor 106 Tahun 2001 tentang Pengesahan *Convention on Nuclear Safety*;
40. Keputusan Presiden Nomor 46 Tahun 2009 tentang Pengesahan *Amendment to The Convention on the Physical Protection of Nuclear Material*;

Beberapa perjanjian internasional yang berkaitan dengan ketenaganukliran yang dikelompokkan ke dalam beberapa bidang adalah sebagai berikut:

a. Keselamatan
    1. *Convention on Early Notification of a Nuclear Accident* 1986;
    2. *Convention on Assistance in the case of a Nuclear Accident or Radiological Emergency* 1986;
    3. *Convention on Nuclear Safety* 1994;
    4. *Joint Convention on the safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management* 1997.
b. Keamanan
    5. *Convention on Physical Protection of Nuclear Material* (CPPNM) 1980 *and Amendment* 2005;
    6. *United Nations Convention on Suppression of Acts of Nuclear Terrorism* (CNT) 2005;

c. Pertanggungjawaban Kerugian Nuklir

7. *Vienna Convention on Civil Liability for Nuclear Damage* 1963;
8. *Protocol 1997 to ammend Vienna Convention on Civil Liability for Nuclear Damage* 1963;
9. *Convention on Supplementary Compensation for Nuclear Damage* 1997;
10. *Joint Protocol Relating to the Application of the Vienna Convention and the Paris Convention;*

d. Garda-aman

11. *Nuclear Non-Proliferation Treaty* (NPT);
12. *Comprehensive Safeguards Agreement (CSA);*
13. *Additional Protocol pursuant to Comprehensive Safeguards Agreement;*
14. *Treaty on South-East Asia Nuclear Weapon-Free Zone (SEANWFZ);*

e. Standar Teknis

15. *Code of Conduct on the Safety and Security of Radioactive Sources* 2003*;*
16. *Code of Conduct on the Safety of Research Reactors* 2004.

Selain bahan hukum primer di atas, bahan hukum sekunder yang digunakan dalam penyusunan naskah akademik RUUK ini antara lain:

1. Analisis dan Evaluasi BAPETEN tentang Ketenaganukliran (BPHN);
2. *Handbook on Nuclear Law* (IAEA);
3. *Handbook on Nuclear Law: Implementing Legislation* (IAEA).

Adapun metode pengumpulan data yang digunakan untuk memperoleh data sekunder adalah dengan cara:

1. *Desk study/evaluation*, yaitu mendapatkan data sekunder melalui penelusuran kepustakaan termasuk pencarian data melalui media internet (*internet-based research*);

2. Studi lapangan, yaitu melalui kunjungan, wawancara dan pertemuan konsultansi dengan instansi terkait seperti BATAN yang sekarang disebut BRIN, BNPB, kejaksaan, akademisi, dan lain-lain.

Setelah semua data terkumpul dilakukan proses analisis data dengan menghubungkan data yang dihasilkan melalui studi dokumen dengan data lain contohnya wawancara yang kemudian dianalisis secara kualitatif.[4] Analisis secara kualitatif bertujuan untuk memahami makna dari data yang telah dikumpulkan[5], khususnya aturan yang berkaitan dengan pemanfaatan ketenaganukliran. Berdasarkan hasil analisis data ini, disampaikan argumen dan rekomendasi untuk penyusunan naskah akademik agar dapat digunakan oleh pemerintah dalam penggantian UUK.

[4] Soerjono Soekanto dan Sri Mamudji, Penelitian Hukum Normatif Suatu Tinjaun Singkat, Cet. 11 (Jakarta: PT Raja Grafindo Persada, 2009), hal. 68.

[5] Daniel Little, Varieties of Social Explanation: An Introduction to the Philosophy of Social Science, (London: Westview Press, 1991), p. 68-69.

BAB II
KAJIAN TEORETIS DAN PRAKTIS EMPIRIS

A. Kajian Teoretis

1. Sejarah Ketenaganukliran

Radiasi telah menjadi bagian dari lingkungan kita semenjak dunia ini diciptakan. Pada tahun 1895 Wilhelm Conrad Rőntgen menemukan sinar luar biasa yang diberi nama sinar Rőntgen, dan dianugerahi hadiah Nobel pada tahun 1901.[6][7] Penemuan ini dilanjutkan oleh ilmuwan Perancis bernama H. Poincare pada bulan Januari 1896, menemukan sinar–X dari gelas yang memancarkan fluoresensi[8]. Ilmuwan Perancis bernama Henri Becquerel, pada tahun 1896, menemukan bahwa garam uranium secara spontan memancarkan radiasi tembus yang dapat terekam pada pelat foto. Penelitian lebih lanjut memperjelas bahwa radiasi ini adalah sesuatu yang baru dan bukan radiasi sinar-X. Henri Becquerel telah menemukan fenomena baru, radioaktivitas.[9] Penemuan radioaktivitas tahun 1896 oleh Henri Becquerel menginspirasi Marie dan Pierre Curie untuk menyelidiki lebih lanjut fenomena ini. Mereka memeriksa banyak zat dan mineral untuk mencari tanda-tanda radioaktivitas. Mereka menemukan bahwa mineral *pitchblende* lebih radioaktif daripada uranium dan menyimpulkan bahwa itu pasti mengandung zat radioaktif lainnya. Dari situ mereka berhasil mengekstraksi dua unsur yang sebelumnya tidak diketahui, polonium dan radium, keduanya lebih radioaktif daripada uranium.[10]

Tak lama setelah penemuan-penemuan di atas, Ernest Rutherford melakukan penyelidikan terhadap uranium, thorium, radium, dan polonium

---

[6] Sumber: The Nobel Prize in Physics 1901. NobelPrize.org. Nobel Media AB 2020. Sun. 11 Oct

[7] . <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1901/summary/>

[8] Sumber http://www.batan.go.id/ensiklopedi/16/01/01/04/16-01-01-04.html

[9] Sumber: Henri Becquerel – Facts. NobelPrize.org. Nobel Media AB 2020. Sun. 11 Oct 2020. <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1903/becquerel/facts/>

[10] Sumber: Marie Curie – Facts. NobelPrize.org. Nobel Media AB 2020. Sun. 11 Oct 2020. <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1903/marie-curie/facts/>

secara menyeluruh, mengembangkan metode yang sangat tepat untuk mengukur intensitasnya, membuktikan keberadaan jenis sinar yang berbeda (yang disebut sinar α (alfa) dan sinar β (beta)), menetapkan karakteristik penting dari kedua sinar tersebut, dan mendapatkan bukti dari sifat materialnya, khususnya sinar α (alfa).[11]

Pada tahun 1930an, Enrico Fermi menjadi fisikawan pertama yang membelah atom, bersamaan dengan studi pembuatan isotop radioaktif buatan. Pembuatan isotop radioaktif buatan tersebut adalah melalui penembakan neutron. Penembakan neutron lambat terhadap uranium menyebabkan reaksi yang kemudian ditemukan sebagai fisi atom. Penelitian tersebut selanjutnya memelopori pengembangan teknologi pembangkit listrik tenaga nuklir. Pada tahun 1942, reaksi fisi nuklir buatan manusia pertama kali dilakukan di University of Chicago oleh Enrico Fermi. Reaktor nuklir yang diberi nama Chicago Pile-1 mencapai kritis (reaksi berantai dengan sendirinya) pada tanggal 2 Desember 1942. Struktur pendukung reaktor terbuat dari kayu, dan tumpukan blok grafit yang tertanam dalam *'pseudospheres'* atau 'briket' oksida uranium alam. Sesaat setelah Chicago Pile, militer Amerika Serikat mengembangkan sejumlah reaktor nuklir untuk Proyek Manhattan yang dimulai pada tahun 1943. Tujuan utama pengembangan reaktor yang terletak di tapak Hanford di negara bagian Washington adalah produksi massal plutonium untuk senjata nuklir.

Pemanfaatan reaktor nuklir sebagai pembangkit tenaga listrik yang memajukan kesejahteraan umat manusia dimulai pertama kali di stasiun pembangkit percobaan EBR-I, Idaho, Amerika Serikat pada tahun 1951. Pada 1954, pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN) pertama yang menghasilkan listrik untuk jaringan listrik (*power grid*) mulai beroperasi di Obninsk, Uni Soviet; sedangkan PLTN skala komersil pertama adalah Calder Hall di Inggris yang dibuka pada 1956.

[11] Sumber: Award ceremony speech. NobelPrize.org. Nobel Media AB 2020. Sun. 11 Oct 2020. <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1908/ceremony-speech/>

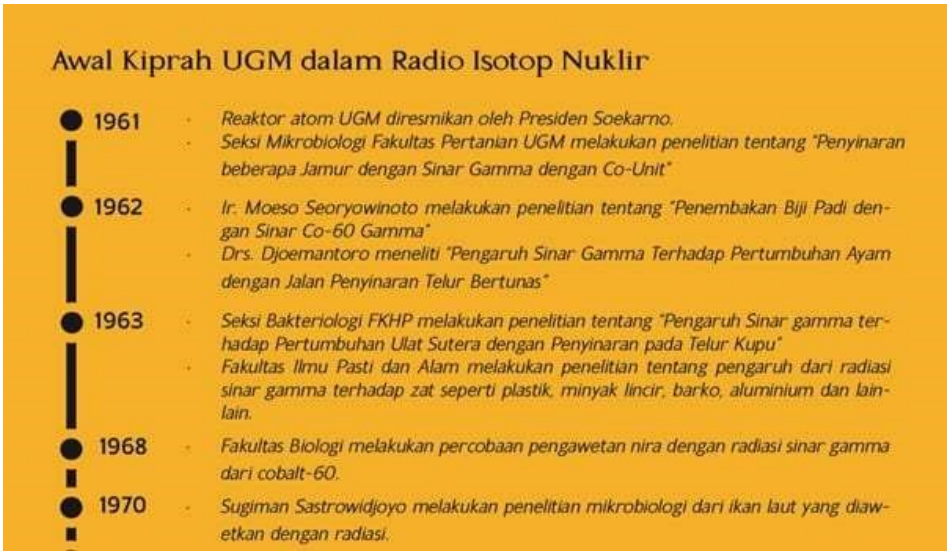
Penemuan fisi nuklir pada tahun 1939 dan pemanfaatan selanjutnya untuk tujuan persenjataan pada tahun 1945 telah mengubah dunia dan menciptakan tantangan besar untuk pengaturan energi nuklir, yaitu meminimalkan dan mencegah penyalahgunaannya untuk tujuan militer destruktif dan mengoptimalkan pemanfaatan energi nuklir damai untuk manfaat umat manusia. Perubahan paradigma pemanfaatan teknologi nuklir dari tujuan untuk persenjataan menjadi pemanfaatan secara damai untuk kesejahteraan umat manusia ditandai dengan banyaknya negara-negara yang mengolah dan mengelola energi nuklir untuk kepentingan kesejahteraan.

Kegiatan pengembangan dan pengaplikasian teknologi nuklir di Indonesia diawali dari pembentukan Panitia Negara untuk Penyelidikan Radioaktivitet tahun 1954. Panitia Negara tersebut mempunyai tugas melakukan penyelidikan terhadap kemungkinan adanya jatuhan radioaktif dari uji coba senjata nuklir di lautan Pasifik.

Dengan memperhatikan perkembangan pendayagunaan dan pemanfaatan tenaga atom bagi kesejahteraan masyarakat, maka melalui Peraturan Pemerintah Nomor 65 Tahun 1958, pada tanggal 5 Desember 1958 dibentuklah Dewan Tenaga Atom dan Lembaga Tenaga Atom (LTA), yang kemudian disempurnakan menjadi Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN) berdasarkan Undang-Undang Nomor 31 Tahun 1964 tentang KetentuanKetentuan Pokok Tenaga Atom. BATAN selain sebagai badan pelaksana kegiatan penelitian, pengembangan, perekayasaan dan promosi tenaga atom, juga memiliki kewenangan sebagai pengawas tertinggi terhadap semua kegiatan pemanfaatan tenaga atom di Indonesia.

Pengembangan radioisotop telah dilakukan sejak tahun 1960an oleh Universitas Gadjah Mada (UGM). Tanggal 4 November 1961 unit reaktor atom UGM yakni *Subcritical Atomic Reactor* (*Subcritical Assembly*) yang dibeli dari Uni Soviet telah selesai dibangun dan diresmikan oleh Presiden Republik Indonesia Dr. Ir. Soekarno di Gedung FIPA Sekip pada tanggal 18 Desember 1961. Tahun berikutnya tepat pada tanggal 22 Oktober 1962, Presiden Soekarno juga meresmikan reaktor simulator dan juga Perpustakaan Tenaga

Atom di Fakultas Ilmu Alam UGM yang merupakan sumbangan dari AID. Selain itu, ICA (AID) membangun Laboratorium Cobalt-60 *Irradiation Unit Reactor* lengkap dengan peralatannya. Para peneliti UGM mulai memanfaatkan radioisotop dalam berbagai penelitiannya antara lain sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Kiprah UGM dalam radioisotop nuklir.[12]

Pada perkembangan berikutnya, untuk lebih meningkatkan penguasaan di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir, pada tahun 1965 diresmikan pengoperasian reaktor atom pertama (Triga Mark II) di Bandung. Kemudian berturut-turut, dibangun pula beberapa fasilitas penelitian, pengembangan, dan rekayasa yang tersebar di berbagai pusat penelitian, antara lain Pusat Penelitian Tenaga Atom Pasar Jumat, Jakarta (1966), Pusat Penelitian Tenaga Atom GAMA, Yogyakarta (1967), dan Reaktor Serba Guna 30 MW (1987) disertai fasilitas penunjangnya, seperti: fabrikasi dan penelitian bahan bakar, uji keselamatan reaktor, pengelolaan limbah radioaktif dan fasilitas nuklir lainnya, yang dikenal dengan Kawasan Nuklir Serpong.

Untuk mendorong pembangunan dan pengoperasian pembangkit listrik nuklir dan adanya perubahan paradigma, pada tahun 1997 ditetapkan

[12] https://pengabdian.ugm.ac.id/2020/05/12/kiprah-ugm-dalam-radio-isotop-nuklirhingga-paten-kontainer-nuklir/

Undang-Undang Nomor 10 tentang Ketenaganukliran yang di antaranya mengatur pemisahan unsur pelaksana kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir, yaitu BATAN, dengan unsur pengawas tenaga nuklir, yaitu BAPETEN. BATAN mempunyai tugas menyelenggarakan penelitian dan pengembangan, penyelidikan umum, eksplorasi dan eksploitasi bahan galian nuklir, produksi bahan baku untuk pembuatan dan produksi bahan bakar nuklir, produksi radioisotop untuk keperluan penelitian dan pengembangan, dan pengelolaan limbah radioaktif. Sedangkan BAPETEN mempunyai tugas menyelenggarakan pengawasan pemanfaatan tenaga nuklir melalui peraturan, perizinan, dan inspeksi.

2. Perkembangan Teknologi dan Industri Nuklir

Ketenaganukliran adalah hal-hal yang berkaitan dengan penyelenggaraan, pengelolaan, pengusahaan dan pengawasan tenaga nuklir untuk tujuan kesejahteraan masyarakat. Hal ini sejalan dengan asas pembangunan nasional bahwa ketenaganukliran menyangkut kehidupan dan keselamatan orang banyak, yang pemanfaataannya bagi pembangunan nasional ditujukan untuk mewujudkan masyarakat adil dan makmur yang merata materiil dan spiritual sesuai dengan UUD NRI Tahun 1945.

Nuklir adalah sesuatu yang berhubungan dengan atau menggunakan inti atau energi (tenaga) atom. Jadi, tenaga nuklir adalah tenaga dalam bentuk apa pun yang dibebaskan dalam proses transformasi inti, termasuk tenaga yang berasal dari sumber radiasi pengion. Tenaga nuklir dihasilkan dari reaksi inti sebagai tenaga yang berasal dari bahan nuklir dan sumber radiasi pengion. Tenaga dari sumber radiasi pengion berasal dari zat radioaktif dan pembangkit radiasi pengion. Skema ini disajikan dalam Gambar 5. Tenaga nuklir yang berasal dari bahan nuklir dihasilkan dari reaksi nuklir (inti) pada kondisi tertentu. Tenaga nuklir yang berasal dari sumber radiasi pengion berbentuk gelombang elektromagnetik atau partikel bermuatan, termasuk dalam bentuk sinar-X, yang karena energi yang dimilikinya mampu mengionisasi media yang dilaluinya. Hal ini juga

merupakan definisi atau pengertian radiasi pengion dalam konteks proteksi radiasi. Untuk selanjutnya istilah radiasi dalam dokumen ini mengacu pada radiasi pengion.

Gambar 5. Bahan atau peralatan yang menghasilkan tenaga nuklir.

Berdasarkan jenis partikel atau sifat gelombang, radiasi dibedakan menjadi radiasi α (alfa), β (beta), γ (gamma), neutron, dan sinar-X. Bahan nuklir dan zat radioaktif dengan proses tertentu memancarkan radiasi α (alfa), β (beta), γ (gamma), dan/atau neutron. Sedangkan pembangkit radiasi pengion dapat memancarkan sinar-X dan/atau neutron sesuai dengan jenis peralatannya. Berdasarkan daya tembus ke bahan yang dilalui, radiasi α memiliki daya tembus kecil, radiasi β daya tembusnya lebih kuat dari radiasi α, radiasi γ daya tembusnya lebih kuat dari radiasi β. Untuk sinar-X dan neutron, daya tembus ke bahan tergantung besar energinya. Semakin besar energinya, dinyatakan dalam satuan elektron volt (eV), semakin kuat daya tembusnya[13].

Berdasarkan proses terbentuknya, radiasi dibedakan menjadi 2, yaitu radiasi alam dan radiasi buatan. Radiasi alam dipancarkan oleh radionuklida yang terbentuk secara alami, yang dapat digolongkan menjadi:

a. primordial: radionuklida ini telah ada sejak bumi diciptakan.

[13] Sumber http://www.batan.go.id/ensiklopedi/16/01/01/03/16-01-01-03.html. Diakses 1 Oktober 2019.

b. kosmogenik: radionuklida ini terbentuk sebagai akibat dari interaksi sinar kosmik.

Radiasi buatan dipancarkan oleh radionuklida yang terbentuk karena dibuat oleh manusia. Radiasi alam umumnya tidak membahayakan manusia, sedangkan radiasi buatan relatif membahayakan manusia, karena memiliki aktivitas yang biasanya lebih besar dari radiasi alam. Radionuklida buatan ini pada umumnya digunakan pada berbagai bidang pertanian, peternakan, kesehatan, pertambangan, industri, pengawetan, sterilisasi, dan masih banyak lainnya.

Radionuklida tersebut secara definisi masuk kategori zat radioaktif. Definisi umum menyatakan bahwa zat radioaktif merupakan setiap zat yang memancarkan radiasi pengion. Berdasarkan Glosarium Ketenaganukliran, zat radioaktif adalah setiap zat yang mengandung satu atau lebih radionuklida, yang aktivitasnya atau kadarnya tidak dapat diabaikan dari segi proteksi radiasi.[14] UUK mendefinisikan bahwa zat radioaktif adalah setiap zat yang memancarkan radiasi pengion dengan aktivitas jenis lebih besar dari pada 70 kBq/kg (2 nCi/g)[15]. Artinya radionuklida yang memiliki aktivitas jenis lebih kecil dari 70 kBq/kg tidak digolongkan sebagai zat radioaktif. Untuk tujuan pengaturan, IAEA GSR Part-3 *Radiation Protection and Safety of Radiation Sources* mendefinisikan, bahwa zat radioaktif adalah zat yang ditetapkan dalam hukum nasional atau oleh badan pengawas sebagai objek untuk pengawasan karena sifat radioaktivitasnya. Dengan demikian, diperlukan penetapan zat radioaktif baik jenis maupun aktivitasnya dalam peraturan perundang-undangan[16].

Zat radioaktif ini mencakup zat yang berasal dari alam maupun buatan, termasuk *naturally occurring radioactive material* (NORM). Berdasarkan sifat fisiknya, zat radioaktif dapat berbentuk padatan terbungkus, padatan

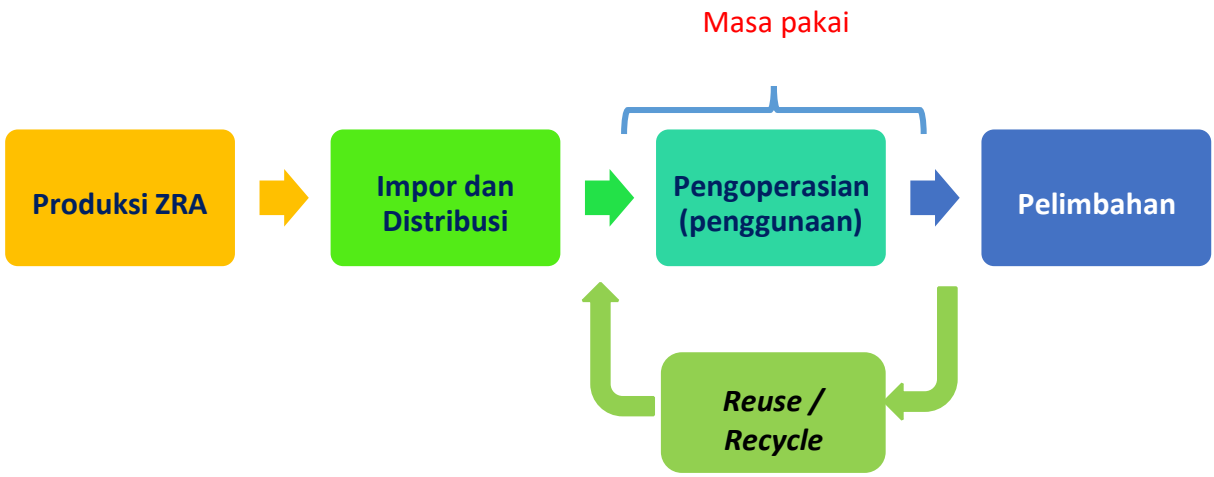
---

[14] Glosarium Pengawasan Ketenaganukliran, Badan Pengawas Tenaga Nuklir, 2018.

[15] Aktivitas dinyatakan dalam satuan sistem intenasional (SI) adalah Bequerrel disingkat Bq, atau satuan Curie disingkat Ci.

[16] Peraturan BAPETEN Nomor 16 tahun 2012 tentang Tingkat Klierens menetapkan nilai aktivitas dari setiap jenis radionuklida yang menjadi objek pengawasan.

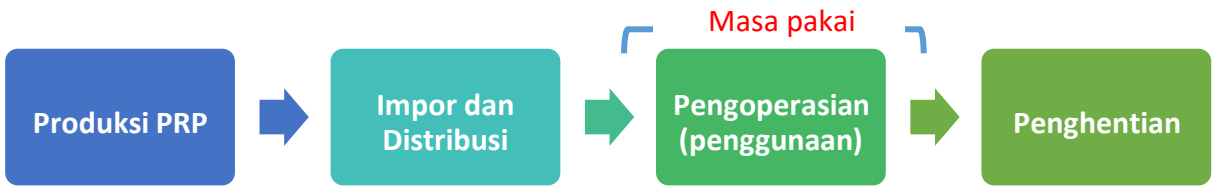
terbuka atau curah, cairan, dan zat mudah menguap. Selanjutnya zat radioaktif yang tidak digunakan lagi sesuai tujuan dan kemanfaatannya dikategorikan limbah radioaktif. Namun demikian, berdasarkan definisinya, limbah radioaktif juga mencakup bahan atau peralatan yang terkontaminasi zat radioaktif atau yang teriradiasi menjadi radioaktif. Gambar 6 menunjukan siklus hidup zat radioaktif sejak diproduksi, didistribusikan, digunakan, hingga dilimbahkan, atau dengan kata lain sejak dilahirkan hingga dikuburkan. Dalam setiap tahapan tersebut, zat radioaktif selalu dalam pengawasan hingga zat radioaktif mencapai tingkat klierens. Tingkat klierens adalah suatu nilai yang ditetapkan oleh BAPETEN dan dinyatakan dalam konsentrasi aktivitas, pada atau di bawah nilai tersebut zat radioaktif terbuka, limbah radioaktif, atau material terkontaminasi atau teraktivasi dapat dibebaskan dari pengawasan. Oleh karena itu setelah mencapai tingkat klierens, zat radioaktif sudah tidak lagi dalam pengawasan, dengan kata lain zat tersebut sudah tidak bersifat radioaktif lagi dan dapat dilepaskan ke lingkungan hidup.



Gambar 6. Siklus hidup zat radioaktif dari produksi ("lahir") hingga pelimbahan ("mati").

Berbeda dengan zat radioaktif, pembangkit radiasi pengion sepenuhnya buatan manusia dalam bentuk mesin atau peralatan yang membangkitkan sinar-X atau mempercepat partikel yang menghasilkan radiasi. Pembangkit radiasi pengion didefinisikan sebagai sumber radiasi dalam bentuk pesawat

sinar-X atau pemercepat partikel yang menghasilkan berkas radiasi.[17] Pembangkit radiasi pengion dapat dioperasikan jika terdapat pasokan energi listrik yang memberikan energi pada generator untuk memasok tabung sinarX dengan beda potensial tegangan yang diinginkan, dan menghasilkan radiasi. Jika pasokan listrik dihentikan, radiasi yang dihasilkan juga berhenti. Dalam hal pembangkit radiasi pengion tidak digunakan lagi atau dihentikan secara permanen, diperlakukan sebagaimana bangkai peralatan atau mesin secara umum, bukan sebagai limbah radioaktif. Gambar 7 menunjukan siklus hidup pembangkit radiasi sejak diproduksi, didistribusikan, digunakan, hingga dihentikan. Dalam beberapa kasus, terdapat mesin atau peralatan yang direkondisi (*refurbished*) sehingga dapat digunakan kembali sebagaimana mesin atau peralatan baru. Dalam setiap tahapan tersebut, pembangkit radiasi pengion selalu dalam pengawasan hingga pembangkit radiasi pengion dihentikan penggunaannya secara permanen. Tempat dan/atau kegiatan yang menggunakan zat radioaktif dan/atau pembangkit radiasi pengion disebut dengan fasilitas radiasi, dengan catatan setiap orang yang berada di tempat berpotensi menerima paparan radiasi yang melebihi paparan publik[18].



Gambar 7. Siklus hidup pembangkit radiasi pengion (PRP).

Pemanfaatan[19] tenaga nuklir secara umum bermakna penggunaan tenaga nuklir atau pengoperasian teknologi nuklir untuk tujuan tertentu

[17] Glosarium Pengawasan Ketenaganukliran, Badan Pengawas Tenaga Nuklir, 2018.

[18] Nilai batas dosis paparan publik sebesar 1 mSv per tahun atau secara operasional 0,5 µSv per jam. Bagi pekerja, nilai batas dosis paparan kerja sebesar rata-rata 20 mSv per tahun dalam 5 tahun atau secara operasional 10 µSv per jam.

[19] Pemanfaatan adalah kegiatan yang berkaitan dengan tenaga nuklir yang meliputi penelitian, pengembangan, penambangan, pembuatan, produksi, pengangkutan,

sesuai masa pakai (*useful life*). Pemanfaatan untuk zat radioaktif diilustrasikan dalam Gambar 6 sedangkan untuk pembangkit radiasi pengion diilustrasikan pada Gambar 7. Kegiatan pra-penggunaan, misalnya produksi, impor, distribusi, merupakan bagian dari rantai pasokan (*supply chain*) sehingga pada tahap ini zat radioaktif atau pembangkit radiasi pengion belum sama sekali dimanfaatkan. Kegiatan pasca-penggunaan, misalnya pelimbahan atau daur-ulang (*recycle*) atau penggunaan kembali (*reuse*), juga tidak dapat digolongkan pemanfaatan karena bersifat "pembuangan" zat radioaktif atau penghentian penggunaan pembangkit radiasi pengion.

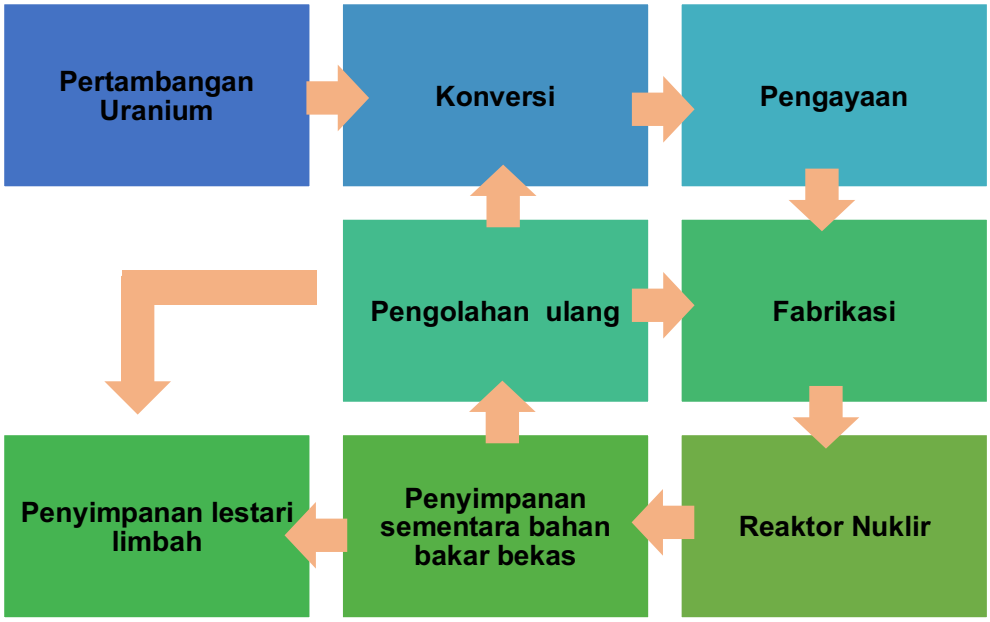
Pemanfaatan tenaga nuklir selain sumber radiasi pengion adalah pemanfaatan bahan nuklir. Bahan nuklir adalah bahan yang dapat menghasilkan reaksi fisi atau bahan yang dapat diubah menjadi bahan yang dapat menghasilkan reaksi fisi. Unsur-unsur yang termasuk bahan nuklir adalah unsur uranium (U), thorium (Th) dan plutonium (Pu). U dan Th merupakan bahan yang dapat diperoleh di alam, sedangkan Pu hanya diperoleh melalui reaksi inti di reaktor nuklir. Salah satu jenis bahan bakar paling banyak digunakan untuk reaktor nuklir adalah U-235. Bahan nuklir diperoleh dengan cara ditambang dan diolah menjadi *yellow cake*. *Yellow cake* selanjutnya diproses hingga menjadi bahan nuklir uranium logam atau curah dengan spesifikasi tertentu sebagai bahan baku untuk fabrikasi dengan produk perangkat bahan bakar nuklir yang siap pakai di reaktor nuklir. Bahan bakar nuklir yang tidak digunakan lagi di reaktor nuklir dikategorikan menjadi bahan bakar nuklir bekas, dan wajib dilakukan penyimpanan pada tempat tertentu. Bahan bakar nuklir bekas dapat dilakukan pengolahan ulang untuk memisahkan U-235 yang tersisa dengan produk fisi lainnya. U235 hasil pemisahan ini dapat diproses ulang menjadi bahan bakar. Produk fisi lainnya diolah menjadi limbah dan disimpan secara permanen. Inilah yang disebut daur bahan bakar nuklir. Dalam daur bahan bakar nuklir (*nuclear fuel cycle*) sebagaimana disajikan dalam Gambar 5, pemanfaatan bahan

penyimpanan, pengalihan, ekspor, impor, penggunaan, dekomisioning, dan pengelolaan limbah radioaktif untuk meningkatkan kesejahteraan rakyat.

nuklir berfokus pada penggunaan bahan nuklir (dalam bentuk bahan bakar nuklir) di reaktor nuklir untuk tujuan pembangkitan listrik, produksi panas, produksi radioisotop, dan riset.

Bahan nuklir digunakan di reaktor nuklir sebagai bahan untuk melakukan reaksi inti (nuklir). Reaksi yang dimaksud adalah reaksi pembelahan inti (nuklir) atau dikenal dengan reaksi fisi berantai yang terkendali. Reaksi fisi berantai terjadi apabila inti dari suatu unsur dapat belah (U-235, U-233, dan Pu-239) bereaksi dengan neutron (termal) dan menghasilkan unsur-unsur lain dengan cepat dan neutron-neutron baru serta menimbulkan energi panas.

Selain untuk kepentingan militer, penggunaan dan pengembangan reaktor nuklir juga digunakan dalam bentuk energi nuklir untuk tujuan kepentingan sipil. Presiden Amerika Serikat, Dwight Eisenhower memperkenalkan nuklir Amerika Serikat untuk perdamaian pada Majelis Umum Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) pada tanggal 8 Desember 1953. Diplomasi ini menyebabkan penyebaran teknologi reaktor pada institusi Amerika Serikat dan di seluruh dunia. Pembangkit listrik tenaga nuklir untuk kepentingan sipil pertama dibangun yaitu AM-1 Pembangkit Listrik Nuklir Obninsk, yang diresmikan pada tanggal 27 Juni 1954 di Uni Soviet. PLTN ini menghasilkan daya sekitar 5 MW (listrik). Pembangkit listrik nuklir komersial pertama, Calder Hall di Sellafield, Inggris dioperasikan pada tahun 1956 dengan kapasitas awal 50 MW (kemudian menjadi 200 MW). Reaktor nuklir pertama portabel "Alco AM-2A" digunakan untuk menghasilkan tenaga listrik (2 MW) untuk Camp Century pada 1960.



Gambar 8. Daur bahan bakar nuklir.

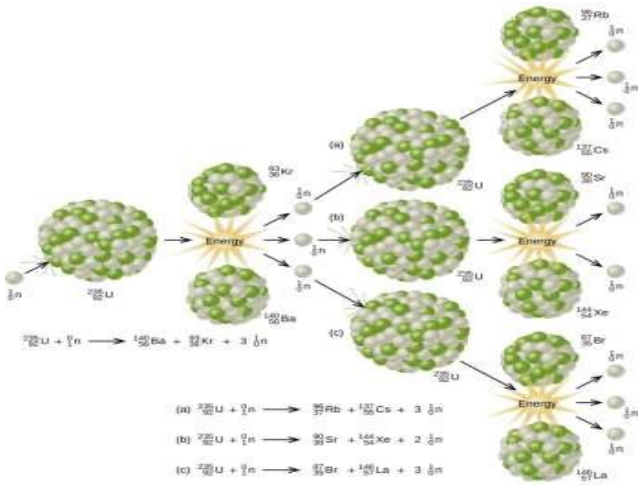
Untuk saat ini, PLTN terbanyak yang dioperasikan adalah PLTN berpendingin air 93%, dan yang kedua terbanyak berpendingin gas 6%. Daya terbesar yang dihasilkan saat ini sebesar kurang lebih 1.400 MW(e). Jumlah PLTN yang beroperasi di dunia sebanyak 451 unit dengan kapasitas terpasang sebesar 396.911 MW(e), sedang dikonstruksi 55 unit dengan kapasitas terpasang sebesar 55.643 MW(e)[20]. Konstruksi PLTN terbanyak saat ini berada di Asia Timur dan Asia Tengah Selatan. Bagian utama dari reaktor nuklir adalah: bahan bakar nuklir, perisai, moderator, elemen kendali, dan pendingin.

Selain reaktor nuklir, diperlukan beberapa instalasi lainnya sebagai instalasi penunjang beroperasinya reaktor nuklir. Seluruh instalasi tersebut termasuk reaktor nuklir sendiri disebut dengan instalasi nuklir. Instalasi nuklir didefinisikan sebagai instalasi yang melakukan proses mulai dari pemrosesan bahan galian nuklir sampai dengan penyimpanan lestari limbah hasil olah ulang bahan bakar nuklir bekas, namun tidak termasuk pertambangan bahan galian nuklir. Instalasi nuklir merupakan bagian dari daur bahan bakar nuklir (lihat Gambar 8). Instalasi nuklir yang paling banyak

[20] Sumber: Reference Data Series No. 2 Nuclear Power Reactors In The World 2019 Edition, IAEA.

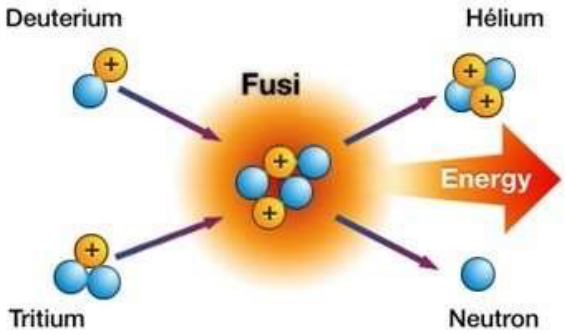
dikenal adalah reaktor nuklir. Reaktor nuklir ini didesain dan digunakan untuk berbagai tujuan, antara lain riset menggunakan iradiasi, produksi radiosotop, pengujian material, desalinasi air laut, produksi bahang, dan produksi listrik. Ada juga prototipe reaktor nuklir yang dibuat untuk menguji sistem reaktor itu sendiri. Instalasi konversi bahan nuklir, pengkayaan U235, fabrikasi bahan bakar nuklir, instalasi pengolahan bahan bakar nuklir bekas, dan penyimpanan lestari dikelompokkan sebagai instalasi nuklir nonreaktor (INNR). Tentunya jenis instalasi nuklir masih akan bertambah dengan adanya teknologi reaksi fusi yang sedang dikembangkan. Namun perlu diingat bahwa teknologi reaksi fusi tidak melibatkan bahan nuklir yang selama ini diproses, digunakan, dan disimpan di instalasi nuklir. Hal ini dapat memicu pendefinisian yang baru mengenai instalasi nuklir bila terdapat instalasi yang mengaplikasikan teknologi reaksi fusi.

Hingga saat ini, hampir seluruh reaktor nuklir menggunakan reaksi fisi (pembelahan inti) dalam menghasilkan energi atau neutron. Reaksi fisi biasanya terjadi pada bahan nuklir jenis tertentu, U-235, Th-233 atau Pu239. Dalam kondisi tertentu, apabila bahan nuklir dikenai neutron, maka inti atom akan membelah menjadi inti atom unsur lain yang lebih ringan, misalnya Kr-93 dan Ba-140. Reaksi tersebut juga menghasilkan panas/energi dan 2 hingga 3 neutron yang akan mengenai inti atom lainnya. Hal ini diilustrasikan dalam Gambar 9.



Gambar 9. Reaksi fisi (pembelahan inti) berantai pada Uranium-235.

Di masa mendatang, reaksi fusi (penggabungan inti) memiliki potensi untuk dikembangkan. Reaksi fusi ini mirip dengan reaksi yang terjadi di matahari. Dua unsur ringan, misalnya tritium (H-3) dan deuterium (H-2) bereaksi membentuk helium (He-4) dan energi. Reaksi fusi membutuhkan kondisi tertentu yaitu suhu tinggi. Pengembangan reaksi fusi dilakukan konsorsium beberapa negara, dengan lokasi proyek di Perancis. Reaksi fusi menggunakan bahan bakar yang tak terbatas berupa isotop hidrogen.
Ilustrasi dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Ilustrasi reaksi fusi (penggabungan inti) H-2 dan H-3.

3. Pemanfaatan Ketenaganukliran

Terminologi pemanfaatan tenaga nuklir saat ini dirasakan memiliki dualisme persepsi. Pemanfaatan ditinjau dalam persepsi umum dan ditinjau dari persepsi hukum. Dalam kamus bahasa Indonesia, pemanfaatan adalah hal memanfaatkan, yang mana manfaat diartikan guna atau faedah. Jadi pemanfaatan memiliki arti sama dengan penggunaan (*utilization/use/ application*). Dalam persepsi hukum, pemanfaatan dapat diartikan berbeda, tergantung dari konteks dan uraian yang dituliskan dalam klausul ketentuan umum dari suatu peraturan perundang-undangan. Tujuan pembuatan definisi hukum adalah memberikan gambaran secara tertulis akan suatu objek sehingga setiap orang yang membaca memiliki persepsi yang sama. Di samping itu, diharapkan memberikan kemudahan dalam menyusun peraturan perundang-undangan (*drafting*).

Dalam UUK, pemanfaatan didefinisikan kegiatan yang berkaitan dengan tenaga nuklir yang meliputi penelitian, pengembangan,

penambangan, pembuatan, produksi, pengangkutan, penyimpanan, pengalihan, ekspor, impor, penggunaan, dekomisioning, dan pengelolaan limbah radioaktif untuk meningkatkan kesejahteraan rakyat. Berdasarkan tinjauan drafting, definisi pemanfaatan dalam ketentuan umum tersebut lebih cocok untuk uraian mengenai lingkup kegiatan. Dengan alasan ini, terminologi pemanfaatan sebagai suatu definisi hukum perlu ditinjau kembali. Jenis-jenis kegiatan dalam pemanfaatan tenaga nuklir saat ini telah diperluas dalam istilah fasilitas dan kegiatan ketenaganukliran, yang menjangkau bisnis inti, bisnis pendukung dan rantai pasokan yang terkait dengan ketenaganukliran.

Pada tahun 2006, IAEA memperkenalkan istilah fasilitas dan kegiatan untuk menggantikan penggunaan (*use*) atau pemanfaatan (*utilization*) dalam dokumen *Safety Fundamental* SF-1[21]. Istilah fasilitas dan kegiatan' sebagai istilah umum yang mencakup kegiatan manusia yang dapat menyebabkan orang terpapar pada risiko radiasi yang timbul dari kejadian yang terjadi secara alami atau sumber buatan. 'Fasilitas' meliputi: instalasi nuklir; fasilitas iradiasi; beberapa fasilitas penambangan dan pengolahan bahan baku seperti tambang uranium; fasilitas pengelolaan limbah radioaktif; dan setiap tempat lain di mana zat radioaktif diproduksi, diproses, digunakan, ditangani, disimpan atau dibuang, atau di mana pembangkit radiasi pengion dipasang sehingga pertimbangan proteksi dan keselamatan radiasi diperlukan. 'Kegiatan' meliputi: produksi, penggunaan, impor dan ekspor sumber radiasi untuk keperluan industri, penelitian dan medis; pengangkutan zat radioaktif; dekomisioning fasilitas; kegiatan pengelolaan limbah radioaktif seperti pembuangan limbah cair; dan beberapa aspek remediasi lokasi yang dipengaruhi oleh residu dari kegiatan masa lalu. Dengan adanya istilah baru ini, istilah pemanfaatan lebih difokuskan pada kegiatan penggunaan sumber radiasi untuk tujuan operasional. Pengaturan

[21] SF-1 Safety Fundamental Pinciples diterbitkan IAEA pada tahun 2006 berisi 10 (sepuluh) prinsip keselamatan mendasar yang harus diterapkan dalam penggunaan bahan nuklir dan sumber radiasi pengion serta teknologinya.

ketenaganukliran akan dapat menjangkau seluruh aspek dari bisnis inti, bisnis pendukung, dan rantai pasokan ketenaganukliran.

Teknologi nuklir juga banyak digunakan di beberapa bidang lain, meliputi:

a. Bidang peternakan

Gambar 11. Hasil penggunaan radiasi untuk pakan ternak.

Para peneliti Indonesia berhasil menggunakan teknik perunut radioisotop untuk mendayagunakan pakan yang dinamakan *Urea Molasses Multrinutrient Block* sehingga meningkatkan efisiensi pencernaan ternak, meningkatkan kinerja reproduksi, memperbaiki kandungan gizi, mineral, dan vitamin pada makanan[22]. Teknologi nuklir untuk bidang peternakan ini telah digunakan oleh para peternak di Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur dan Nusa Tenggara Barat.

b. Bidang Pertanian

Di bidang pertanian, penggunaan teknologi nuklir telah mencapai angka paling tinggi, karena para peneliti di bidang pertanian menggunakan isotop dan radiasi dalam mengembangkan varietas padi bibit unggul pertanian yang diberi nama Sidenuk[23]. Sebelumnya juga dikenal terdapat varietas padi atomita 1, atomita 2, atomita 3. Selain padi bibit unggul BATAN juga telah mengembangkan 12 varietas untuk kedelai dalam kurun waktu 30

[22] https://indonesiaproud.wordpress.com/2010/02/12/ummb-pakan-ternak-bergizi-tinggikarya-patir-batan/ per 25 Agustus 2016.

[23] http://www.batan.go.id/index.php/id/ per 25 Agustus 2016.

tahun terakhir, seperti kedelai muria. Baru-baru ini, yakni pada tahun 2019, melalui kerja sama dengan Organisasi Pangan dan Pertanian Dunia (Food and Agriculture Organization), BATAN menghasilkan dua varietas kedelai baru yang dapat tumbuh pada tanah yang kering dengan keasaman relatif tinggi. Varietas tersebut diberi nama Kemuning I dan Kemuning II. Varietas ini juga mampu menghasilkan kedelai 3 ton per hektar, jumlah yang lebih banyak dibandingkan dengan varietas lokal yang hanya mampu menghasilkan 2,2 ton per hektar.[24]

Gambar 12. Riset nuklir hasil tanaman pangan unggul .

c. Bidang Kesehatan

Di bidang Kesehatan, penggunaan teknologi nuklir ini sangat pesat digunakan dalam bidang radioterapi, radiologi diagnostik dan intervensional, serta kedokteran nuklir.

Bidang radiologi diagnostik dan intervensional digunakan untuk pencitraan pasien dalam rangka diagnostik penyakit dan dalam rangka memberikan panduan bagi dokter memberikan tindakan ke pasien. Teknologi terbaru bidang radiologi diagnostik dan intervensional adalah penggunaan CT-scan *mobile*, pesawat sinar–X O-Arm, pesawat sinar dental CBCT, dan penggunaan peralatan diagnostik yang mobile. Modalitas CT-scan untuk diagnostik disajikan dalam Gambar 13.

[24] https://www.iaea.org/newscenter/news/homegrown-soybeans-are-making-a-comebackin-indonesia-thanks-to-new-varieties-developed-using-irradiation per 29 Desember 2022.

Radioterapi digunakan untuk pengobatan kanker menggunakan sumber radioaktif secara eksternal maupun internal. Teknologi terbaru radioterapi menggunakan akselerator linier atau siklotron dan proton *beam*. Salah satu terapi kanker menggunakan modalitas radioterapi disajikan dalam Gambar 14.

Pemeriksaan kedokteran nuklir banyak membantu dalam menunjang diagnostik berbagi penyakit dari sisi fisiologik, patofisiologik, metabolik maupun tingkat selluler seperti kelainan pada organ dalam tubuh. Prinsip dasar perangkat keras di kedokteran nuklir adalah pencacahan berdasarkan aktivitas nuklida. Sumber radioaktif terbuka yang digunakan dalam waktu pemeriksaan. Diperkirakan akan lebih banyak lagi pusat instalasi kedokteran nuklir di masa yang akan datang berkaitan dengan akan makin meningkatnya kebutuhan masyarakat akan pengobatan modern menggunakan teknologi nuklir. Beberapa instalasi kedokteran nuklir dapat memproduksi radiofarmaka sendiri menggunakan fasilitas siklotron.

Gambar 13. Penggunaan modalitas CT-Scan untuk diagnostik.[25]

Gambar 14. Penggunaan modalitas radioterapi untuk terapi kanker.[26]

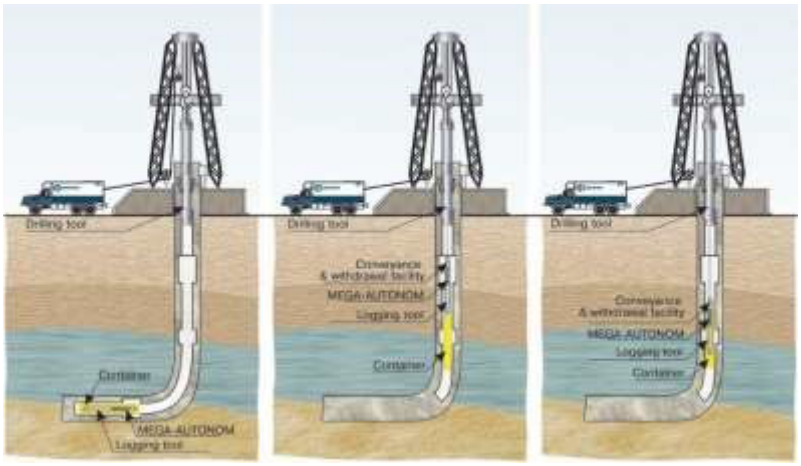
d. Bidang Pertambangan

Pada bidang pertambangan, misalnya minyak dan gas bumi, zat radioaktif digunakan untuk analisis jumlah kandungan cadangan minyak di dalam bumi, dan pemetaan bahan mineral dan minyak di bawah tanah. Pada

[25] https://aceh.tribunnews.com/2019/11/13/ct-scan-rsutp-belum-beroperasi diakses 27 September 2020

[26] https://tirto.id/rs-spesialis-kanker-untuk-indonesia-timur-rampung-2018-cAjA diakses 27 September 2020

umumnya zat radioaktif yang digunakan adalah tritium (H-3) dan cobalt (Co60). Salah satu penggunaan dan penyelidikan dengan zat radioaktif dalam bidang pertambangan ditunjukkan pada Gambar 15 berikut ini.



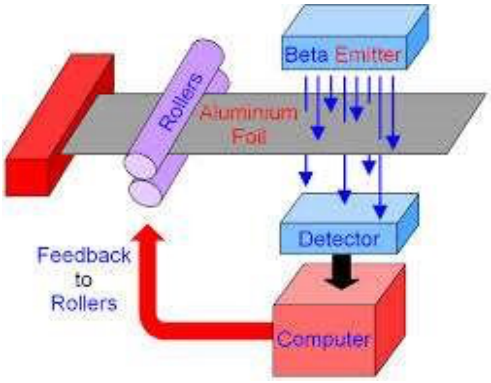
Gambar 15. Penggunaan zat radioaktif dalam kegiatan *logging* (penyelidikan migas).[27]

e. Bidang Industri

Aplikasi teknologi nuklir dalam bidang industri adalah dengan memanfaatkan radiasi yang ada pada zat radioaktif atau radioisotop. Radioisotop dapat diperoleh dari reaktor nuklir yang khusus memproduksi radioisotop. Hingga saat ini produksi radioisotop di Indonesia dihasilkan di Reaktor Serba Guna GA Siwabessy Serpong dan difabrikasi oleh PT INUKI. Namun PT INUKI saat ini tidak dapat melakukan produksi dikarenakan masalah teknis sehingga kebutuhan radioisotop tersebut semuanya dipenuhi melalui impor. Hal ini perlu mendapat perhatian mengingat produksi dalam negeri tentunya akan memberikan harga yang lebih rendah dibandingkan dengan impor.

[27] http://www.aidarova.ru/main.php?eng=1&pid=8&id=64, per 25 Agustus 2016.

Gambar 16. Penggunaan zat radioaktif dalam kegiatan *gauging* di bidang industri.[28]



Gambar 17. Konsep penggunaan zat radioaktif dalam kegiatan *gauging*.[29]

Gambar 18. Penggunaan radiografi untuk uji tak-rusak.[30]

Sebagai contoh harga radioisotop Ir-192 dengan aktivitas 90 Currie sebesar Rp 40.000.000,00 (empat puluh juta rupiah) untuk impor, sedangkan untuk produksi dalam negeri, harga ini bisa ditekan lebih murah 30% (tiga puluh persen).[31]

Pemanfaatan radiasi dalam bidang industri, antara lain: teknik radiografi untuk uji tak rusak; *gauging* untuk pengukuran ketinggian, porositas dan densitas; teknik perunut untuk pemetaan air tanah, deteksi kebocoran bendungan; analisis aktivasi netron untuk mengetahui kandungan unsur dalam suatu material; iradiator untuk meningkatkan mutu produk misalnya iradiasi pada ban akan meningkatkan kekuatan pada ban tersebut. Beberapa contoh aplikasi radioisotop pada bidang industri diberikan pada Gambar 16, Gambar 17, dan Gambar 18.

---

[28] http://www.advgauging.com , per 25 Agustus 2016

[29] http://www.gcsescience.com/prad25-radioactivity-thickness-control.htm, per 25 Agustus 2016

[30] http://www.unitedgamma-ndt.com/radiographic-testing/ per 25 Agustus 2016 [31] Data dari PT INUKI per 23 Mei 2019

f. Pengawetan dan Sterilisasi

Teknologi nuklir juga dapat digunakan untuk pengawetan makanan dan sterilisasi alat-alat kesehatan melalui teknik iradiasi. Iradiasi makanan dan sterilisasi alat kesehatan dilakukan di dalam fasilitas iradiator yang menggunakan sumber radioaktif atau pembangkit radiasi pengion. Manfaat yang diperoleh dalam bidang ini adalah makanan akan lebih awet dalam jangka waktu yang lebih lama, sehingga jika diekspor akan tetap segar ketika sampai di negara tujuan. Contoh fasilitas iradiator yang dimiliki Indonesia diberikan pada Gambar 19 berikut.

Gambar 19. Fasilitas Iradiator Gamma Merah Putih.[31]

g. Penelitian dan Pengembangan

Pemanfaatan teknologi nuklir dalam bidang peternakan, pertanian, pertambangan, kesehatan, industri, energi, dan pengawetan dan sterilisasi sebagaimana diuraikan di atas tentunya akan berjalan optimal jika didukung dengan penelitian dan pengembangan yang kuat. Berdasarkan UUK, kewenangan penelitian dan pengembangan hanya diberikan kepada BATAN. Pihak lain dapat melakukan penelitian pengembangan teknologi nuklir

[31] https://diklatpranatahumasangkatandua.wordpress.com/2017/03/20/irradiatorgamma-merah-putih-yang-dinanti-para-pelaku-industri/

melalui kerja sama dengan BATAN. BATAN dalam melaksanakan penelitian dan pengembangan ini masih belum optimal karena keterbatasan pendanaan dan fokus penelitian dan pengembangan hanya pada ilmu sains dasar.

Penelitian dan pengembangan untuk hilirisasi perlu ditingkatkan untuk mendukung pertumbuhan industri nuklir di Indonesia. Keterlibatan semua pemangku kepentingan termasuk swasta akan memberikan peningkatan kontribusi anggaran untuk tercapainya penyelenggaraan ilmu pengetahuan dan teknologi (iptek) nuklir yang mampu mencapai arah komersialisasi industri nuklir.

4. Keselamatan Nuklir dan Proteksi Radiasi

Dalam *Fundamental Safety Principle* (SF-1)[32] dinyatakan bahwa tujuan keselamatan dasar adalah melindungi manusia dan lingkungan hidup dari efek berbahaya radiasi pengion. Tujuan keselamatan dasar adalah untuk melindungi manusia secara individu maupun kolektif dan lingkungannya harus dicapai tanpa terlalu membatasi operasi fasilitas atau kegiatan yang menimbulkan risiko radiasi. Untuk memastikan bahwa fasilitas dioperasikan dan kegiatan dilakukan dengan standar keselamatan tertinggi yang dapat dicapai secara wajar, dilakukan upaya-upaya:

a. mengontrol paparan radiasi terhadap manusia dan pelepasan zat radioaktif ke lingkungan hidup;
b. membatasi kemungkinan kejadian yang dapat menyebabkan hilangnya kendali atas teras reaktor nuklir, reaksi berantai nuklir, zat radioaktif, atau sumber radiasi lainnya;
c. mengurangi konsekuensi dari kejadian pada huruf b jika hal itu terjadi.

Tujuan keselamatan dasar berlaku untuk semua fasilitas dan kegiatan, dan untuk semua tahap selama masa pakai fasilitas atau sumber radiasi, termasuk perencanaan, tapak, desain, manufaktur, konstruksi, komisioning dan operasi, serta dekomisioning dan penutupan. Pengangkutan zat

[32] Fundamental Safety Principles No. SF-1, IAEA

radioaktif atau bahan nuklir dan pengelolaan limbah radioaktif atau bahan bahan bakar nuklir bekas juga harus mengakomodasi tujuan keselamatan dasar ini.

Tanggung jawab utama untuk keselamatan harus berada pada orang atau organisasi yang bertanggung jawab atas fasilitas dan kegiatan yang menimbulkan risiko radiasi. Orang atau organisasi yang bertanggung jawab atas fasilitas atau kegiatan apa pun yang menimbulkan risiko radiasi atau untuk melaksanakan program tindakan untuk mengurangi paparan radiasi memiliki tanggung jawab utama untuk keselamatan. Selain itu, semua pihak yang terlibat dalam fasilitas dan kegiatan memiliki tanggung jawab keselamatan secara proporsional sesuai peran masing-masing.

Dalam filosofi justifikasi, fasilitas dan kegiatan ketenaganukliran yang menimbulkan risiko radiasi harus memberikan manfaat secara keseluruhan. Agar fasilitas dan kegiatan dianggap dapat dijustifikasi, manfaat yang dihasilkannya harus lebih besar daripada risiko radiasi yang ditimbulkannya. Untuk tujuan menilai manfaat dan risiko, semua konsekuensi signifikan dari pengoperasian fasilitas dan pelaksanaan kegiatan harus diperhitungkan. Dalam banyak kasus, keputusan yang berkaitan dengan manfaat dan risiko diambil pada tingkat pemerintahan tertinggi, seperti keputusan suatu negara untuk memulai program tenaga nuklir. Badan Pengawas dapat menentukan fasilitas dan kegiatan yang diusulkan dapat dijustifikasi.

Dalam filosofi optimisasi proteksi, proteksi harus dioptimalkan untuk memberikan tingkat keselamatan tertinggi yang dapat dicapai secara wajar. Tindakan keselamatan yang diterapkan pada fasilitas dan kegiatan yang menimbulkan risiko radiasi dianggap dioptimalkan jika memberikan tingkat keselamatan tertinggi yang dapat dicapai secara wajar selama masa pakai fasilitas atau kegiatan, tanpa terlalu membatasi pemanfaatannya.

Untuk menentukan apakah risiko radiasi serendah mungkin dapat dicapai, semua risiko tersebut, baik yang timbul dari operasi normal atau dari kondisi abnormal atau kecelakaan, harus dinilai (menggunakan pendekatan bertingkat) pada awal pemanfaatan dan secara berkala dinilai ulang

sepanjang hidup fasilitas dan kegiatan. Jika ada saling ketergantungan antara tindakan terkait atau di antara risiko yang terkait, hal ini juga harus dipertimbangkan. Ketidakpastian dalam pengetahuan juga harus diperhitungkan. Optimisasi proteksi membutuhkan pertimbangan dari berbagai faktor yang relatif signifikan, termasuk:

a) jumlah orang (pekerja dan masyarakat) yang mungkin terpapar radiasi;
b) kemungkinan terjadinya paparan radiasi;
c) besarnya dan distribusi dosis radiasi yang diterima;
d) risiko radiasi yang timbul dari kejadian yang dapat diperkirakan; dan
e) faktor ekonomi, sosial, dan lingkungan hidup.

Optimisasi proteksi juga berarti menggunakan praktik yang baik dan norma umum untuk menghindari risiko radiasi secara praktis dalam kegiatan sehari-hari. Sumber daya yang dikhususkan untuk keselamatan oleh pemegang izin, ruang lingkup dan ketatnya peraturan dan penerapannya, harus sepadan dengan besarnya risiko radiasi dan kesesuaiannya untuk dikendalikan. Kendali pengawasan mungkin tidak diperlukan jika tidak ada risiko radiasi dalam fasilitas dan kegiatan.

Dalam filosofi limitasi risiko, tindakan untuk mengendalikan risiko radiasi harus memastikan bahwa tidak ada individu yang menanggung risiko bahaya yang tidak dapat diterima. Justifikasi dan optimisasi perlindungan tidak dengan sendirinya menjamin bahwa tidak ada individu yang menanggung risiko kerugian yang tidak dapat diterima. Akibatnya, dosis dan risiko radiasi harus dikendalikan dalam batas yang ditentukan.

Sebaliknya, karena batas dosis dan batas risiko mewakili batas atas penerimaan yang sah, mereka sendiri tidak cukup untuk memastikan perlindungan terbaik yang dapat dicapai dalam keadaan tersebut, dan oleh karena itu harus dilengkapi dengan optimisasi perlindungan. Dengan demikian, baik optimisasi perlindungan dan pembatasan dosis serta risiko pada individu diperlukan untuk mencapai tingkat keselamatan yang diinginkan.

Selanjutnya untuk mencapai tingkat keselamatan yang diinginkan, diterapkan prinsip pertahanan berlapis pada instalasi nuklir atau fasilitas radiasi. Dalam IAEA *Fundamental Safety Principles SF-1* dinyatakan bahwa pertahanan berlapis dapat dicapai melalui kombinasi yang tepat dari:

a. sistem manajemen yang efektif dengan komitmen manajemen yang kuat terhadap keselamatan dan budaya keselamatan.
b. pemilihan tapak yang memadai, desain dan fitur keselamatan teknis yang memberikan marjin keselamatan, keragaman dan redundansi, melalui:
   - desain, teknologi, dan bahan dengan kualitas dan keandalan yang tinggi.
   - sistem kendali, pembatas, dan proteksi dan fitur surveilan.
   - kombinasi antara fitur keselamatan inheren dan fitur keselamatan teknis.
c. pelaksanaan operasi yang komprehensif yang disertai dengan manajemen kecelakaan.

Dalam SF-1 juga diuraikan bahwa pertahanan berlapis diterapkan melalui sejumlah lapis perlindungan yang berurutan dan independen. Dengan sejumlah lapis perlindungan ini maka dapat dijamin bahwa instalasi nuklir atau fasilitas radiasi akan memberikan dampak bahaya kepada manusia dan lingkungan jika semua lapis pertahanan gagal seluruhnya. Dengan kata lain jika satu tingkat perlindungan atau penghalang gagal, tingkat atau penghalang berikutnya akan tersedia. Dengan demikian, jika diterapkan dengan benar, pertahanan berlapis memastikan bahwa tidak ada kegagalan teknis, manusia, atau organisasi yang dapat menyebabkan efek berbahaya, dan kombinasi kegagalan yang dapat menimbulkan efek berbahaya yang signifikan pun memiliki probabilitas yang sangat rendah. Efektivitas independen dari berbagai tingkat pertahanan merupakan elemen pertahanan yang diperlukan secara berlapis.

Selanjutnya untuk instalasi nuklir, dalam IAEA *Specific Safety Requirements* SSR-2/1 (Rev.1) [33], SSR-3 [34], dan SSR-4 [35] lima tingkat pertahanan berlapis dibahas lebih rinci sebagai berikut:

a. Tujuan dari pertahanan lapis pertama adalah untuk mencegah penyimpangan dari operasi normal dan kegagalan SSK yang penting untuk keselamatan.
b. Tujuan dari pertahanan lapis kedua adalah untuk mendeteksi dan mengendalikan penyimpangan dari operasi normal untuk mencegah kejadian operasi terantisipasi agar tidak meningkat menjadi kondisi kecelakaan.
c. Tujuan dari pertahanan lapis ketiga adalah untuk mencegah kerusakan pada teras reaktor dan pelepasan bahan radioaktif yang memerlukan tindakan perlindungan di luar lokasi dan mengembalikan instalasi ke keadaan aman melalui fitur keselamatan yang melekat dan/atau direkayasa, sistem dan prosedur keselamatan.
d. Tujuan dari pertahanan lapis keempat adalah untuk mencegah eskalasi, dan untuk mengurangi konsekuensi dari kecelakaan yang diakibatkan oleh kegagalan pertahanan tingkat ketiga dengan mencegah rangkaian kecelakaan yang menyebabkan pelepasan besar bahan radioaktif atau pelepasan lebih awal bahan radioaktif.
e. Tujuan dari pertahanan lapis kelima dan terakhir adalah untuk mengurangi konsekuensi radiologis dari pelepasan besar bahan radioaktif atau pelepasan awal bahan radioaktif yang berpotensi sebagai akibat dari kecelakaan.

Dalam menerapkan konsep yang berkaitan dan terkadang bersinggungan dalam hal keselamatan, pertimbangan harus selalu dikembalikan kepada persyaratan dasar bahwa segala risiko dan keuntungan dari pemanfaatan

---

[33] IAEA Specific Safety Requirements SSR-2/1 (Rev. 1) *Safety of Nuclear Power Plants: Design*, 2016.

[34] IAEA Specific Safety Requirements SSR-3 *Safety of Research Reactor*, 2016.

[35] IAEA Specific Safety Requirements SSR-4 *Safety of Nuclear Fuel Cycle Facilities*, 2017.

energi nuklir harus dimengerti dan dipertimbangkan dalam menyusun kebijakan atau tindakan pengaturan secara hukum. Prinsipprinsip dasar keselamatan dapat dikodifikasikan dalam peraturan untuk diterapkan terhadap berbagai macam kegiatan dan fasilitas yang menimbulkan jenis dan tingkat risiko yang sangat berbeda. Kegiatan yang berpotensi bahaya radiasi yang signifikan jelas akan membutuhkan langkahlangkah keamanan teknis yang ketat dan pengaturan hukum yang ketat pula. Kegiatan yang berpotensi menimbulkan sedikit bahaya atau tidak ada radiasi hanya perlu langkah keselamatan teknis, dengan kontrol hukum yang terbatas. Hukum harus mencerminkan perbedaan tingkat risiko. Terhadap pembatasan hukum yang tidak dapat dibenarkan oleh tingkat risiko yang ditimbulkan oleh aktivitas tertentu, dapat dianggap batasan yang tidak semestinya pada hak-hak orang-orang atau organisasi yang melakukan kegiatan tersebut.[36]

Otorisasi untuk mengoperasikan fasilitas atau melakukan suatu kegiatan dapat diberikan kepada organisasi pengoperasi atau kepada perorangan, yang dikenal sebagai pemegang izin. Pemegang izin memegang tanggung jawab utama untuk keselamatan sepanjang masa fasilitas dan kegiatan, dan tanggung jawab ini tidak dapat didelegasikan. Kelompok lain, seperti pendesain, produsen/fabrikan dan konstruktor, pengusaha, kontraktor, pengangkut, dan operator, juga memiliki tanggung jawab legal, profesional, atau fungsional terkait keselamatan. Secara rinci, Pemegang izin bertanggung jawab untuk:

a. membangun dan mempertahankan kompetensi yang diperlukan;
b. memberikan pelatihan dan informasi yang memadai;
c. menetapkan prosedur dan pengaturan untuk menjaga keselamatan dalam semua kondisi;
d. memverifikasi desain yang sesuai dan kualitas fasilitas dan kegiatan yang memadai serta peralatan terkaitnya;

[36] Carlton Stoiber et. al, *Handbook of Nuclear Law* (Vienna: International Atomic Energy Agency, 2003), hal. 6.

e. memastikan kontrol yang selamat dari semua zat radioaktif atau bahan nuklir yang digunakan, diproduksi, disimpan atau diangkut;
f. memastikan kontrol yang selamat dari semua limbah radioaktif yang dihasilkan.

Pihak-pihak yang bertanggung jawab untuk proteksi dan keselamatan harus memastikan bahwa prinsip proteksi radiasi diterapkan untuk semua situasi paparan[37]. Berdasarkan referensi IAEA – GSR Part 3 situasi paparan radiasi dikelompokkan menjadi paparan terencana, paparan darurat, dan paparan yang telah ada. Paparan terencana adalah kondisi adanya paparan dari sumber radiasi pengion yang pengoperasiannya atau kegiatan yang telah direncanakan sebelumnya. Paparan terencana ini mencakup paparan kerja maupun paparan medik. Sedangkan paparan darurat adalah kondisi adanya paparan dari sumber radiasi pengion sebagai akibat kecelakaan, tindak kejahatan, atau kejadian lain yang tidak direncanakan yang mengakibatkan paparan berlebih. Sedangkan paparan yang telah ada (*existing*) adalah kondisi paparan radiasi pengion telah ada sebelum dan pada saat ditetapkan tindakan pengendalian. Penerapan persyaratan untuk sistem proteksi dan keselamatan radiasi harus sepadan dengan risiko radiasi pada situasi paparan.

Untuk situasi paparan terencana, setiap pihak yang bertanggung jawab untuk proteksi dan keselamatan harus memastikan bahwa persyaratan yang relevan berlaku untuk pihak tersebut, dan tidak ada praktik yang dilakukan kecuali dijustifikasi. Untuk situasi paparan terencana selain paparan medis, masing-masing pihak yang bertanggung jawab untuk proteksi dan keselamatan harus memastikan bahwa persyaratan yang relevan berlaku untuk pihak itu dan batas dosis yang ditentukan tidak terlampaui.

Untuk situasi paparan darurat dan situasi paparan yang telah ada (*existing*), masing-masing pihak yang bertanggung jawab untuk proteksi dan keselamatan harus memastikan bahwa persyaratan yang relevan berlaku

[37] Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, GSR Part-3. IAEA

untuk pihak itu, dan bahwa tindakan protektif atau tindakan pemulihan dijustifikasi dan dilakukan sedemikian rupa untuk mencapai tujuan yang ditetapkan dalam strategi proteksi.

Untuk semua situasi paparan, setiap pihak yang bertanggung jawab untuk proteksi dan keselamatan harus memastikan bahwa persyaratan yang relevan berlaku untuk pihak tersebut dan bahwa proteksi dan keselamatan dioptimisasi.

Pada dasarnya UUK telah mengatur instalasi yang memanfaatkan sumber radiasi pengion yang nantinya disebut dengan fasilitas radiasi. Namun harus dipahami bahwa ada kegiatan atau aktivitas yang mengakibatkan potensi risiko bahaya radiasi. Mengingat bahaya radiasi tidak hanya karena efek deterministik saja, namun juga karena efek stokastik.

Efek deterministik adalah efek radiasi yang akibatnya langsung terlihat setelah terkena paparan radiasi dan keparahannya bergantung pada besarnya dosis dan memiliki dosis ambang tertentu. Contohnya adalah terbakarnya kulit, timbulnya rasa pusing, mual, demam, sampai mengakibatkan kematian setelah terjadi kecelakaan nuklir.

Efek stokastik adalah efek yang kebolehjadiannya meningkat dengan bertambahnya dosis yang diterima tanpa bergantung pada nilai ambang tertentu. Contohnya, orang dapat terkena kanker bila dipicu oleh paparan radiasi walaupun dosisnya rendah (di bawah nilai ambang yang ditetapkan).

Pengembangan iptek nuklir, dan penyelenggaraan ketenaganukliran pada masa ini harus memikirkan kepentingan nasional dan pelestarian fungsi nasional demi keberlangsungan generasi mendatang. Hal ini harus menjadi pertimbangan karena penggunaan zat radioaktif dan bahan nuklir yang tidak tepat dapat menghasilkan limbah radioaktif yang memiliki tingkat bahaya dalam jangka waktu yang panjang (puluhan hingga ribuan tahun).

Risiko radiasi dapat melampaui batas nasional dan dapat bertahan lama. Konsekuensi yang mungkin, sekarang dan di masa depan, dari fasilitas dan kegiatan ketenaganukliran saat ini harus diperhitungkan dalam menilai kecukupan upaya mengendalikan risiko radiasi. Bila fasilitas dan kegiatan

keteneganukliran mengabaikan keselamatan manusia dan perlindungan lingkungan hidup, generasi mendatang akan terancam keberlangsungannya.

Generasi yang menghasilkan limbah harus mencari dan menerapkan solusi yang aman, praktis dan dapat diterima lingkungan untuk pengelolaan jangka panjangnya. Limbah radioaktif yang dihasilkan harus dijaga agar tetap pada tingkat minimum melalui upaya dan prosedur desain yang sesuai, seperti daur ulang dan penggunaan kembali bahan.

Walaupun begitu, akuntabilitas menjadi kunci dari semua prinsip ini. Prinsip ini menuntut dua hal yaitu (1) kemampuan menjawab (*answerability*), dan (2) konsekuensi (*consequences*). Komponen pertama (istilah yang bermula dari responsibilitas) adalah berhubungan dengan tuntutan bagi para aparat untuk menjawab secara periodik setiap pertanyaan-pertanyaan yang berhubungan dengan bagaimana mereka menggunakan wewenang mereka, kemana sumber daya telah dipergunakan, dan apa yang telah dicapai dengan menggunakan sumber daya tersebut.

Dalam Konvensi Keselamatan Nuklir *(Convention on Nuclear Safety),* diatur beberapa kewajiban negara pihak dari Konvensi ini di antaranya: pengaturan mengenai keselamatan instalasi nuklir khususnya Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN). Pengaturan keselamatan tersebut mencakup antara lain pembentukan badan pengawas dengan fungsi dan kewenangannya, perizinan PLTN mulai dari tapak, desain, konstruksi, komisioning, operasi, dan dekomisioning.

Badan pengawas dibentuk dengan memiliki independensi. Fitur utama independensi dalam pengambilan keputusan pengawasan di bidang ketenaganukliran meliputi:

a. bebas dari pengaruh eksternal yang tidak beralasan, namun tetap mengakomodasi mekanisme komunikasi secara profesional dengan pemegang izin dan pakar independen, termasuk dengan komunikasi dengan publik;
b. keputusan diambil berdasarkan regulasi, ilmu pengetahuan dan teknologi teruji, dan pengalaman yang relevan, disertai dengan penjelasan tentang alasan yang mendasari keputusan;
c. konsistensi dan prediktabilitas, sehubungan dengan tujuan

keselamatan yang jelas dan kriteria hukum dan teknis terkait; dan

d. transparansi dan ketertelusuran.

5. Keamanan Nuklir

Tujuan dari rezim keamanan nuklir suatu negara adalah untuk melindungi orang, properti/harta benda, masyarakat, dan lingkungan dari konsekuensi bahaya dari kejadian keamanan nuklir[38]. Untuk mencapai tujuan tersebut, negara harus menetapkan, menerapkan, memelihara dan mempertahankan rezim keamanan nuklir yang efektif dan tepat untuk mencegah, mendeteksi, dan merespon kejadian keamanan nuklir dalam wilayah yurisdiksinya.

Terkait keamanan nuklir, Indonesia telah meratifikasi *Convention on the Physical Protection of Nuclear Material* dalam Keputusan Presiden Nomor 49 Tahun 1986 tentang Pengesahan *Convention on the Physical Protection of Nuclear Material,* dan *Amendment to The Convention on the Physical Protection of Nuclear Material* dalam Keputusan Presiden Nomor 46 Tahun 2009 tentang Pengesahan *Amendment to The Convention on the Physical Protection of Nuclear Material.* CPPNM terkait dengan keamanan nuklir pada saat pengangkutan internasional. Amandemen terkait dengan keamanan nuklir di penggunaan, penyimpangan, dan pengangkutan domestik serta tindakan kejahatannya.

Pokok-pokok isi dari Keputusan Presiden Nomor 49 Tahun 1986 tentang Pengesahan *Convention on the Physical Protection of Nuclear Material*, antara lain adalah sebagai berikut:

a. Definisi bahan nuklir. Bahan nuklir yang dimaksud adalah plutonium kecuali dengan konsentrasi isotop lebih dari 80% untuk plutonium238; uranium-233; uranium yang diperkaya dalam isotop 235 atau 233; uranium yang mengandung percampuran isotop yang tercampur secara natural; bahan lain yang mengandung bahan-bahan yang disebutkan.

[38] *Objective and Essential Elements of a State's Nuclear Security Regime: Nuclear Security Fundamentals*, IAEA NSS No. 20

b. Proteksi terhadap bahan nuklir yang diangkut secara internasional. Negara pihak dari konvensi ini harus memastikan bahwa ada pengaturan dalam hukum nasional terkait pengangkutan dari bahan nuklir.
c. Kategorisasi bahan nuklir. Konvensi ini memberikan kategorisasi terhadap bahan nuklir yakni plutonium, uranium-235, uranium-233, dan bahan bakar terirradiasi.
d. Kriminalisasi pencurian, pemindahan tidak sah, tindakan meminta bahan nuklir dengan ancaman.

Sedangkan pokok-pokok isi dari Keputusan Presiden Nomor 46 Tahun 2009 tentang Pengesahan *Amendment to The Convention on the Physical Protection of Nuclear Material*, antara lain sebagai berikut:

a. penambahan lingkup dengan memasukkan fasilitas nuklir dan sabotase;
b. prinsip-prinsip fundamental dari proteksi fisik terhadap bahan nuklir dan fasilitas nuklir; dan
c. kriminalisasi pencurian, pemindahan tidak sah, tindakan meminta dengan ancaman penggunaan bahan nuklir dan sabotase fasilitas nuklir.

Selain Konvensi di atas, dalam kaitannya dengan keamanan nuklir, Indonesia juga telah meratifikasi *International Convention for The Suppression of Acts of Nuclear Terrorism* dalam Undang-Undang Nomor 10 Tahun 2014 tentang Pengesahan *International Convention for The Suppression of Acts of Nuclear Terrorism* (Konvensi Internasional Penanggulangan Tindakan Terorisme Nuklir). Pokok-pokok isi dari Undang-Undang ini adalah:

a. tujuan Konvensi yaitu untuk mencegah dan menanggulangi tindakan terorisme nuklir;
b. lingkup Konvensi yaitu mengatur upaya pencegahan dan penanggulangan tindakan terorisme nuklir baik di dalam negeri maupun antar negara;
c. kewajiban negara pihak Konvensi antara lain:
    1) kriminalisasi tindakan kejahatan terorisme nuklir;

2) bekerja sama untuk mencegah dan memberantas tindak kejahatan terorisme nuklir, tukar menukar informasi, melindungi kerahasiaan informasi terkait upaya memberantas kejahatan dimaksud, dan menyampaikan informasi kepada Sekretaris Jenderal Perserikatan Bangsa-Bangsa tentang lembaga yang berwenang dan pihak penghubung di dalam negeri terkait dengan pelaksanaan Konvensi;
3) menetapkan yurisdiksi apabila kejahatan dilakukan di wilayah negaranya, kejahatan dilakukan di kapal laut yang berbendera negara dimaksud, atau di pesawat terbang yang terdaftar menurut hukum negara dimaksud pada saat kejahatan dilakukan, kejahatan dilakukan oleh warga negara dimaksud, kejahatan dilakukan terhadap warga negara dari negara dimaksud, kejahatan dilakukan terhadap fasilitas negara atau pemerintah di luar negeri, kejahatan dilakukan oleh orang yang tidak memiliki kewarganegaraan yang tempat tinggalnya berada di wilayah negara dimaksud, kejahatan dilakukan dalam upaya memaksa negara dimaksud melakukan atau tidak melakukan suatu tindakan, dan kejahatan dilakukan di pesawat terbang yang dioperasikan oleh pemerintah negara dimaksud.

Tanggung jawab keamanan nuklir pada instansi yang berwenang ditetapkan oleh negara, termasuk badan pengawas dan instansi yang kompeten terkait dengan kontrol perbatasan dan penegakan hukum. Tanggung jawab untuk semua pihak yang diberi otorisasi (lisensi), diidentifikasi dan ditetapkan dengan jelas. Pengaturan harus diidentifikasi dan ditetapkan untuk mengintegrasikan dan mengoordinasikan tanggung jawab dalam rezim keamanan nuklir, serta mekanisme pengawasan negara untuk memastikan kesesuaian berkelanjutan dari tanggung jawab keamanan nuklir. Negara harus mendefinisikan pelanggaran, termasuk kriminalisasi, dan memberikan sanksi, melakukan penuntutan, dan ekstradisi bagi pelanggar.

Pemegang izin dan pihak lain (operator atau pengirim) memiliki tanggung jawab utama terhadap keamanan nuklir di masing-masing fasilitas atau kegiatannya. Tanggung jawab ini tidak dapat didelegasikan. Tanggung jawab keamanan untuk instalasi nuklir diimplementasikan melalui tindakan proteksi fisik. Tindakan proteksi fisik memiliki tujuan[39]:

a. melindungi pemindahan bahan nuklir di fasilitas atau kegiatan terkait secara tidak sah;
b. menemukan dan mengembalikan bahan nuklir yang hilang;
c. melindungi bahan nuklir, fasilitas, atau kegiatan terkait terhadap sabotase;
d. memitigasi dan mengurangi efek dari sabotase.

Sedangkan untuk fasilitas radiasi, keamanan untuk zat radioaktif, fasilitas terkait, dan kegiatan terkait dilaksanakan dengan tujuan yaitu[40]:

a. melindungi pemindahan zat radioaktif yang digunakan di fasilitas dan dalam kegiatan terkait tanpa izin.
b. melindungi zat radioaktif, fasilitas, dan kegiatan terkait terhadap sabotase.
c. memastikan implementasi langkah cepat dan komprehensif untuk menemukan, memulihkan, jika diperlukan, zat radioaktif yang hilang atau dicuri dan untuk membangun kembali kendali pengawasan. Selanjutnya untuk bahan nuklir dan zat radioaktif lainnya yang berada di luar kendali pengawasan, tujuan keamanan nuklir dicapai melalui:

a. ketentuan legislatif yang komprehensif dan lengkap untuk memberikan kekuasaan administratif dan penegakan hukum yang relevan kepada berbagai instansi yang berwenang di dalam negara, sehingga mereka dapat melakukan kegiatan mereka secara efektif;

[39] Nuclear Security Recommendations on Physical Protection of Nuclear Material and Nuclear Facilities (Infcirc/225/Revision 5) Recommendations, NSS No. 13

[40] Nuclear Security Recommendations on Radioactive Material and Associated Facilities Recommendations, NSS No. 14

b. penyediaan sumber daya yang memadai dan berkelanjutan untuk berbagai instansi yang berwenang untuk memungkinkan mereka menjalankan fungsi yang ditugaskan, termasuk:

1) tindakan untuk mencegah tindakan kriminal, atau tindakan tidak sah, dengan implikasi keamanan nuklir yang melibatkan bahan nuklir dan zat radioaktif lainnya di luar kendali pengawasan.

2) deteksi, melalui instrumen alarm dan/atau informasi peringatan, keberadaan atau indikasi tindakan kriminal atau tindakan yang tidak sah, dengan implikasi keamanan nuklir yang melibatkan bahan nuklir atau zat radioaktif lain yang berada di luar kendali pengawasan, dan untuk:

   a) mengembangkan strategi deteksi nasional;

   b) membangun sistem deteksi; dan

   c) melakukan penilaian awal instrumen alarm dan informasi peringatan segera untuk menentukan apakah suatu peristiwa keamanan nuklir telah terjadi;

3) merespon kejadian keamanan nuklir, khususnya untuk:

   a) memberikan notifikasi kepada instansi yang berwenang;

   b) menilai validitas dan konsekuensi potensial dari kejadian keamanan nuklir;

   c) mencari, mengidentifikasi, mengelompokkan, dan mengkarakterisasi bahan nuklir atau zat radioaktif lainnya;

   d) mengamankan bahan nuklir atau zat radioaktif tersebut dan menerapkan langkah-langkah respons lain yang sesuai untuk kejadian keamanan nuklir, seperti netralisasi perangkat;

   e) memulihkan, menahan dan/atau menyita dan menempatkan bahan nuklir atau zat radioaktif tersebut di bawah kendali pengawasan;

   f) mengumpulkan, mengamankan, menyimpan, mengangkut, dan menganalisis bukti, termasuk menerapkan tindakan

forensik nuklir yang terkait dengan tindakan kriminal atau tindakan tidak sah dengan implikasi keamanan nuklir yang melibatkan barang bukti tersebut;

g) Menangkap dan selanjutnya menuntut atau mengekstradisi tersangka.

Pengaturan keamanan nuklir termasuk salah satu dari sejumlah norma dalam UUK yang memerintahkan pengaturan lebih lanjut. Pengaturan lebih lanjut mengenai keamanan nuklir telah dimuat dalam peraturan pemerintah dan peraturan badan. Namun demikian rezim keamanan nuklir dalam peraturan pemerintah dan peraturan badan yang ada saat ini hanya memenuhi aspek pengaturan keamanan nuklir pada level pemegang otorisasi *an sich* dan belum mengatur integrasi dan koordinasi antara lembaga yang berwenang dalam konteks keamanan nuklir nasional.

Terkait koordinasi antar lembaga yang berwenang tersebut, BAPETEN telah menginisiasi pembentukan I-CoNSEP yang terdiri dari berbagai lembaga terkait dalam keamanan nuklir sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 20 berikut.[41]

Pembentukan I-CoNSEP ini dilakukan sebagai bentuk komitmen Indonesia dalam penanganan isu keamanan nuklir, meskipun sebenarnya tanggung jawab keamanan nuklir *(competent authority)* tidak harus berada pada BAPETEN tetapi negara bisa menugaskan lembaga lain. Selain itu dengan pengaturan rezim keamanan nuklir ini yang melibatkan lembagalembaga terkait harus memiliki dasar hukum yang tegas baik dalam pelaksanaan tugas dan fungsi serta dalam penguatan kapasitas sumber daya manusia serta finansial.

Keterlibatan lembaga-lembaga terkait dalam keamanan nuklir telah dilakukan oleh BAPETEN tidak hanya dalam bentuk bimbingan teknis terhadap *Front Line Officers* yang melibatkan Tentara Nasional Indonesia (TNI) dan Korps Brigade Mobil (Brimob) tetapi juga dilakukan dalam bentuk

[41] https://www.bapeten.go.id/berita/background-of-iconsep-122425?lang=en.

kegiatan pemasangan *Radiation Portal Monitor* (RPM), pemantauan radiasi pada kegiatan perhelatan akbar seperti Asian Games dan Konferensi Tingkat Tinggi di Bali.

Gambar 20. Keterlibatan K/L dalam I-CoNSEP

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa rezim keamanan nuklir adalah bagian dari keseluruhan rezim keamanan Negara. Rezim keamanan nuklir mencakup bahan nuklir dan zat radioaktif lainnya, baik berada di dalam maupun di luar kendali pengawasan, dan fasilitas dan kegiatan terkait sepanjang masa operasinya, dan harus mencerminkan risiko terhadap orang, properti/harta benda, masyarakat, dan lingkungan hidup.

6. Garda-Aman (*safeguards*)

IAEA sebagai badan tenaga atom dunia yang melakukan pengawasan terhadap bahan nuklir di seluruh dunia bertugas melakukan pencegahan terjadinya penyimpangan penggunaan bahan nuklir oleh negara-negara di dunia. Untuk mencegah terjadinya penyimpangan penggunaan tersebut, maka IAEA telah mengeluarkan beberapa instrumen hukum yaitu *Safeguards Agreement, Additional Protocols* dan *Small Quantities Protocols.* Indonesia telah

meratifikasi perjanjian *Non-Proliferation Treaty* (NPT) dengan Undang-Undang Nomor 8 Tahun 1978 tentang Ratifikasi *Non-Proliferation Treaty of Nuclear Weapons*. Untuk mengimplementasikan perjanjian ini, Indonesia telah menandatangani perjanjian *comprehensive safeguards* dengan IAEA pada 14 Juli 1980 dengan dokumen deposit INFCIRC/283, dan pada 29 September 1999 Indonesia juga telah menandatangani dan meratifikasi *Additional protocol* dari *Safeguards Agreement* dengan dokumen deposit INFCIRC/283 addendum 1. Di samping itu Indonesia juga meratifikasi perjanjian bebas senjata nuklir di kawasan ASEAN yaitu *Treaty on the Southeast Asia Nuclear Weapon Free Zone* pada Desember 1995.

Safeguards yang kemudian digantikan dengan istilah garda-aman merupakan suatu tindakan untuk mendorong upaya non-proliferasi atau tindakan untuk mencegah penyimpangan penggunaan tenaga nuklir dari tujuan damai menjadi tujuan pembuatan senjata nuklir atau alat ledak nuklir lain. Pengaturan mengenai garda-aman internasional yang diterapkan oleh IAEA merupakan kunci utama untuk memverifikasi pemenuhan negara anggota terhadap komitmennya bahwa bahan nuklir atau teknologi nuklir tidak disalahgunakan untuk produksi senjata nuklir atau peralatan bahan peledak nuklir lainnya. Untuk menjalankan komitmen tersebut maka negara anggota harus memenuhi persyaratan teknis dasar dari sistem garda-aman internasional IAEA, sesuai dengan istilah-istilah dari perjanjian garda-aman yang dapat diterapkan. Selain itu, garda-aman juga memungkinkan IAEA untuk meninjau ulang informasi, laporan, dan rekaman yang disediakan oleh negara anggota untuk pencegahan penggunaan bahan nuklir yang tidak sah.

Konsep-garda aman yang ditetapkan oleh IAEA memiliki empat fungsi yaitu:[42]

1) Akuntansi (*accountancy*)

[42] Kenji Murakami, *Nuclear Safeguards Concepts, Requirements, and Principles applicable to Nuclear Security*, Nuclear Security Governance Experts Group, July 2012.

Akuntansi bahan nuklir mewajibkan negara anggota untuk melaporkan kepada IAEA jenis dan jumlah bahan fisil di bawah kendalinya.

2) Verifikasi (*verification*)
Negara harus menjamin bahwa laporan bahan nuklir yang dimiliki dan bahan nuklir yang berada di fasilitas nuklir harus konsisten dan telah sesuai dengan yang telah dilaporkan pada IAEA dan diverifikasi oleh IAEA.

3) Penyegelan (*containment*) dan pengawasan (*surveillance*)
Penyegelan dan pengawasan dilakukan oleh IAEA melalui penggunaan segel pada wadah bahan nuklir dan pendokumentasian atau perekaman dari bidang utama di fasilitas nuklir untuk menentukan apakah telah terjadi perpindahan yang tidak sah.

4) Inspeksi yang dilakukan oleh Inspektur IAEA
Kegiatan inspeksi meliputi pemeriksaan segel dan instrumen, meninjau rekaman fasilitas dan secara mandiri mengukur materi atau barangbarang.

Selain itu, Indonesia telah menandatangani *Treaty on the Prohibition of Nuclear Weapons* yang dibentuk oleh PBB melalui Resolusi *General Assembly* Nomor 17/258, di mana maksud dari penandatanganan perjanjian ini adalah untuk memperkuat maksud Indonesia sebagai negara yang melarang kepemilikan dan penggunaan senjata nuklir di dunia. Indonesia memiliki keinginan kuat untuk membentuk *world free nuclear weapon* sesuai dengan mandat dari Traktat Kawasan Bebas Senjata Nuklir di Asia Tenggara.

Dalam mengembangkan pengaturan hukum untuk pemanfaatan nuklir bertujuan damai, perlu diingat bahwa perkembangan teknologi nuklir memiliki asal-usul dalam program militer di beberapa negara. Sama halnya apabila beberapa bahan nuklir dan teknologi terkait jika dialihkan untuk

kepentingan non-damai akan menimbulkan risiko kesehatan dan keselamatan.

Pengalihan bahan nuklir jenis tertentu dapat memberikan kontribusi terhadap penyebaran bahan peledak nuklir bagi berbagai entitas subnasional maupun lingkup nasional. Oleh karenanya, langkah-langkah hukum khusus diperlukan untuk mengendalikan berbagai jenis dan jumlah bahan nuklir yang dapat menimbulkan risiko keamanan. Langkah-langkah ini harus melindungi terhadap tindakan pengalihan yang secara sengaja maupun tidak dari penggunaan bahan nuklir dan teknologi yang sah ini.

7. Pengelolaan Bahan Bakar Nuklir Bekas dan Limbah Radioaktif

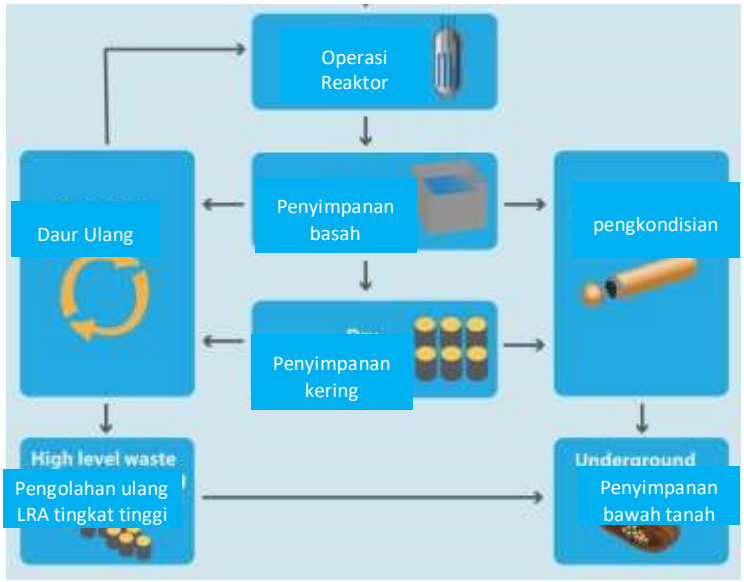
a. Pengelolaan Bahan Bakar Nuklir Bekas

Reaktor nuklir menggunakan bahan bakar nuklir dalam pengoperasiannya. Bahan bakar nuklir yang tidak digunakan lagi dalam operasi reaktor menjadi bahan bakar nuklir bekas (*spent fuel*). Bahan bakar nuklir bekas memiliki paparan radiasi yang tinggi dan berbahaya. Bahan bakar nuklir bekas umumnya masih mengandung uranium, thorium, atau plutonium sebesar 40% - 60%, sehingga masih dapat diolah ulang atau diambil lagi uranium, thorium, atau plutoniumnya. Untuk itu, pengelolaan bahan bakar nuklir bekas merupakan hal penting yang harus dilaksanakan di reaktor nuklir. Pengelolaan bahan bakar nuklir bekas menjadi tanggung jawab pemegang izin reaktor nuklir. Penyimpanan bahan bakar nuklir bekas umumnya dilakukan di lokasi atau tapak yang sama dengan lokasi atau tapak reaktor nuklir.

Bahan bakar nuklir dianggap habis ketika tidak lagi dapat mempertahankan reaksi fisi. Untuk reaktor air bertekanan, bahan bakar nuklir membutuhkan waktu sekitar tiga hingga tujuh tahun, tergantung pada bahan bakar dan lokasinya di reaktor. Ketika dipindahkan dari teras, bahan bakar bekas terlihat mirip dengan perangkat bahan bakar baru, tetapi sangat radioaktif dan bersuhu tinggi. Untuk itu, bahan bakar nuklir bekas harus didinginkan dan diberikan perisai radiasi.

Bahan bakar nuklir bekas dipindahkan ke kolam penyimpanan karena air merupakan bahan pendingin dan sekaligus merupakan perisai radiasi yang baik. Setelah periode waktu pendinginan, bahan bakar nuklir bekas dapat dipindahkan ke fasilitas penyimpanan kering, jika diperlukan. Saat ini, setelah periode penyimpanan sementara yang cukup, bahan bakar nuklir bekas dapat:

- dianggap sebagai limbah radioaktif yang harus dikondisikan dan disimpan secara lestari pada penyimpanan geologi yang dalam. Ini disebut siklus bahan bakar terbuka; atau
- diolah ulang kembali untuk mendapatkan kembali bahan fisil yang tersisa yang selanjutnya dapat didaur ulang sebagai bahan bakar baru dalam reaktor nuklir. Proses ini menghasilkan limbah radioaktif tingkat tinggi yang akan disimpan di penyimpanan geologi yang dalam (*deep geological repository*). Ini disebut sebagai siklus bahan bakar tertutup.



Gambar 21. Prinsip pengelolaan bahan bakar nuklir bekas.[43]

b. Pengelolaan limbah radioaktif

Setelah zat radioaktif digunakan untuk tujuan tertentu, zat radioaktif akan berkurang aktivitasnya sehingga secara teknis tidak dapat digunakan

[43] Sumber IAEA Bulletin, June 2019, hal 4-5

lagi untuk tujuan tertentu. Zat radioaktif tersebut berubah status menjadi limbah radioaktif. Limbah radioaktif dapat berbentuk hasil proses yang tidak digunakan lagi, misalnya hasil dari terapi kedokteran nuklir, hasil samping dari produksi radiofarmaka, atau limbah radioaktif yang dihasilkan di instalasi nuklir. Limbah radioaktif memiliki karakteristik yang berbeda dengan limbah barang dan bahan berbahaya lainnya, maka diperlukan keahlian, kompetensi, dan instalasi khusus dalam pengelolaan limbah radioaktif. Oleh karena itu perlu diatur kewenangan para pihak dalam kaitannya dengan pengelolaan limbah radioaktif.

Dalam pemanfaatan tenaga nuklir, limbah radioaktif dapat dihasilkan dalam bentuk gas, cair, ataupun padat. Keselamatan penyimpanan (*disposal*) limbah radioaktif merupakan persoalan yang menarik perhatian dan urusan publik. Dalam upaya menyikapi persoalan tersebut dan untuk memberikan suatu kerangka mengenai keselamatan limbah radioaktif, organisasi internasional IAEA telah mengelaborasi prinsip pengelolaan limbah radioaktif. Prinsip ini berasal dari tujuan dasar IAEA mengenai pengelolaan limbah radioaktif, yaitu bahwa limbah radioaktif ditangani dengan cara tertentu sehingga melindungi kesehatan manusia dan lingkungan hidup pada saat ini dan pada masa depan tanpa membebani di luar kemampuan generasi akan datang. Prinsip tersebut dinyatakan dalam IAEA SF-1 prinsip ke tujuh, perlindungan terhadap generasi saat ini dan yang akan datang, yaitu bahwa limbah radioaktif harus dikelola sedemikian rupa untuk menghindari beban yang tidak semestinya terhadap generasi yang akan datang; pihak penghasil limbah radioaktif harus mengupayakan dan menerapkan solusi yang dapat diterapkan dan ramah lingkungan untuk pengelolaan limbah radioaktif jangka panjang. Limbah radioaktif yang dihasilkan harus diupayakan seminimal mungkin yang dapat dicapai dengan menggunakan prosedur dan desain yang sesuai seperti daur ulang dan penggunaan kembali.

Pengelolaan limbah radioaktif dilakukan sesuai dengan kategori limbah radioaktif. Berdasarkan IAEA *General Safety Guide* No. GSG-1 *Classification*

of Radioactive Waste limbah radioaktif dikelompokkan dalam 5 kategori, sebagai berikut:

a) limbah radioaktif berumur sangat pendek (VSLW),
b) limbah radioaktif tingkat sangat rendah (VLLW),
c) limbah radioaktif tingkat rendah (LLW),
d) limbah radioaktif tingkat sedang (ILW),
e) limbah radioaktif tingkat tinggi (HLW).

Metode dalam Pengelolaan Limbah Radioaktif

Terdapat dua kelompok besar metode terhadap pengelolaan limbah radioaktif, yaitu metode **'*pengenceran dan penyebaran*'** dan metode **'*pengungkungan dan pengonsentrasian*'**. Pada keduanya, baik prinsip proteksi dari International Commission on Radiological Protection (ICRP) dan prinsip pengelolaan limbah radioaktif yang dikembangkan oleh IAEA adalah relevan, meskipun cara penerapannya dapat berbeda. Prinsip ICRP yang pertama yaitu 'justifikasi' diterapkan dengan cara yang sama untuk setiap '*practice*' terlepas dari jenis limbah yang dihasilkan. Prinsip justifikasi menyaratkan bahwa tinjauan menyeluruh terhadap suatu *practice* harus menunjukkan lebih bermanfaat daripada bahayanya. Pengoperasian penyimpanan dan pengelolaan limbah merupakan bagian integral dari suatu *practice* yang menimbulkan limbah dan oleh karena itu harus dipertimbangkan dalam penilaian justifikasi terhadap *practice* dimaksud. Merupakan kekeliruan bila memandangnya sebagai suatu *practice* yang berdiri terpisah yang membutuhkan justifikasinya sendiri.

Dengan menengok ke opsi-opsi penyimpanan (*disposal*), pada pendekatan *pengenceran dan penyebaran*, limbah dengan kandungan konsentrasi radionuklida yang sangat rendah dilepaskan ke suatu lingkungan secara langsung. Limbah tersebut pada umumnya dalam bentuk gas atau cairan. Biasanya penamaan untuk hal ini disebut sebagai lepasan (*effluents*). Keuntungan dari pendekatan ini yaitu bahwa beberapa bentuk verifikasi dan pengendalian biasanya memungkinkan. Pemantauan lingkungan dapat

dilakukan dan dosis dinilai dengan suatu penilaian retrospektif. Pada pendekatan *'pengungkungan dan pengonsentrasian'*, limbahnya biasanya dalam bentuk padat dan diisolasi dari lingkungan manusia agar meminimalkan kemungkinan pemaparan. Dalam hal radionuklida yang berumur relatif pendek (waktu paro kurang dari sekitar beberapa tahun), limbahnya diisolasi pada tempat yang selamat dan aman adalah memungkinkan sampai peluruhan radioaktif mengurangi tingkat aktivitasnya ke tingkat yang tidak membahayakan. Juga memungkinkan untuk memperlakukan limbah gas dan cair yang mengandung radionuklida berumur paro beberapa hari atau minggu, atau mungkin yang lebih lama lagi, dengan cara tersebut. Namun, secara umum dipandang bahwa limbah dengan kandungan yang signifikan untuk radionuklida berumur paro lebih panjang harus diisolasi pada suatu penyimpanan/*repository* (suatu tempat di mana limbah dapat disimpan secara aman). Kenyataan harus dihadapi bahwa limbah dalam bentuk terkonsentrasi mengarah pada masalah spesifiknya sendiri; yaitu jika integritas repositorinya gagal, seseorang mungkin dapat menerima pemaparan besar. Hal ini nyata menjadi lebih bermasalah untuk limbah yang mengandung radionuklida berumur sangat panjang dikarenakan skala waktu yang panjang dan kenyataan bahwa pengetahuan repositori dimaksud mungkin hilang setelah periode waktu itu. Secara umum, pendekatan pengonsentrasian dan pengungkungan mengandalkan pada isolasi untuk melindungi individu saat ini dan generasi masa depan dalam waktu dekat. Dalam kurun waktu yang lebih lama, peluruhan radioaktif akan mengurangi tingkat aktivitas tetapi penting dicatat bahwa tidak mungkin untuk menjamin isolasi sampai dengan periode waktu yang diperlukan bagi radionuklida berumur sangat panjang agar meluruh sampai tingkat tidak signifikan. Untuk periode waktu demikian, bentuk limbah mungkin rusak dan radionuklida mungkin menyebar dalam, misalnya air-tanah, sehingga akhirnya mengarah menuju kemungkinan penerimaan dosis pada individu masa depan.

Pengenceran dan Penyebaran:

Secara historis, opsi ini telah digunakan untuk gas dan cairan yang sedikit terkontaminasi seperti lepasan terolah yang berasal dari kolam penyimpanan bahan bakar bekas pada PLTN dan fasiltas olah-ulang di mana bahan bakar bekas disimpan. Pelepasan terjadi dengan dua cara, yaitu bahan partikel halus dan gas mungkin dilepas ke atmosfir, sementara cairan, bahan terlarut dan padatan mengambang dapat dilepas ke badan air menuju lingkungan laut atau lingkungan air segar.

Pelepasan ke atmosfir akan memberikan dosis radiasi terhadap individu yang berada searah angin. Orang dapat menerima dosis dari radionuklida yang memancarkan beta dan gamma, dalam bentuk iradiasi eksternal. Individu mungkin juga menghirup radionuklida dan kejadian ini menyebabkan iradiasi internal.

Radionuklida di dalam bahan partikel yang dilepaskan (debu dan lain-lain) dapat terdeposit di atas tanah melalui mekanisme antara lain, pengendapan secara gravitasi sehingga menyebabkan paparan radiasi setelah *airborne* mengandung radioaktivitas lewat. Jalur paparan yang berasal dari zat radioaktif terdeposit termasuk paparan internal dari pemancar beta dan gamma dan paparan internal dari mengonsumsi radionuklida yang tergabung pada bahan makanan. Material yang terdeposit di atas tanah mungkin terangkat kembali dikarenakan pengaruh angin, dan lain-lain, dan selanjutnya terhirup. Pelepasan ke lingkungan air segar dapat menghasilkan dosis internal dari mengonsumsi setiap air minum yang diambil dari suatu badan air dan dari mengonsumsi ikan air tawar yang telah terkena radionuklida.

Pengungkungan dan Pengkonsentrasian

Limbah radioaktif padat ditimbulkan baik dari industri nuklir maupun industri non-nuklir. Cara umum penyimpanannya (*disposal*) adalah mengikuti beberapa bentuk penguburan. Limbah yang mengandung radionuklida dengan tingkat sangat rendah, dalam beberapa kasus, dibuang

ke tapak *landfill*. Limbah yang mengandung radionuklida dengan level lebih tinggi memerlukan isolasi yang lebih kuat terhadap lingkungan manusia (biosfir). Bahan bakar nuklir bekas dan limbah radioaktif mengandung produk fisi dengan konsentrasi tinggi yang berasal dari olah ulang bahan bakar bekas memerlukan derajat isolasi tertinggi; saat ini, penyimpanan geologik dalam pada kedalaman beberapa ratus meter telah dipertimbangkan. Penyimpanan geologik dalam juga merupakan suatu opsi untuk limbah dengan konsentrasi radionuklida yang lebih rendah.

Opsi pembuangan untuk limbah radioaktif, selain dari limbah tingkat sangat rendah, bergantung pada yang dinamakan pendekatan penghalang ganda (*multi-barrier approach*). Dalam hal ini setiap fitur opsi penyimpanan, misalkan bentuk limbah tertentu, kontainer, pelapis fasilitas penyimpanan, formasi geologik di mana fasilitas ditempatkan, dan lain-lain, mencegah migrasi radionuklida dari suatu limbah ke biosfir. Dengan demikian, jika satu penghalang gagal untuk berperan seperti yang diharapkan, maka pelapis lain harus cukup menjamin keselamatan.

Terkait limbah radioaktif, Indonesia juga telah meratifikasi *Joint Convention on The Safety of Spent Fuel Management and on The Safety of Radioactive Waste Management* dengan peraturan Presiden Nomor 84 Tahun 2010 tentang Pengesahan *Joint Convention on The Safety of Spent Fuel Management and on The Safety of Radioactive Waste Management* (Konvensi Gabungan tentang Keselamatan Pengelolaan Bahan Bakar Nuklir Bekas dan tentang Keselamatan Pengelolaan Limbah Radioaktif. Adapun pokok-pokok yang diatur dalam konvensi ini di antaranya adalah sebagai berikut:

a. Persyaratan keselamatan umum.

   Negara pihak dari Konvensi wajib mengambil langkah-langkah tepat untuk memastikan bahwa setiap tahap pengelolaan bahan bakar nuklir bekas, individu, masyarakat, dan lingkungan hidup dilindungi secara memadai dari bahaya radiologik.

b. Penentuan tapak untuk fasilitas yang akan diusulkan.

Untuk mengusulkan sebuah fasilitas, negara pihak melakukan evaluasi seluruh faktor relevan terkait tapak, dampak keselamatan, dan berkonsultasi dengan negara-negara pihak lain yang berada dekat dengan fasilitas tersebut.

c. Desain dan konstruksi fasilitas.
   Negara pihak memastikan bahwa desain dan konstruksi suatu fasilitas pengelolaan bahan bakar nuklir bekas memberikan tindakan yang sesuai untuk membatasi kemungkinan dampak radiologik.

d. Penyimpanan bahan bakar nuklir bekas.
   Bahan bakar nuklir bekas yang akan dibuang harus memenuhi ketentuan mengenai penyimpanan limbah radioaktif.

e. Badan pengawas.
   Setiap negara pihak menetapkan atau menunjuk suatu badan pengawas yang dipercayai untuk melaksanakan kerangka perundangundangan dan pengaturan yang ada di dalam Konvensi ini.

f. Kesiapsiagaan terhadap keadaan darurat.
   Setiap negara pihak harus memastikan adanya rencana kedaruratan.

8. Pertanggungjawaban kerugian nuklir (*nuclear liability*)

Tujuan pertanggungjawaban kerugian nuklir berdasarkan *the Vienna Convention on Civil Liability for Nuclear Damage of May* 21, 1963 (*Vienna Convention*) adalah keinginan untuk menetapkan beberapa standar minimum untuk memberikan kepastian perlindungan finansial terhadap kerugian akibat penggunaan nuklir untuk tujuan damai. *Vienna Convention* ini kemudian diamandemen melalui *Protocol to Ammend the 1963 Vienna Convention on Civil Liability for Nuclear Damage* tahun 1997, dan dilengkapi dengan *Convention on Supplementary Compensation for Nuclear Damage* 1997. (Negara-negara OECD membentuk *Paris Convention and Brussels Convention on Nuclear liability* yang diamandemen melalui 2004 *Protocol to Amend the Paris Convention and the 2004 Protocol to Amend the Brussels Supplementary Convention*). Konvensi pertanggungjawaban kerugian nuklir tersebut di atas,

dikenal sebagai *International Regime of Nuclear Liability*, di mana negaranegara baik anggota IAEA ataupun The Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD) dapat menerapkan prinsip-prinsip pertanggungjawaban kerugian nuklir berdasarkan pada konvensi-konvensi tersebut di atas.

Definisi kerugian berdasarkan rezim *nuclear liability* adalah:[44]

(1) kehilangan nyawa atau cedera;

(2) kehilangan atau kerusakan properti (masing-masing ditentukan oleh hukum dan pengadilan yang kompeten);

(3) kerugian ekonomi yang timbul dari kerugian atau kerusakan sebagaimana dimaksud pada angka (1) atau (2), sepanjang tidak termasuk dalam sub-paragraf tersebut, jika terjadi oleh orang yang berhak mengajukan klaim atas kehilangan atau kerusakan tersebut;

(4) biaya pemulihan lingkungan[45] yang rusak kecuali jika kerusakan tersebut tidak signifikan;

(5) kehilangan pendapatan yang berasal dari kepentingan ekonomi yang digunakan atau hak menikmati lingkungan, terjadi sebagai akibat dari kerusakan lingkungan yang signifikan, dan sepanjang tidak termasuk dalam angka (2);

(6) biaya tindakan pencegahan dan kerugian serta kerusakan yang lebihlanjut akibat dari tindakan tersebut;

(7) kerugian ekonomi lainnya selain yang disebabkan oleh kerusakan lingkungan, apabila diatur oleh aturan umum dan hukum mengenai pertanggungjawaban sipil yang ditetapkan oleh pengadilan yang berkompeten.

---

[44] Carlton Stoiber and others, 'Handbook on Nuclear Law: Implementing Legislation' (2010) 106

[45] Principle 13 the Declaration of the Conference on Environment and Development held in Rio de Janeiro in 1992 calls on states to "cooperate in an expeditious and more determined manner to develop further international law regarding liability and compensation for adverse effects of environmental damage caused by activities within their jurisdiction or control to areas beyond their jurisdiction."

Convention on Supplementary Compensation for Nuclear Damage 1997 ini juga menentukan bahwa, pertanggungjawaban kerugian juga mencakup kerugian atau kerusakan yang timbul akibat dari paparan radiasi pengion yang dipancarkan oleh setiap sumber radiasi di dalam instalasi nuklir, atau yang dipancarkan dari bahan bakar nuklir atau zat radioaktif atau limbah radioaktif, atau dari bahan nuklir yang berasal dari, atau dikirim ke instalasi nuklir, baik itu timbul dari sifat radioaktif, atau kombinasi dari sifat radioaktif dengan sifat beracun, mudah meledak, atau sifat berbahaya lainnya.

Prinsip-prinsip yang mendasari pertanggungjawaban kerugian nuklir adalah sebagai berikut:

1) *Strict liability* (tanggung jawab mutlak)

   Strict liability yaitu pertanggungjawaban tanpa pembuktian kesalahan. Pertanggungjawaban ini diakibatkan karena kelalaian atau kesalahan pihak tergugat. Dengan pertanggungjawaban ini, maka untuk kecelakaan nuklir, pihak penggugat hanya harus membuktikan kausalitas bahwa kerugian yang dideritanya memang disebabkan oleh kecelakaan nuklir dari instalasi nuklir yang dioperasikan oleh tergugat. Dengan demikian, dalam pertanggungjawaban ini, penggugat tidak perlu membuktikan bagaimana instalasi nuklir telah dijalankan oleh tergugat, serta tidak perlu pula membuktikan bagaimana kecelakaan nuklir itu terjadi. Berdasarkan *Convention on Supplementary Compensation for Nuclear Damage* Pasal 1, negara peserta harus menerapkan hukum nasional sesuai dengan prinsip *strict liability* (pertanggungjawaban mutlak) ini dan memaksa pihak yang melakukan kesalahan untuk mengganti kerugian.[46]

   Pertanggungjawaban mutlak ini dikecualikan untuk kecelakaan yang terjadi karena:

[46] Convention on Supplementary Compensation for Nuclear Damage art. I(g), Sept. 12, 1997, 36 I.L.M. 1473.

a) "*gross negligence*" atau tindakan kesengajaan korban sendiri;

b) "*armed conflict, hostilities, civil war or insurrection*";[47]
Khusus untuk kejadian yang berupa perang, kerusuhan ataupun pemberontakan, atau tindakan yang melanggar hukum internasional yang mengakibatkan kecelakaan nuklir maka negara bertanggung jawab atas kerugian yang diderita baik oleh individu, masyarakat dan lingkungan dalam wilayah yurisdiksinya atau di luar wilayah yurisdiksinya,[48] dan

c) "*directly due to a grave natural disaster of an exceptional character*" yakni akibat langsung oleh bencana yang sangat besar dan karakter yang sangat berbeda.

Setelah kejadian Fukushima Daichi, negara anggota IAEA menyetujui the IAEA's *Action Plan on Nuclear Safety* pada tahun 2011, yang salah satunya adalah mendorong negara anggota untuk mempertimbangkan menjadi negara pihak pada instrumen konvensi pertanggungjawaban kerugian nuklir. Beberapa negara telah melakukan revisi atas perundang-undangan mengenai pertanggungjawaban atas kerugian nuklir. Contohnya Jepang, Pemerintah Jepang membebaskan tanggung jawab operator apabila kerugian diakibatkan oleh "*a grave natural disaster of an exceptional character*". Dalam setiap kejadian ditetapkan pertanggungjawaban yang tidak terbatas. Hal ini telah direviu oleh *Atomic Energy Commission's Special Committee on the Nuclear Damage Compensation System* pada tahun 2016 yang mengindikasikan

[47] States are responsible for violations of the rules of international law that can be attributed to them. As a matter of customary law, reaffirmed by the UN International Law Commission, breach of an international obligation gives rise to an independent and automatic duty to cease the wrongful act and to make reparation. G.A. Res. 56/83, Annex art. 1-2, U.N. Doc. A/RES/56/83 (Dec. 12, 2001).

[48] According to Article 46 of the articles of the International Law Commission, "[w]here several States are injured by the same internationally wrongful act, each injured State may separately invoke the responsibility of the State which has committed the internationally wrongful act." G.A. Res. 56/83, Annex art. 1-2, U.N. Doc. A/RES/56/83 (Dec. 12, 2001).

bahwa pertanggungjawaban atas kerugian nuklir yang diakibatkan oleh bencana alam merupakan tanggung jawab baik pemerintah maupun operator nuklir.[49]

2) *Channelling liability to the operator*

Pihak yang bertanggung jawab secara ekslusif atas kerugian nuklir adalah operator instalasi nuklir. "Operator" didefinisikan sebagai "perorangan yang ditunjuk atau diakui oleh lembaga publik yang berwenang sebagai operator instalasi". [50] Pihak lain yang melakukan aktivitas nuklir tidak dapat diminta pertanggungjawaban. Hal ini untuk memfokuskan pada pertanggungjawaban yang dilandasi pada dua hal, yaitu untuk:

1. menghindari kompleksnya prosedur hukum dalam mengidentifikasikan pihak yang bertanggung jawab,
2. lebih memfokuskan pada kapasitas pertanggungan (asuransi)[53]. Pihak lain dapat terlibat, misalnya pemasok bahan nuklir apabila kerusakan terjadi akibat tindakan atau kelalaian yang dilakukan dengan maksud untuk menyebabkan kerusakan atau apabila hal tersebut diatur

[49] World Nuclear Association, Liability for Nuclear Damage, 2017, http://www.worldnuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/liability-for-nuclear-damage.aspx. Beberapa negara juga merevisipertanggung jawaban kerugian nuklir, seperti Section 17 of The Civil Liability for Nuclear Damage Act (2010). Civil Liability for Nuclear Damages Act, 2010 (n 37); The Civil Liability For Nuclear Damage Rules, 2011 (n 52). Operator's right of recourse: The operator of the nuclear installation, after paying the compensation for nuclear damage in accordance with section 6, shall have a right of recourse where-(a) such right is expressly provided for in a contract in writing;(b) the nuclear incident has resulted as a consequence of an act of supplier or his employee, which includes supply of equipment or material with patent or latent defectsor sub-standard services; (c) the nuclear incident has resulted from the act of commission or omission of an individual done with the intent to cause nuclear damage. Raphael J. Heffron, Stephen F. Ashley, William J. Nuttall, *The global nuclearliability regime post Fukushima Daiichi*, Progress in Nuclear Energy 90 (2016) 1- 10.

[50] Article I (a) (vi), the Paris Convention

[52] .

[53] Point 18, the expose´ des motifs of the Paris Convention

[54]Article IV (2), the Vienna Convention

dalam kontrak[54]. Bagi operator nuklir yang dioperasikan oleh pemerintah, maka pertanggungjawaban dibebankan pada pemerintah.

3) *Limitation of liability in amount*

Rezim pertanggungjawaban kerugian nuklir mengizinkan setiap negara mengatur mengenai batas jumlah finansial yang wajib diberikan pada korban kerugian nuklir. Pasal 4 Peraturan Presiden Nomor 74 Tahun 2012 tentang Pertanggungjawaban Kerugian Nuklir, menetapkan pertanggungjawaban kerugian nuklir paling banyak Rp. 4.000.000.000.000,- (empat triliun rupiah) untuk setiap kecelakaan

nuklir. Dalam perspektif ekonomi ganti kerugian disebut dengan perfect *compensation* ketika pembayaran sejumlah uang yang diberikan kepada korban dapat memberi manfaat bagi korban untuk bisa kembali pada kondisi normal sebelum terjadinya kerugian (keadaan *ex ante*). Namun demikian, sistem kompensansi juga harus mengutamakan prinsip keadilan. Di satu sisi pembayaran kompensasi haruslah dilakukan hanya oleh mereka yang berkontribusi atas timbulnya kerugian. Di sisi lain, tingkat pembayaran yang dikeluarkan oleh pelaku (*injurer*) harus seimbang dengan tingkat kontribusi pelaku terhadap timbulnya kerugian.

4) *Limitation of liability in time*

Batas waktu pengajuan klaim ganti rugi dapat dilakukan dalam jangka 30 tahun bagi kerugian individu, dan dalam jangka 10 tahun pada kejadian kerugian lainnya.

5) *Insurance or other financial security*

Rezim pertanggungjawaban kerugian nuklir menganut prinsip kesesuaian (*the congruence principle*) yang dapat diaplikasikan pada syarat pendirian dan pengoperasian instalasi nuklir oleh operator. Setiap operator wajib membuktikan jaminan keuangan sebesar 300 juta USD berdasarkan revisi *Vienna Convention* dan 700 juta Euro berdasarkan

revisi *Paris Convention*. Apabila kerugian melebihi besaran yang diterapkan, negara dapat menyediakan *public fund*[51].

6) Prinsip Non-diskriminasi

Pertanggungjawaban kerugian nuklir diberikan pada setiap korban tanpa melihat kewarganegaraan, domisili, atau residensi. Hal ini dapat diterapkan pada kerugian nuklir yang diakibatkan oleh *transboundary radioactive dust.*[52]

7) *Jurisdiction*

Yurisdiksi adalah wilayah di bawah kewenangan pengadilan negara di mana insiden tersebut terjadi.

8) *Applicable law*

Prinsip ini menegaskan bahwa hukum yang berlaku adalah hukum negara di mana kejadian nuklir itu terjadi.

Beberapa hal terkait pertanggungjawaban kerugian nuklir diuraikan untuk beberapa kejadian berikut ini:

a) Pertanggungjawaban atas kerugian nuklir pada pengangkutan nuklir.

Pada dasarnya pertanggungjawaban kerugian nuklir pada pengangkutan nuklir telah jelas dibebankan pada operator nuklir baik operator nuklir yang mengirimkan dan yang menerima bahan nuklir, baik itu diperjanjikan melalui kontrak pengiriman maupun tidak diperjanjikan dalam kontrak pengiriman. Akan tetapi Peraturan Presiden Nomor 74 Tahun 2012 tentang Pertanggungjawaban Kerugian Nuklir mengatur bahwa: "Dalam hal terjadi kecelakaan nuklir selama pengangkutan bahan bakar nuklir atau bahan bakar nuklir bekas, tanggung jawab atas kerugian nuklir dibebankan kepada pengusaha instalasi nuklir pengirim". Pertanggungjawaban kerugian nuklir dapat

[51] Public fund ditetapkan melalui beberapa tahap kompensasi kerugian nuklir.

[52] Mohit Abraham, Nuclear Liability: A Key Component of the Public Policy Decision to Deploy Nuclear Energy in Southeast Asia (Cambridge, Mass.: American Academy of Arts and Sciences, 2014).

dialihkan oleh pengusaha instalasi nuklir pengirim kepada pengusaha instalasi nuklir penerima atau pengusaha pengangkutan jika secara tertulis telah diperjanjikan.

b) Sistem kompensasi berlapis sebagai sistem yang ideal

1) Lapis pertama kompensasi: tanggung jawab perdata dan asuransi tanggung jawab.

Pada tahun 1993, European Commission mengeluarkan "*Green Paper on Remedying Environmental Damage*" yang berisi arahan tentang sistem kompensasi bagi pencemaran lingkungan. Menurut *Green Paper*, lapis pertama dari sistem kompensasi yang harus bekerja ketika terjadi pencemaran adalah pertanggungjawaban perdata, baik berdasarkan perbuatan melawan hukum maupun berdasarkan tanggung jawab mutlak (*strict liability*). Tanggung jawab mutlak ini muncul untuk memperbesar perlindungan bagi para korban, karena *injurer* akan bertanggung jawab atas kerugian yang terjadi, tanpa melihat apakah kerugian ini merupakan hasil dari perbuatan yang melanggar hukum atau tidak. Lapis pertama kompensasi ini harus disertai pula dengan kewajiban asuransi pertanggungjawaban (*liability insurance*) guna menghindari terjadinya *insolvency*, yaitu tidak cukupnya asset pelaku (*injurer*) untuk membayar kompensasi. Pencegahan *insolvency* tidak hanya dapat dilakukan melalui asuransi tanggung jawab, tetapi juga melalui jaminan keuangan lainnya. Dalam hal ini, seperti tercantum dalam RUU lingkungan Flemish, jaminan keuangan bisa berupa: asuransi pertanggungjawaban, garansi yang disediakan oleh lembaga keuangan, bentuk jaminan keuangan personal, dan deposito yang disimpan dalam akun khusus sebagai dana jaminan.[53]

2) Lapis kedua kompensasi: asuransi kerugian

[53] M. Faure, 2004, "Alternative Compensation Mechanisms as Remedies for Uninsurability of Liability", The Geneva Papers on Risk and Insurance, Vol. 29, No. 3,hal. 475-476.

Dalam asuransi kerugian lingkungan, penanggung jawab kegiatan/usaha mengasuransikan tempat atau risiko dari kegiatan/usahanya. Berbeda dengan asuransi pertanggungjawaban, dalam sistem asuransi kerugian lingkungan, pembayaran kompensasi dari pihak asuransi dipicu oleh munculnya kerugian, dan bukan oleh adanya pertanggungjawaban perdata dari pihak tertanggung (dalam hal ini penanggung jawab usaha/kegiatan). Di samping itu, kompensasi diberikan tidak hanya kepada pihak tertanggung, tetapi juga kepada pihak ketiga yang mengalami kerugian dari kegiatan/usaha pihak tertanggung. Asuransi kerugian lingkungan dengan demikian merupakan pergeseran dari sistem asuransi pihak ketiga (*third party insurance*) ke arah asuransi pihak pertama (*first party insurance*). Asuransi kerugian lingkungan dapat dibedakan dengan asuransi pihak pertama. Perbedaan tersebut adalah apabila dalam asuransi pihak pertama premi asuransi dibayarkan oleh calon korban, dalam asuransi kerugian lingkungan premi dibayar oleh para calon pelaku (*injurer*).

3) Lapis ketiga kompensasi: dana kompensasi

Apabila pertanggungjawaban perdata tidak bisa berjalan, misalnya karena pencemar tidak diketahui, *Green Paper* mengusulkan diberlakukannya kompensasi bersama atau dana kompensasi (*compensation funds*) sebagai lapis terakhir dari sistem kompensasi.

Beberapa jenis dana kompensasi yang telah dikemukakan oleh beberapa penulis dan telah berlaku di beberapa negara adalah sebagai berikut:

a) *Guarantee Funds*

Dana ini digunakan ketika pencemar tidak memiliki cukup dana untuk membayar kompensasi. Hal ini misalnya terlihat dalam sistem yang dikembangkan melalui *International Oil Pollution Compensation Fund*. Penggunaan dana kompensasi ini harus didahului oleh adanya

tanggung jawab perdata dari pencemar yang kemudian ternyata tidak mampu memenuhi tanggung jawab tersebut.

b) *Complementary and Autonomous Compensation Funds*

Dana kompensasi dapat pula berupa pelengkap dari pertanggungjawaban perdata atau berupa dana yang independen terhadap pertanggungjawaban perdata. Dana kompensasi bersifat pelengkap apabila ia hanya dapat digunakan pada kasus di mana para korban gagal memperoleh kompensasi melalui sistem pertanggungjawaban perdata. Kegagalan ini biasanya muncul ketika pencemar dapat memberikan "alasan yang valid", yang dapat membebaskannya dari pertanggungjawaban perdata. Sistem ini dapat pula kita lihat di dalam *International Oil Pollution Compensation Fund*. Dengan demikian, dana kompensasi yang bersifat pelengkap juga harus didahului oleh proses peradilan perdata. Sedangkan dana kompensasi bersifat independen dari pertanggungjawaban perdata apabila ia dapat digunakan tanpa memperhatikan apakah pihak korban dapat menggunakan peradilan perdata atau tidak. Dana ini digunakan terutama untuk kerugian/pencemaran yang terjadi tanpa diketahui pihak penyebabnya, atau yang terjadi karena adanya *force majeure*.

c) *Limitation*

Dana kompensasi ini digunakan bukan untuk melindungi korban, tetapi justru untuk melindungi para pelaku/pencemar. Menurut sistem ini, pihak pelaku hanya akan bertanggung jawab sebesar dana yang dikumpulkannya di dalam *fund*.

d) *Advancement Fund*

Dana ini adalah pembayaran di muka (sebelum terjadinya kerugian) oleh calon pelaku/pencemar kepada calon korban. Dana

jenis ini muncul untuk kasus-kasus yang menyebabkan kematian, di mana waktu antara terjadinya kerugian/pencemaran dengan kematian korban berlangsung singkat. Untuk kasus seperti ini, pertanggungjawaban perdata tidak akan efektif untuk melindungi korban, karena apabila proses pengadilan digunakan untuk mengganti kerugian korban, maka korban tersebut hanya akan menerima ganti kerugian setelah kematiannya (*post mortem*).

e) *General Compensation Systems*

Di negara maju, sistem keamanan sosial dapat pula digunakan sebagai cara untuk memperoleh kompensasi. Kompensasi yang dapat diperoleh dengan melalui sistem keamanan sosial terkait dengan kerugian karena penyakit, cacat, kecelakaan kerja, atau hilangnya pekerjaan. Meskipun korban dapat memperoleh kompensasi secara langsung, tanpa perlu didahului adanya pembuktian tentang penyebab kerugiannya, kompensasi berdasarkan sistem keamanan sosial biasanya hanya mampu menyediakan kompensasi dalam jumlah yang terbatas.

f) *Direct Compensation by the State*

Dana kompensasi ini merupakan penggunaan dana publik oleh negara untuk membiayai kompensasi. Sama seperti dalam sistem keamanan sosial, kompensasi langsung oleh negara juga diberikan kepada korban tanpa perlu didahului adanya proses peradilan untuk memutuskan siapa yang harus bertanggung jawab atas kerugian yang diderita oleh korban. Namun demikian, sama juga seperti dalam sistem keamanan sosial, kompensasi langsung oleh negara juga memiliki jumlah yang terbatas.

9. Pengangkutan Zat Radioaktif

a. Perjanjian internasional

Selain *The Model Regulations*, IAEA juga mengembangkan beberapa perjanjian internasional (*international treaties*) yang di dalamnya mengatur juga mengenai pengangkutan zat radioaktif, seperti *Joint Convention on The Safety of Spent Fuel Management and on The Safety of Radioactive Waste Management.* Konvensi ini telah ditandatangani oleh Indonesia pada tanggal 6 Oktober 1997 dan diratifikasi oleh Pemerintah Indonesia pada tanggal 1 April 2011. Dalam konvensi ini terdapat pengaturan mengenai pengangkutan, yaitu dalam Pasal 27 mengenai perpindahan lintas batas negara yang mengatur terkait hal-hal yang harus dilakukan tiap negara anggota untuk menjamin agar perpindahan tersebut dilakukan dengan cara yang sesuai dengan ketentuan-ketentuan dalam konvensi tersebut dan instrumen internasional terkait.

b. Standar internasional

Dalam *Safety Fundamental* yang diterbitkan IAEA terdapat beberapa prinsip-prinsip yang perlu diterapkan demi keselamatan dalam pemanfaatan ketenaganukliran. Prinsip 1 dalam *Safety Fundamental* adalah tanggung jawab dalam keselamatan yang menekankan bahwa orang atau organisasi yang bertanggung jawab atas fasilitas maupun aktivitas yang dapat menimbulkan peningkatan resiko radiasi ataupun yang melaksanakan suatu kegiatan untuk menurunkan paparan radiasi, memiliki tanggung jawab utama untuk keselamatan. Pengangkutan termasuk salah satu bentuk dari aktivitas yang dapat menimbulkan peningkatan resiko radiasi.

c. Pengaturan pengangkutan zat radioaktif di negara lain

Beberapa contoh pengaturan pengangkutan di negara lain diuraikan sebagai berikut:

1) Australia

Saat ini, Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) tidak ada di Australia dan bahkan Australia memiliki legislasi yang mencegah PLTN untuk dikonstruksi dan dioperasikan. Meskipun demikian, Australia memiliki *The Nuclear Non-Proliferation (Safeguards) Act 1987* yang merupakan dasar sistem *safeguards* di Australia. Undang-undang tersebut mengatur

kepemilikan, pengangkutan, dan komunikasi terkait bahan nuklir, dan bahan terkait lainnya, fasilitas, peralatan, dan teknologi. Undang-undang ini juga mengatur proteksi fisik bahan nuklir dan fasilitas.[54] Salah satu kewajiban Pemegang izin adalah menjamin bahwa setiap tindakan dan hal-hal terkait dengan fasilitas telah sesuai dengan *The Code of Practice for the Safe Transport of Radioactive Substances.*[55] *The Code of Practice for the Safe Transport of Radioactive Material* tersebut mengadopsi *IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material as revised (TS-R-1).*[56] Untuk pengangkutan di dalam Australia, *the Safeguards Act* mempersyaratkan kondisi yang dapat terlampir pada suatu izin (*permit*) untuk memiliki bahan nuklir dan dimungkinkan adanya prosedur yang harus diikuti jika bahan tersebut akan diangkut dari satu lokasi ke lokasi lain.[57] Australia juga memiliki pengaturan pengangkutan berdasarkan moda pengangkutan yang digunakan.

2) Perancis

Perancis juga membedakan regulasi keselamatan pengangkutan untuk penggunaan sipil dan regulasi untuk proteksi fisik pengangkutan sensitif. Untuk penggunaan sipil, pengaturan dilakukan oleh *the French Nuclear Safety Authority (ASN),* sedangkan untuk pengangkutan sensitif menjadi tanggung jawab *Senior Official for Defence and Safety for the Ministry of Energy.*[61]

B. Kajian terhadap Asas/Prinsip

Asas yang digunakan pada pembentukan RUUK meliputi:

[54] Nuclear Legislation in OECD and NEA Countries: Regulatory and Institutional Framework for Nuclear Activities, OECD, 2008, 3

[55] Nuclear Legislation in OECD and NEA Countries: Regulatory and Institutional Framework for Nuclear Activities, OECD, 2008, 8

[56] Nuclear Legislation in OECD and NEA Countries: Regulatory and Institutional Framework for Nuclear Activities, OECD, 2008, 20

[57] IRSN Booklet on Transport of Radioactive Materials: Radioactive Materials Transport Present Particular Hazards as They Concern Public Highway, 2010, 17

a. partisipatif
b. kesejahteraan
c. pembangunan yang berkelanjutan;
d. keselamatan;
e. keamanan;
f. akuntabilitas; dan
g. independensi pengawasan.

Uraian mengenai setiap asas tersebut adalah sebagai berikut:

1. Asas Partisipatif (*Public Participation Principle*)

Asas partisipatif adalah asas yang memberikan kesempatan kepada masyarakat untuk terlibat dalam memberikan kontribusi pada suatu kegiatan atau kebijakan. Oleh karena itu, negara harus memberi ruang bagi masyarakat khususnya masyarakat dan lingkungan hidup yang berpotensi terdampak untuk memperoleh informasi yang relevan dalam setiap penyelenggaraan ketenaganukliran. Partisipasi masyarakat dapat dilakukan dalam hal berkaitan dengan pembangunan industri nuklir yang meliputi pemberian informasi berkaitan dengan rencana, konstruksi, operasi, serta dampak potensial yang ditimbulkan. Hal ini sangat penting bagi masyarakat dan lingkungan sekitar sehingga dapat mengetahui potensi dampak yang terjadi serta langkah-langkah pencegahan dan mitigasinya. Di sisi lain masyarakat juga dapat memberikan masukan terhadap rencana tersebut. Oleh karena itu, asas partisipatif perlu dijadikan dasar dalam pengaturan ketenaganukliran yang baru.

Dalam hal ketenaganukliran maka asas partisipatif dilakukan dengan melibatkan semua pihak berkepentingan, semua potensi nasional, daerah, dan pelaku usaha dalam penyelenggaraan kegiatan dan fasilitas ketenaganukliran. Keterlibatan ini harus proporsional sesuai dengan tugas, fungsi, dan kewenangan masing-masing pihak.

2. Asas Kesejahteraan (*Prosperity*)

Asas kesejahteraan adalah kondisi terpenuhinya kebutuhan material, spiritual, dan sosial warga negara agar dapat hidup layak dan mampu mengembangkan diri sehingga dapat melaksanakan fungsi kemasyarakatan.

Kegiatan dan fasilitas ketenaganukliran wajib dikembangkan untuk tujuan kesejahteraan. Pemanfaatan ketenaganukliran merupakan salah satu sarana bagi Pemerintah untuk mencapai kesejahteraan tersebut. Karena ketenaganukliran dapat dimanfaatkan untuk penyediaan energi, sarana kesehatan, ketersediaan pangan, dan dukungan pada industri. Oleh karena itu, asas kesejahteraan perlu untuk dimasukkan dalam pengaturan ketenaganukliran yang baru.

3. Asas Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development*)

Asas pembangunan berkelanjutan adalah prinsip pemenuhan kebutuhan saat ini tanpa mengorbankan kebutuhan generasi masa depan. Sehingga setiap penyelenggaraan ketenaganukliran harus memperhatikan kepentingan pembangunan nasional saat ini demi kelangsungan generasi masa depan.

Dalam pembangunan keberlanjutan, ketenaganukliran akan memperhatikan perencanaan pemanfaatan ketenaganukliran dalam jangka panjang seperti ketersediaan bahan bakar nuklir, tanpa mengabaikan akumulasi dampak dalam jangka tersebut seperti akumulasi limbah, akumulasi beban lingkungan, penuaan (*ageing*) komponen, dan lain-lain. Limbah radioaktif harus dikelola sedemikian rupa untuk menghindari beban yang tidak semestinya pada generasi mendatang. Oleh karena itu asas pembangunan berkelanjutan perlu menjadi dasar dalam pengaturan ketenaganukliran yang baru.

4. Asas Keselamatan (*Safety*)

Keselamatan merupakan suatu keadaan terbebas dan terhindar dari bahaya, bencana, gangguan, dan kerusakan yang dapat mengancam keberlangsungan kehidupan maupun harta benda seseorang serta

lingkungan.[58] Merujuk pada pengertian dimaksud, dalam kaitannya dengan penyelenggaraan ketenaganukliran, maka keselamatan merupakan suatu kondisi yang harus terjadi atau prasyarat yang harus terpenuhi dalam pelaksanaan kegiatan pemanfaatan ketenaganukliran. Dengan demikian, asas keselamatan dimaknai sebagai melakukan segala upaya untuk melindungi dan menghindarkan pekerja, masyarakat, serta lingkungan hidup dari dampak negatif radiasi pengion.

Aspek atau prinsip utama dalam asas keselamatan dirinci dalam tiga prinsip yaitu prinsip pencegahan, prinsip perlindungan, dan prinsip kehatihatian. Prinsip pencegahan (*prevention principle*) bertujuan agar pemanfaatan energi nuklir dan radiasi pengion harus memegang prinsip untuk meminimalkan dampak negatif radiasi pengion. Prinsip perlindungan (*protection principle*) mensyaratkan ketika risiko negatif kegiatan pemanfaatan lebih tinggi daripada keuntungan yang diterima maka prioritas akan lebih diutamakan untuk melindungi kesehatan, keselamatan, keamanan, dan lingkungan masyarakat. Prinsip kehati-hatian (*precautionary principle*) mewajibkan untuk selalu mengambil langkah-langkah atau tindakan untuk mencegah bahaya yang dapat diperkirakan sebelumnya. Oleh karena itu asas keselamatan perlu untuk menjadi dasar dalam pembentukan pengaturan ketenaganukliran yang baru.

5. Asas Keamanan (*Security*)

Asas keamanan dalam terminologi kamus memiliki kesamaan makna dengan keselamatan yang dapat diartikan sebagai suatu keadaan yang terbebas dari bahaya dan gangguan. Dalam kaitannya dengan penyelenggaraan ketenaganukliran, jika keselamatan berkaitan dengan menghindarkan dari dampak radiasi pengion yang muncul pada saat pemanfaatan, maka keamanan lebih erat kaitannya dengan upaya mencegah ancaman hilangnya bahan nuklir atau zat radioaktif dan tindakan sabotase terhadap fasilitas yang dapat berimbas pada pelanggaran keselamatan.

[58] KBBI daring Kemendikbud, diakses pada tanggal 17 September 2020.

Bahan nuklir dan zat radioaktif apabila tidak terjamin keamanannya akan menimbulkan risiko bagi individu, masyarakat, dan lingkungan hidup. Sumber radioaktif hilang atau ditinggalkan dapat menyebabkan dampak kesehatan bagi orang yang tidak menyadari bahaya yang ditimbulkan dari sumber radioaktif tersebut. Begitupun dengan kepemilikan sumber radioaktif oleh kelompok teroris atau kriminal yang mampu memproduksi perangkat dispersi radiasi sehingga dapat digunakan untuk melakukan tindakan kejahatan. Oleh karena itu asas keamanan perlu untuk menjadi dasar dalam pembentukan pengaturan ketenaganukliran yang baru.

6. Asas Akuntabilitas

Asas akuntabilitas adalah kewajiban untuk memberikan pertanggungjawaban atau menjawab dan menerangkan kinerja dan tindakan seseorang, badan hukum dan pimpinan organisasi kepada pihak yang memiliki hak atau berkewenangan untuk meminta keterangan atau pertanggungjawaban.[63] Akuntabilitas merupakan mekanisme *check and balance* dari setiap kebijakan yang dilaksanakan oleh pemerintah. Prinsip ini merupakan kewajiban yang harus ditunaikan oleh lembaga pemerintah sebagai pertanggungjawaban kepada publik yang menjadi pemangku kepentingan (*stakeholder*).

Berkaitan dengan penyelenggaraan ketenaganukliran, Badan Pelaksana dan Badan Pengawas harus dapat memberi laporan pertanggungjawaban kepada publik mengenai kegiatan yang memang layak untuk diinformasikan dan dipertanggungjawabkan serta mampu memberi ruang bagi masyarakat dan pemerintah untuk bertanya dan kemudian memberi tanggapan atas pertanyaan tersebut. Hal ini tidak terlepas dari penggunaan dan pembiayaan penyelenggaraan ketenaganukliran yang berasal dari masyarakat sehingga badan tersebut harus dapat memberi pertanggungjawaban. Oleh karena itu asas akuntabilitas perlu untuk menjadi dasar dalam pembentukan pengaturan ketenaganukliran yang baru.

7. Asas Independensi Pengawasan

Asas ini mengandung dua unsur yakni indenpendensi dan pengawasan. Independensi atau independen sebagaimana disebut dalam KBBI memiliki makna yaitu merdeka dan bebas. Kemerdekaan dan kebebasan ini umumnya dikaitkan dengan penyelenggaran organisasi artinya suatu organisasi

63

memiliki kemandirian dan kebebasan dalam menyelenggarakan fungsi, tugas dan kewenangan serta dalam mengambil keputusan. Adapun pengawasan bermakna penilikan atau penjagaan dalam penyelenggaraan kegiatan.

Dalam konteks ketenaganukliran, pengawasan memiliki bentuk yakni untuk (1) mengembangkan dan memberlakukan peraturan yang tepat dan komprehensif; (2) memberikan izin atas kegiatan dan fasilitas ketenaganukliran dan (3) memverifikasi kepatuhan dengan peraturan tersebut serta menegakkan peraturan yang ditetapkan dengan memberlakukan tindakan korektif yang sesuai dalam hal terjadi penyimpangan dari kondisi izin, malpraktek, atau hal yang sejenis.

Alasan utama untuk independensi dalam pengawasan adalah untuk memastikan bahwa keputusan pengawasan dapat dibuat dan tindakan penegakan hukum diambil tanpa tekanan dari kepentingan yang mungkin bertentangan dengan upaya mewujudkan keselamatan dan keamanan. Untuk memastikan independensi dalam menjalankan fungsi-fungsi pengawasan dasar tersebut, harus ada pemisahan yang tegas antara fungsi pengawasan dan fungsi penyelenggaraan atau pemanfaatan ketenaganukliran. Oleh karena itu asas independensi pengawasan perlu menjadi dasar dalam pembentukan pengaturan ketenaganukliran yang baru.

C. Permasalahan yang Dihadapi Masyarakat Berkaitan dengan Pengaturan Ketenaganukliran

Pemutakhiran Naskah Akademik Rancangan Undang-Undang Ketenaganukliran memiliki tujuan untuk memberi kontribusi pada Rancangan UUK, dalam menghadapi permasalahan di kehidupan berbangsa,

bernegara, dan bermasyarakat berkaitan dengan pengaturan ketenaganukliran yang ada.

Dalam UUK terdapat pengaturan yang perlu dilakukan penyempurnaan, mulai dari batasan pengertian yang harus disesuaikan dengan perkembangan terkini, hingga struktur pengaturan yang harus mampu memenuhi kebutuhan pengaturan masyarakat akan pemanfaatan tenaga nuklir.

Pada bagian definisi UUK ini, terdapat beberapa definisi yang saat ini dianggap kurang tepat seperti definisi pemanfaatan, zat radioaktif, instalasi nuklir, reaktor nuklir, dekomisioning yang dalam pelaksanaannya sangat terbatas, sehingga tidak dapat digunakan untuk kegiatan yang lebih luas. Pemanfaatan didefinisikan sebagai kegiatan yang berkaitan dengan tenaga nuklir yang meliputi penelitian, pengembangan, penambangan, pembuatan, produksi, pengangkutan, penyimpanan, pengalihan, ekspor, impor, penggunaan, dekomisioning, dan pengelolaan limbah radioaktif dengan tujuan untuk meningkatkan kesejahteraan rakyat, tetapi definisi tersebut mempunyai keterbatasan pengertian yang secara umum mempunyai makna hanya terbatas pada kegiatan memanfaatkan secara aktif pada semua kegiatan tersebut, sedangkan dalam konteks pengaturan terhadap obyek tenaga nuklir diperlukan pengaturan terkait penguasaan obyek tenaga nuklir dalam konteks “tidak dimanfaatkan”.

Definisi zat radioaktif dalam UUK adalah setiap zat yang memancarkan radiasi pengion dengan aktivitas jenis lebih besar daripada 70 kBq/kg (2 nCi/g), batasan pengertian ini perlu disesuaikan dengan perkembangan ilmu pengetahuan atau batasan pengertian secara internasional.

UUK mendefinisikan instalasi nuklir dari jenisnya saja. Instalasi nuklir didefinisikan sebagai reaktor nuklir, fasilitas yang digunakan untuk pemurnian, konversi, pengayaan bahan nuklir, fabrikasi bahan bakar nuklir dan/atau pengolahan ulang bahan bakar nuklir bekas, dan/atau fasilitas yang digunakan untuk menyimpan bahan bakar nuklir dan bahan bakar nuklir bekas. Saat ini instalasi nuklir dengan jenis instalasi radiometalurgi

BRIN yang sudah memperoleh izin dari BAPETEN belum secara tegas termasuk dalam definisi instalasi nuklir sebagaimana tertuang dalam UUK. Oleh karena itu, definisi instalasi nuklir perlu diubah agar mencakup instalasi atau fasilitas nuklir yang semakin berkembang. Pada saat ini instalasi tersebut dapat dikategorikan sebagai instalasi nuklir.

Demikian juga untuk definisi dekomisioning hanya berlaku untuk reaktor nuklir. Untuk instalasi nuklir lain yang disebut instalasi nuklir nonreaktor (INNR) yang juga memerlukan dekomisioning tidak tercakup dalam definisi ini. Sementara itu, pelaksanaan dekomisioning untuk instalasi nuklir nonreaktor digunakan definisi dekomisioning INNR dalam Peraturan Pemerintah Nomor 54 Tahun 2012 tentang Keselamatan dan Keamanan Instalasi Nuklir dan peraturan pelaksanaannya agar tidak bertentangan dengan UUK. Di samping itu untuk instalasi radiometalurgi dalam Peraturan Pemerintah Nomor 54 Tahun 2012 tentang Keselamatan dan Keamanan Instalasi Nuklir dan Peraturan pelaksanaannya dianggap sebagai bagian dari instalasi fabrikasi bahan bakar nuklir yang sebenarnya proses pasca pengujian bahan bakar tidak menjadi bagian dari proses pada instalasi fabrikasi tersebut.

UUK mengatur secara khusus mengenai pengusahaan dalam Bab IV. Dalam penjelasannya dinyatakan bahwa pengusahaan dalam undangundang ini pada umumnya adalah kegiatan usaha yang bersifat komersial. Disebut ‘pada umumnya’ karena Bab IV mengenai pengusahaan ini juga mengatur kegiatan usaha yang bersifat nonkomersial. Artinya, dalam istilah “pengusahaan” yang digunakan dalam UUK ini mengacu baik kepada segala kegiatan usaha baik yang bersifat komersial maupun nonkomersial.

Pasal 9 UUK mengatur mengenai penyelidikan umum, eksplorasi, dan eksploitasi bahan galian nuklir dilaksanakan oleh BATAN sebagai badan pelaksana dan BATAN dapat bekerja sama dengan BUMN, koperasi, badan swasta, dan/atau badan lain baik pemerintah asing atau badan swasta asing. Adapun bentuk kerja sama diatur oleh Pemerintah.

Untuk menghindari hubungan yang demikian negara dapat membentuk atau menunjuk BUMN yang diberikan konsesi untuk mengelola bahan galian nuklir di wilayah hukum pertambangan Indonesia atau di wilayah kerja, sehingga BUMN tersebut yang melakukan kerja sama dengan badan usaha atau bentuk usaha tetap, sehingga hubungannya tidak lagi antara negara dengan badan usaha atau bentuk usaha tetap, tetapi antara badan usaha dengan badan usaha atau bentuk usaha tetap.

Fungsi pengawasan menurut UUK dilaksanakan oleh badan pengawas, yang bertindak sebagai regulator mengawasi pelaksanaan pemanfaatan tenaga nuklir. Dalam UUK, penegakan hukum tidak dimasukkan sebagai kewenangan badan pengawas, karena penegakan hukum atas pelanggaran peraturan ketenaganukliran tetap dilakukan menurut peraturan yang berlaku pada umumnya, yaitu oleh kepolisian dan kejaksaan sesuai Kitab Undang-Undang Hukum Acara Pidana (KUHAP). Karena sifat yang khas dari tenaga nuklir, perlu dipertimbangkan diperluasnya kewenangan BAPETEN sebagai badan pengawas untuk bisa bertindak sebagai Penyidik Pegawai Negeri Sipil (PPNS), seperti halnya Pengawas Keselamatan Tenaga Kerja, Pengawas Keselamatan Tambang, Pengawas Lingkungan Hidup, dan lain lain.

Dalam pelaksanaan kegiatan penegakan hukum ketenaganukliran, BAPETEN berkoordinasi dengan Kepolisian Republik Indonesia (POLRI), yang mana dari pengalaman tersebut dirasakan adanya kebutuhan akan personel PPNS dikarenakan keterbatasan pengetahuan teknis ketenaganukliran dari pihak POLRI dan risiko radiasi atas objek pemanfaatannya.

Selain pengaturan tersebut di atas, ketentuan pidana yang diatur dalam UUK hanya terbatas pada pelanggaran terhadap masalah perizinan baik izin yang terkait kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir, izin untuk petugas instalasi nuklir dan fasilitas radiasi, dan pengelolaan limbah radioaktif. Ketentuan pidana belum mencakup kejahatan terhadap ketentuan keselamatan dan keamanan. Perbuatan yang dikriminalisasi terkait keamanan nuklir merupakan bagian yang sangat signifikan dan perlu diatur dengan suatu undang-undang, walaupun saat ini dapat dilaksanakan dengan Kitab

Undang-Undang Hukum Pidana (KUHP). Pelanggaran terhadap ketentuan terkait nuklir mempunyai potensi bahaya yang cukup signifikan bagi masyarakat, pekerja, dan dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan hidup. Dengan demikian, perlu dipertimbangkan kekhususan dalam pengaturan ketentuan pidana atau sanksi pidana dibandingkan pelanggaran lain yang tidak terkait nuklir.

Beberapa perbuatan terkait keamanan nuklir yang perlu pengaturan khusus antara lain perbuatan:

1. merusak atau melakukan sabotase fasilitas nuklir, instalasi nuklir, fasilitas radiasi, dan pengangkutan zat radioaktif/bahan nuklir;
2. meminta dengan paksa bahan nuklir, zat radioaktif, senjata nuklir atau senjata radiologi, atau fasilitas nuklir;
3. memproduksi, memiliki, menyimpan, menggunakan, mentransfer, mengangkut, melakukan ekspor atau impor, dan melaksanakan penelitian dan pengembangan bahan nuklir, dan zat radioaktif secara tidak sah;
4. memiliki, menyimpan, menggunakan, membuat, mentransfer, mengangkut, menguasai, menguji coba, menggelarkan, dan melakukan penelitian dan pengembangan yang terkait dengan senjata nuklir atau senjata radiologi;
5. merencanakan atau melakukan penelitian dan pengembangan yang terkait dengan daur bahan bakar nuklir secara tidak sah;
6. memproduksi, memiliki, menyimpan, menggunakan, dan mentransfer peralatan dan bahan nonnuklir yang terkait daur bahan bakar nuklir secara tidak sah;
7. melakukan ekspor atau impor peralatan dan bahan nonnuklir yang terkait daur bahan bakar nuklir secara tidak sah;
8. memiliki dan menggunakan informasi keamanan nuklir secara tidak sah;
9. ikut serta melakukan suatu kejahatan terkait keamanan nuklir;

10. mengorganisasi atau mengarahkan orang lain untuk melakukan kejahatan terkait keamanan nuklir;
11. ikut serta menyediakan pendanaan, sarana, dan prasarana untuk melakukan kejahatan terkait keamanan nuklir; atau
12. turut serta dalam perbuatan satu atau lebih kejahatan terkait keamanan nuklir dengan berbagai cara selain sebagaimana dimaksud pada angka 1 sampai dengan angka 11.

Perbuatan sebagaimana disebutkan dalam angka 1 sampai dengan angka 12 tersebut sama sekali belum diatur dalam peraturan nasional kita sehingga akan sangat tepat apabila pengkriminalisasian perbuatan tersebut dirumuskan dalam suatu undang-undang. Di samping itu, perlu juga untuk mengatur kewenangan dan koordinasi lembaga pemerintah dalam mewujudkan keamanan nuklir nasional.

Beberapa permasalahan yang dihadapi masyarakat berkaitan dengan pengaturan ketenaganukliran secara rinci sebagai berikut:

1. Pemanfaatan tenaga nuklir

Dalam konsideran UUK disebutkan bahwa ketenaganukliran menyangkut kehidupan dan keselamatan orang banyak, oleh karena itu harus dikuasai oleh negara yang pemanfaatannya bagi pembangunan nasional ditujukan untuk mewujudkan masyarakat adil dan makmur yang merata materiil dan spiritual berdasarkan Pancasila dan Undang-Undang Dasar 1945.

Bahwa perkembangan dan pemanfaatan tenaga nuklir dalam berbagai bidang kehidupan manusia di dunia sudah demikian maju sehingga pemanfaatan dan pengembangannya bagi pembangunan nasional yang berkesinambungan dan berwawasan lingkungan perlu ditingkatkan dan diperluas untuk ikut meningkatkan kesejahteraan dan daya saing bangsa.

Pemanfaatan utama dari tenaga nuklir adalah untuk memproduksi listrik dengan menggunakan panas yang dihasilkan dari reaksi pembelahan inti atom uranium. Selain untuk listrik, pemanfaatan tenaga nuklir juga dilakukan melalui reaktor nondaya untuk berbagai tujuan, aplikasi

radioisotop untuk pertanian dan pengawetan makanan, industri, obat-obatan perunut sumber air dan minyak, dan lingkungan hidup[59].

Akan tetapi karena sifat energi nuklir selain dapat memberikan manfaat juga dapat menimbulkan bahaya radiasi, maka setiap "kegiatan" yang berkaitan dengan tenaga nuklir harus diatur dan diawasi oleh Pemerintah demi keselamatan, keamanan, ketenteraman, kesehatan pekerja dan anggota masyarakat, dan perlindungan terhadap lingkungan hidup, pemanfaatan tenaga nuklir dilakukan secara tepat dan hati-hati serta ditujukan untuk maksud damai dan keuntungan sebesar-besarnya bagi kesejahteraan dan kemakmuran rakyat.

Dalam defenisi UUK disebutkan pemanfaatan adalah "kegiatan" yang berkaitan dengan tenaga nuklir yang meliputi penelitian, pengembangan, penambangan, pembuatan, produksi, pengangkutan, penyimpanan, pengalihan, ekspor, impor, penggunaan, dekomisioning, dan pengelolaan limbah radioaktif untuk meningkatkan kesejahteraan rakyat. Pendefinisian ini secara semantik mengartikan "pemanfaatan" sebagai sebuah "kegiatan," hal ini akan menyulitkan dalam menerapkan prinsip-prinsip keselamatan, keamanan, dan *safeguards* karena prinsip dan persyaratan keselamatan dalam dokumen-dokumen IAEA umumnya ditujukan untuk kegiatan dan fasilitas.

Mengacu pada buku Fundamental Safety Principle (*Safety Fundamental* No. SF-1) disebutkan bahwa yang termasuk kegiatan adalah:

a) produksi, penggunaan, impor dan ekspor sumber radiasi untuk keperluan industri, penelitian, medis dan tujuan lainnya;
b) pengangkutan zat radioaktif;
c) dekomisioning fasilitas;
d) kegiatan pengelolaan limbah radioaktif; dan

[59] (https://www.world-nuclear.org/information-library/non-power-nuclearapplications/overview/the-many-uses-of-nuclear-technology.aspx)

e) remediasi atau pemulihan tempat yang terkena residu radioaktif dari kegiatan masa lalu.

Sedangkan fasilitas meliputi:

a) instalasi nuklir:
   - pembangkit listrik tenaga nuklir;
   - reaktor lain (seperti reaktor riset dan perangkat kritis);
   - fasilitas pengayaan dan fasilitas fabrikasi bahan bakar;
   - fasilitas konversi yang digunakan untuk menghasilkan UF_6;
   - fasilitas penyimpanan dan pemrosesan ulang untuk bahan bakar nuklir bekas;

b) fasilitas iradiasi;

c) penambangan dan pemrosesan mineral radioaktif;

d) fasilitas pengelolaan limbah radioaktif tempat limbah radioaktif berada dirawat, dikondisikan, disimpan atau dilepas;

e) fasilitas yang digunakan untuk produksi, pemrosesan, penggunaan, penanganan, atau penyimpanan zat radioaktif;

f) fasilitas untuk penggunaan pembangkit radiasi pengion.

Safety Fundamental SF-1 (2006) menekankan prinsip keselamatan fundamental diberlakukan pada semua fasilitas dan kegiatan dan untuk semua tahap selama usia fasilitas atau sumber radiasi meliputi perencanaan, tapak, desain, fabrikasi, konstruksi, komisioning, operasi, dekomisioning dan penutupan, termasuk pengangkutan zat radioaktif dan pengelolaan limbah radioaktif.

Selain aspek keselamatan, aspek keamanan juga menjadi hal yang penting pada fasilitas dan kegiatan. Keselamatan dan keamanan memiliki kesamaan tujuan yaitu untuk melindungi kehidupan dan kesehatan manusia serta lingkungan hidup. Prinsip keselamatan yang terkait dengan keamanan fasilitas dan kegiatan antara lain:

- Ketentuan yang sesuai dalam desain dan konstruksi instalasi nuklir dan fasilitas lainnya;

- Pengendalian akses ke instalasi nuklir dan fasilitas lainnya untuk mencegah hilangnya zat radioaktif atau bahan nuklir, dan kepemilikan, pemindahan, dan penggunaan bahan radioaktif atau bahan nuklir secara tidak sah;
- Pengaturan untuk mengurangi konsekuensi kecelakaan dan kegagalan yang menimbulkan risiko radiasi akibat pelanggaran keamanan; - Tindakan pengamanan zat radioaktif atau bahan nuklir.

Tindakan keselamatan dan tindakan keamanan harus dirancang dan diterapkan secara terintegrasi sehingga tindakan keamanan tidak mengganggu keselamatan dan tindakan keselamatan tidak membahayakan keamanan.

Berdasarkan uraian di atas maka dapat disimpulkan bahwa:

a) Pada bagian konsideran UUK dinyatakan bahwa pemanfaatan ketenaganukliran dapat digunakan di berbagai bidang kehidupan, yang tujuannya adalah untuk kesejahteraan, seperti untuk energi listrik, radioisotop, kesehatan, obat-obatan, dan industri.

b) pendefinisian "pemanfaatan" sebagai "kegiatan" dalam UUK ini sejatinya terkait dengan pengembangan dan pengusahaan pemanfaatan tenaga nuklir di Indonesia dengan menerapkan prinsip dan persyaratan keselamatan, keamanan, dan *safeguards*.

c) Oleh karena itu dengan paradigma untuk mengubah penggunaan istilah "pemanfaatan" pada UUK menjadi "kegiatan dan fasilitas" dalam RUUK diharapkan ketenaganukliran tidak hanya berfokus pada "penggunaan" tenaga nuklir namun dapat diperluas pada seluruh bidang kegiatan dan fasilitas dari hulu sampai hilir, baik kegiatan utama maupun pendukung, dengan tetap menerapkan prinsip keselamatan, keamanan, dan *safeguards* (aspek pengawasan), sehingga mampu meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan mampu bersaing dengan negara lain.

2. Kelembagaan

Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2019 tentang Sistem Nasional Ilmu Pengetahuan dan Teknologi mengamanatkan pembentukan Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) yang merupakan peleburan dari berbagai instansi penelitian. Pada era pemerintahan ini, BRIN dibentuk sebagai lembaga independen dengan Peraturan Presiden Nomor 78 Tahun 2021 tentang Badan Riset dan Inovasi Nasional. Seiring dengan pembentukan BRIN, Kementerian Riset dan Teknologi (Kemenristek) digabungkan ke dalam Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (Kemendikbud) menjadi Kementerian Riset dan Teknologi dan Pendidikan dan Kebudayaan (Kemendikbudristek), sedangkan BATAN, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) bergabung dalam BRIN. Dengan demikian, BATAN yang sebelumnya merupakan badan pelaksana sebagaimana diamanatkan dalam UUK juga mengalami perubahan. Dalam UUK, tugas badan pelaksana mencakup penelitian dan pengembangan, penyelidikan umum, eksplorasi dan eksploitasi bahan galian nuklir, produksi bahan baku untuk pembuatan dan produksi bahan bakar nuklir, produksi radioisotop untuk keperluan penelitian dan pengembangan, dan pengelolaan limbah radioaktif. Sehingga tugas badan pelaksana yang dilaksanakan oleh BATAN harus ditinjau kembali, karena struktur organisasi BRIN tidak mengakomodasi tugas badan pelaksana.

Dalam proses selanjutnya diterbitkan Peraturan BRIN Nomor 1 Tahun 2021 tentang Organisasi dan Tata Kerja BRIN dan Peraturan BRIN No. 6 Tahun 2021 tentang Tugas, Fungsi, dan Struktur Organisasi Riset Tenaga Nuklir. Dengan adanya kedua peraturan tersebut, diharapkan tugas badan pelaksana dapat diemban oleh BRIN. Perubahan kelembagaan ini harus dipertimbangkan dalam konsepsi RUUK agar tugas badan pelaksana dapat tetap dilaksanakan oleh BRIN, dan bahkan diperkuat mengingat sumber daya BRIN yang relatif besar.

Selain itu, dengan diterbitkannya Undang-Undang Cipta Kerja dengan semangat memberikan kesempatan sebesar-besarnya kepada pelaku usaha,

beberapa tugas yang sebelumnya diemban oleh badan pelaksana digantikan oleh pelaku usaha antara lain eksploitasi bahan galian nuklir dan produksi bahan baku untuk pembuatan dan produksi bahan bakar nuklir.

Dalam perkembangan kebutuhan ketenaganukliran saat ini terdapat tugas lain yang harus dilaksanakan oleh badan pelaksana antara lain terkait sistem keamanan nuklir, forensik nuklir, sistem garda-aman, pengelolaan bahan bakar nuklir bekas. Untuk itu tugas-tugas badan pelaksana tersebut harus diatur dalam RUUK.

Selain badan pelaksana, UUK juga mengamanatkan pembentukan badan pengawas yang bertugas melaksanakan pengawasan terhadap segala kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir dengan menyelenggarakan pembuatan peraturan, perizinan, dan inspeksi. Tugas badan pengawas juga diatur dalam Undang-Undang Cipta Kerja, yang mana secara substansi tidak mengalami perubahan. Mengantisipasi perkembangan instrumen hukum internasional, tugas badan pengawas juga perlu diperluas mencakup pengendalian zat radioaktif dan bahan nuklir di luar pengawasan, pengembangan sistem keamanan nuklir dan sistem garda-aman, pengaturan paparan radiasi yang sudah ada (*existing exposure*) di lingkungan. Hal ini perlu diatur lebih lanjut dalam konsepsi RUUK.

Selain badan pelaksana dan badan pengawas, majelis pertimbangan tenaga nuklir (MPTN) diatur dalam UUK. MPTN merupakan lembaga nonstruktural dan independen yang beranggotakan para ahli dan tokoh masyarakat. MPTN bertugas memberikan saran dan pertimbangan mengenai pemanfaatan tenaga nuklir. MPTN dalam UUK merupakan lembaga untuk mewujudkan peran serta masyarakat. Peran serta masyarakat saat ini telah diperkuat untuk penggunaan energi nuklir.

3. Perencanaan ketenaganukliran

Kondisi yang ada sekarang, UUK tidak mengatur ketentuan untuk membuat perencanaan program ketenaganukliran yang komprehensif baik nasional maupun sektoral. Program pembangunan dan pengembangan ketenaganukliran selama ini berfokus pada perencanaan yang dilakukan oleh

BATAN. Kementerian Kesehatan melakukan kegiatan ketenaganukliran terkait penggunaan radiasi pengion dalam bidang kesehatan. Kementerian Pertanian melakukan kegiatan ketenaganukliran dalam bidang penelitian dan pengembangan menggunakan teknologi nuklir untuk pemuliaan tanaman, padi, atau hewan. BAPETEN juga mengembangkan program ketenaganukliran pada aspek kebijakan, sistem, dan teknologi pengawasan yang menjamin keselamatan, keamanan dan penyimpangan penggunaan bahan nuklir. Dengan fakta di atas, tiap kementerian/lembaga menyusun rencana kegiatan masing-masing sesuai kebutuhan. Secara nasional, Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas) menilai setiap usulan kegiatan kementerian/lembaga dan mengelompokkan dalam program nasional sesuai dengan arah kebijakan Presiden. Dengan sistem yang demikian, telah ada koordinasi melalui Bappenas untuk mengkompilasi kegiatan yang relevan dengan ketenaganukliran namun setiap kementerian/lembaga masih melakukan perencanaan masing-masing, sehingga perencanaan ketenaganukliran masih sangat bersifat sektoral.

Pada umumnya perencanaan kegiatan yang bersifat sektoral tersebut dibuat melalui instrumen hukum berupa peraturan presiden atau peraturan pemerintah. Hal ini dapat menyebabkan adanya tumpang tindih peraturan.

Praktik ini berpotensi tidak efektif dalam sudut pandang perencanaan dikarenakan sangat kental dengan isu sektoral, berpotensi duplikasi dan tumpang tindih program kegiatan antar-kementerian/lembaga, berpotensi pemborosan sumber daya baik yang bersifat peralatan/material maupun finansial, dan berpotensi tidak memiliki prioritas nasional. Untuk itu, diperlukan terobosan agar program pembangunan ketenaganukliran dapat menjangkau semua kebutuhan masyarakat, pelaku usaha, pemerintah pusat maupun daerah. Beberapa alternatif kebijakan untuk mengintegrasikan program pembangunan ketenaganukliran dari sudut pandang perencanaan antara lain:

a. menyusun suatu rencana induk (*master plan*) ketenaganukliran yang memuat kebijakan, strategi dan perencanaan jangka panjang, misalnya

25 – 30 tahun dan jangka menengah 5 tahun, dengan berbagai lingkup sektor energi, kesehatan, pertambangan, manufaktur, produksi, lingkungan, pertanian, pangan, litbang. Rencana induk ini diharapkan mengidentifikasi kebutuhan semua sektor, mengefisienkan penggunaan sumber daya, mengidentifikasikan peningkatan kompetensi sumber daya manusia untuk mencapai sasaran program ketenaganukliran. Kebijakan ini memerlukan koordinasi antar-kementerian/lembaga yang multi sektoral sehingga penyusunan rencana induk ini harus dikoordinasikan oleh Pemerintah Pusat. Rencana induk sebaiknya juga ditetapkan dalam peraturan perundang-undangan yang tepat, misalnya peraturan presiden;

b. program pembangunan ketenaganukliran dimasukkan dalam perencanaan jangka panjang yang telah ada, misalnya dalam rencana induk perindustrian, rencana induk riset nasional, rencana induk kesehatan, rencana umum energi nasional. Salah satu kekurangan dari opsi ini adalah perlunya dilakukan perubahan terhadap instrumen hukum yang sudah ada untuk mengintegrasikan program-program ketenaganukliran. Hal ini memerlukan waktu dan sumber daya yang cukup besar, karena beberapa instrumen hukum harus diubah. Perubahan tersebut diperlukan karena beberapa target program yang ditetapkan tidak terpenuhi hingga akhir periode waktu yang direncanakan; dan/atau

c. tiap lembaga menyusun perencanaan 5 tahun (rencana strategis) dan melakukan pertemuan koordinasi secara berkala terkait program ketenaganukliran. Opsi ini memiliki kekurangan dari segi waktu perencanaan yang terlalu singkat, sehingga tidak dapat memberikan gambaran secara utuh mengenai kemajuan ketenaganukliran yang ingin dicapai.

Meskipun belum ada ketentuan yang mewajibkan perencanaan secara komprehensif, namun terdapat fakta bahwa BAPETEN telah menginisiasi penyusunan kebijakan dan strategi nasional keselamatan nuklir dan radiasi dan telah dilakukan koordinasi dalam pembahasan antar-kementerian/lembaga sehingga pada akhirnya ditetapkan Peraturan Presiden Nomor 60 Tahun 2019 tentang Kebijakan dan Strategi Nasional Keselamatan Nuklir dan Radiasi. Tujuan Peraturan Presiden ini memperkuat infrastruktur ketenaganukliran dan koordinasi antar sektor agar bisnis ketenaganukliran dapat berkembang lebih baik dan memajukan perekonomian serta menjamin keselamatan masyarakat dalam kurun waktu 2020-2035. Berdasarkan jangkauan dan lingkup, Peraturan Presiden ini berfokus pada isu keselamatan dan sebagian isu keamanan sehingga perlu diperluas dengan isu kemudahan berusaha, cipta lapangan kerja, peningkatan investasi, dan peningkatan sumber daya manusia serta revolusi industri 4.0.

Dengan adanya perubahan kelembagaan kementerian riset dan teknologi dan terbentuknya BRIN yang terpisah dari kemenetrian riset dan teknologi, maka penyusunan rencana induk ketenaganukliran dilakukan oleh Pemerintah Pusat. Pada praktiknya, BAPETEN menginisiasi dan menjadi pemrakarsa penyusunan rencana induk tersebut.

Rencana induk dapat disusun dalam bentuk peraturan pemerintah maupun peraturan presiden. Sebagai contoh, UU Sinasiptek mengamanatkan penyusunan rencana induk pemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam peraturan pemerintah, sedangkan beberapa rencana induk yang disusun melalui peraturan presiden antara lain Peraturan Presiden Nomor 87 Tahun 2020 tentang Rencana Induk Penanggulangan Bencana Nasional Tahun 2020 – 2044, Peraturan Presiden Nomor 45 Tahun 2017 tentang Rencana Induk Penyelenggaraan Keantariksaan. Penetapan rencana induk ketenaganukliran dalam peraturan presiden memiliki konsekuensi untuk mengikuti peraturan yang lebih tinggi atau peraturan presiden yang lebih baru jika terdapat obyek pengaturan yang sama namun substansi kebijakan yang diatur berbeda. Pertimbangan lain adalah fleksibilitas dalam penyusunan dan peninjauan

kembali peraturan mengingat rencana induk ini merupakan program pemerintah. Berdasarkan pertimbangan tersebut, rencana induk ketenaganukliran akan ditetapkan dalam peraturan presiden.

4. Penelitian dan pengembangan

Kegiatan penelitian dan pengembangan tenaga nuklir diatur dalam Pasal 8 UUK. Kegiatan penelitian dan pengembangan dalam UUK merupakan bagian dari pemanfaatan tenaga nuklir. Untuk melaksanakan kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir tersebut, dalam Pasal 3 UUK telah mengamanatkan kepada Pemerintah untuk membentuk badan pelaksana yang berada di bawah dan bertanggung jawab langsung kepada Presiden, dengan tugas melaksanakan pemanfaatan tenaga nuklir. Untuk melaksanakan tugas tersebut, badan pelaksana menyelenggarakan penelitian dan pengembangan, penyelidikan umum, eksplorasi dan eksploitasi bahan galian nuklir, produksi bahan baku untuk pembuatan dan produksi bahan bakar nuklir, produksi radioisotop untuk keperluan penelitian dan pengembangan, dan pengelolaan limbah radioaktif.

Melalui Keputusan Presiden Nomor 197 Tahun 1998 tentang Badan Tenaga Nuklir Nasional, dibentuklah badan pelaksana yang bertanggung jawab dalam melaksanakan pemanfaatan tenaga nuklir. Badan Pelaksana yang dimaksud adalah BATAN. Setelah mengalami penggantian dan perubahan, kelembagaan badan pelaksana selanjutnya diatur dengan Peraturan Presiden Nomor 46 Tahun 2013 tentang Badan Tenaga Nuklir Nasional. Dengan adanya integrasi lembaga pemerintah untuk penelitian/riset ke dalam BRIN yang ditetapkan melalui Peraturan Presiden Nomor 78 Tahun 2021 tentang Badan Riset dan Inovasi Nasional, badan pelaksana saat ini diemban oleh BRIN.

Pasal 8 ayat (2) UUK memberikan mandat bahwa penelitian dan pengembangan tenaga nuklir diselenggarakan terutama oleh dan menjadi tanggung jawab badan pelaksana dalam rangka penguasaan iptek nuklir untuk keselamatan, keamanan, ketenteraman, dan kesejahteraan rakyat.

Penelitian dan pengembangan mengenai keselamatan nuklir perlu diperhatikan untuk mengurangi dampak negatif pemanfaatan tenaga nuklir. Badan pelaksana dalam menyelenggarakan penelitian dan pengembangan dapat bekerja sama dengan instansi dan badan lain.

Pada tahun 2018, Kemenristekdikti telah berhasil menyusun Rencana Induk Riset Nasional (RIRN) yang kemudian ditetapkan dalam Peraturan Presiden Nomor 38 Tahun 2018 tentang Rencana Induk Riset Nasional Tahun 2017-2045. RIRN menjadi penting untuk menyelaraskan kebutuhan riset jangka panjang Indonesia karena pembangunan nasional membutuhkan perencanaan dari setiap bidang untuk mengintegrasikan langkah-langkah yang terpadu dan terintegrasi, khususnya antar-kementerian/lembaga, sehingga meningkatkan efisiensi dan efektivitas pelaksanaannya[60]. Dengan terbentuknya BRIN maka implementasi RIRN diharapkan menjadi lebih efisien dan efektif.

Dalam implementasi penelitian dan pengembangan yang selama ini dilaksanakan oleh BATAN sebagai badan pelaksana, berbagai hasil litbang telah dihasilkan mulai dari bidang energi, bidang industri, bidang pertanian dan peternakan, bidang kesehatan, bidang lingkungan, keselamatan dan keamanan. Dalam menjalankan fungsi litbang tersebut, BATAN telah bekerja sama dengan berbagai pemangku kepentingan, antara lain Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), Kementerian Perindustrian, Kemenristekdikti, Kementerian Kaesehatan dan Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM), Kementerian Pertanian, Kementerian Lingkungan Hidup, pemerintah daerah Jawa Barat, Jawa Tengah, beberapa BUMN, dan lain-lain.

Kerja sama tersebut dituangkan dalam berbagai skema yang menfokuskan pada penerapan dan hilirisasi teknologi nuklir. Bidang tertentu telah sampai pada tahap komersialisasi produk, misalnya kit radiofarmaka. PT Kimia Farma sebagai pemegang lisensi obat mempercayakan produksi kit

[60] Capaian 4 Tahun LPNK di Bawah Koordinasi Kemenristekdikti. Diunduh 4 Desember 2019. https://ristekdikti.go.id/kabar/capaian-4-tahun-lpnk-di-bawah-koordinasikemenristekdikti/

radiofarmaka pada badan pelaksana dengan pengawasan BPOM dan BAPETEN. Selain itu, PT Barata Indonesia mendesain komponen untuk reaktor daya eksperimen yang direncanakan dibangun di Serpong.

Meskipun demikian, penelitian dan pengembangan ketenaganukliran dirasakan masih menjadi dominasi badan pelaksana, padahal aplikasi teknologi nuklir sangat luas dalam berbagai sektor. Keterbatasan sumber daya finansial, fasilitas, dan sarana/prasarana yang dimiliki badan pelaksana dibandingkan kebutuhan penelitian dan pengembangan ketenaganukliran secara nasional berpotensi menghambat program penelitian dan pengembangan ketenaganukliran secara nasional.

Beberapa perguruan tinggi dan pihak swasta mengembangkan beberapa peralatan berbasis teknologi nuklir, misalnya pesawat sinar-X, panel kontrol pesawat sinar-X, sistem pencitraan. Biaya penelitian yang mahal namun strategis dapat melibatkan pihak swasta yang mampu. Kendala sumber daya manusia yang mampu dalam teknologi nuklir juga terbatas karena selama ini masih bersifat sektoral dan kurang melibatkan semua pemangku kepentingan lainnya.

Dalam litbang ketenaganukliran, terdapat teknologi strategis yang tetap dalam pengendalian negara, yaitu teknologi proses bahan bakar nuklir. Dalam kondisi tertentu yang memungkinkan, BUMN dapat diberikan penugasan melakukan proses bahan bakar nuklir dengan pertimbangan BUMN masih dalam pengendalian negara terkait kebijakan yang bersifat strategis.

Kegiatan penelitian dan pengembangan tenaga nuklir perlu diarahkan agar selaras dengan UU Sinasiptek. Dalam UU ini penyelenggaraan iptek tidak saja pada kegiatan penelitian dan pengembangan, namun cakupannya lebih luas lagi, yakni pendidikan, penelitian, pengembangan, pengkajian, dan penerapan (Pasal 1 angka 4 UU Sinasiptek). Untuk itu, dalam kegiatan penyelenggaraan iptek nuklir, perlu menyesuaikan menyelaraskan dengan ketentuan yang ada dalam UU Sinasiptek. Penyelenggaraan iptek dalam Pasal

13 ayat (2) UU Sinasiptek tidak hanya dibatasi dilakukan oleh lembaga pemerintah, namun dapat dilakukan oleh setiap orang antara lain:

1. perseorangan; 2. kelompok;
3. Badan Usaha;
4. lembaga pemerintah atau swasta; dan/atau
5. perguruan tinggi.

Untuk itu, agar sejalan dengan UU Sinasiptek, penyelenggaraan iptek perlu dibuka seluas-luasnya. Mengingat sifatnya yang strategis, untuk beberapa jenis penelitian dan pengembangan antara lain pertambangan bahan galian nuklir, proses daur bahan nuklir termasuk pengelolaan bahan bakar nuklir bekas, yang dilakukan oleh pihak selain badan pelaksana, maka pelaksanaan kegiatannya harus dilaporkan atau dengan bekerja sama dengan badan pelaksana. Dalam hal ini badan pelaksana juga bertugas melakukan pembinaan, antara lain melalui penumbuhkembangan motivasi, pemberian stimulasi dan fasilitasi, serta penciptaan iklim yang kondusif bagi perkembangan iptek.

Sebagaimana telah diuraikan pada bagian C.2, mengenai pembentukan BRIN yang selanjutnya menjalankan tugas Badan Pelaksana maka tugas dan fungsi penelitian, pengembangan, pengkajian, dan penerapan (litbangjirap) ketenaganukliran juga dilaksanakan oleh BRIN. Dalam konteks ini, badan pelaksana sebagai lembaga pemerintah yang memiliki tugas dan fungsi litbang ketenaganukliran dapat optimal menjalankan tugas dan fungsi tersebut dengan skema kerja sama dan koordinatif sehingga isu keterbatasan sumber daya pembiayaan litbang dapat teratasi.

Untuk itu kebijakan-kebijakan untuk mendorong penelitian dan pengembangan ketenaganukliran yang mengarah pada penguasaan teknologi, menyelenggarakan pengkajian dan penerapan untuk menghilirkan hasil penelitian dan pengembangan, dan membina pelaku usaha dalam negeri untuk menghasilkan produk berteknologi nuklir atau produk yang berbasis

teknologi nuklir. Beberapa kebijakan yang dapat diambil untuk mengantisipasi permasalahan di atas antara lain:

a. badan pelaksana dalam hal ini BRIN mendapatkan mandat untuk bertanggung jawab dalam penelitian, pengembangan, pengkajian, dan penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir sebagai bisnis inti. Badan pelaksana melakukan hilirisasi teknologi hingga mencapai tingkat kesiapterapan teknologi (*technology readiness level*).
b. Kemendikbudristek membentuk pusat unggulan di perguruan tinggi terpilih dalam penelitian dan pengembangan ketenaganukliran. Tiap pusat unggulan memiliki spesialisasi tertentu dengan mempertimbangkan dukungan infrastruktur yang ada di perguruan tinggi tersebut atau di wilayah sekitarnya. Misalnya UGM di bidang teknologi reaktor nuklir dan keamanan nuklir, Universitas Indonesia (UI) di bidang fisika kesehatan dan bahan bakar nuklir, Institut Teknologi Bandung (ITB) di bidang fisika nuklir dan instrumentasi.
c. Pemerintah Pusat melalui kementerian teknis terkait memberikan insentif kepada pelaku usaha yang mengembangkan produk berteknologi nuklir, misalnya produsen lokal pesawat sinar-X diagnostik, produsen lokal radiofarmaka, produsen pesawat X-ray bagasi. Dengan insentif ini, diharapkan pengembangan produk didasarkan pada penelitian yang komprehensif.
d. Melibatkan pemerintah daerah dalam penelitian, pengembangan, dan pengkajian dengan metode *cost-sharing* sehingga pemerintah daerah dapat menggunakan hasil penelitian dan pengembangan tanpa adanya beban untuk membayar royalti dan sejenisnya.

Hasil penelitian dan pengembangan merupakan kekayaan intelektual yang mengandung hak cipta. Hasil tersebut dapat dituangkan dalam bentuk laporan penelitian, buku, artikel dalam jurnal atau prosiding, dan berbagai literatur lainnya. UU Sinasiptek telah mengatur kekayaan intelektual secara umum. Aturan pelaksanaan dari UU Sinasiptek terkait kekayaan intelektual

hasil kegiatan penelitian dan pengembangan belum ditetapkan, sehingga pengaturan mengenai kekayaan intelektual masih mengikuti ketentuan Peraturan Pemerintah Nomor 20 Tahun 2005 tentang Alih Teknologi Kekayaan Intelektual serta Hasil Kegiatan Penelitian dan Pengembangan oleh Perguruan Tinggi dan Lembaga Penelitian dan Pengembangan, sepanjang tidak bertentangan dengan Undang-Undang tersebut. Sejauh ini tidak ada hal-hal yang memerlukan pengaturan secara khusus terkait kekayaan intelektual dari penelitian dan pengembangan di bidang ketenaganukliran. Oleh karena itu pengaturan kekayaan intelektual dari penelitian dan pengembangan di bidang ketenaganukliran mengikuti pengaturan yang telah ditetapkan dalam UU Sinasiptek.

Hasil dari penelitian dan pengembangan iptek nuklir harus dapat direalisasikan secara nyata dalam kehidupan sehari-hari dan dapat dirasakan oleh pelaku usaha maupun masyarakat. Hal ini sesuai dengan tujuan penelitian dan pengembangan yaitu untuk:

a. memberikan solusi terhadap permasalahan kebutuhan masyarakat melalui pengembangan/penggunaan teknologi nuklir; dan
b. memperkuat kapasitas dan pengembangan kompetensi sumber daya manusia ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir, serta menghasilkan produk dan/atau teknologi nuklir.

Untuk mewujudkan manfaat tersebut, sesuai dengan konsep penyelenggaraan iptek, kegiatan penelitian dan pengembangan harus diikuti dengan kegiatan pengkajian dan penerapan. Kegiatan pengkajian dan penerapan bertujuan untuk menumbuhkembangkan penguasaan teknologi dan meningkatkan pendayagunaan teknologi. Fungsi kegiatan ini untuk menghasilkan inovasi dan keberhasilan penerapan teknologi.

Pengkajian teknologi nuklir meliputi perekayasaan, kliring, dan audit teknologi nuklir. Perekayasaan merupakan rangkaian kegiatan bertahap yang dimulai dari desain, purwarupa, uji fungsi, hingga pengoperasian. Dalam pembuatan purwarupa berupa peralatan, komponen, atau fasilitas menggunakan sumber radiasi pengion atau bahan nuklir dan

pengoperasiannya, otorisasi dipersyaratkan oleh badan pengawas. Perekayasaan dapat dilakukan oleh semua pihak baik pemerintah, perguruan tinggi, maupun pelaku usaha. Sebagai contoh adalah pembuatan *radiation portal monitor* untuk kendaraan yang merupakan kolaborasi antara BATAN, PT LEN, dan BAPETEN. Contoh lainnya, China telah membangun reaktor purwarupa *small modular reactor* berpendingin air ACP100. Beberapa vendor lain juga berencana membangun purwarupa *molten salt reactor*.

Kliring teknologi nuklir adalah proses penyaringan kelayakan atas suatu teknologi nuklir melalui kegiatan penilaian dan evaluasi untuk mengetahui dampak dari penerapan teknologi tersebut pada suatu kondisi tertentu. Sedangkan audit teknologi adalah proses yang sistematis untuk memperoleh dan mengevaluasi bukti secara objektif terhadap aset teknologi dengan tujuan menetapkan tingkat kesesuaian teknologi dengan kriteria dan/atau standar yang telah ditetapkan serta penyampaian hasil kepada pengguna yang bersangkutan. Kliring dan audit teknologi dilakukan terhadap teknologi yang bersifat strategis dan/atau yang sumber pendanaannya berasal dari Pemerintah Pusat dan Pemerintah Daerah. Kliring teknologi dan audit teknologi dilakukan oleh Pemerintah Pusat.

Selanjutnya untuk mempercepat kemandirian teknologi dengan mengutamakan kemampuan dan potensi nasional penerapan teknologi nuklir harus dilakukan dengan berbasis pada hasil penelitian, pengembangan dan/atau pengkajian. Penerapan teknologi tersebut dilakukan melalui alih teknologi nuklir, intermediasi teknologi nuklir, difusi teknologi nuklir, dan komersialisasi teknologi nuklir.

Secara umum, alih teknologi merupakan pengalihan kemampuan memanfaatkan dan menguasai iptek antar lembaga, badan, atau orang, baik yang berada dalam lingkungan dalam negeri maupun yang berasal dari luar negeri ke dalam negeri atau sebaliknya, yang dapat dilakukan baik secara komersial maupun nonkomersial.

Pada tahun 2020 diundangkan Undang-Undang 11 Tahun 2020 tentang Cipta Kerja. Undang-Undang ini kemudian dicabut dengan Peraturan

Pemerintah Pengganti Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2022 tentang Cipta Kerja. Selanjutnya PERPPU tersebut ditetapkan menjadi undang-undang melalui Undang-Undang Nomor 6 Tahun 2023 tentang Penetapan Peraturan Pemerintah Pengganti Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2022 tentang Cipta Kerja Menjadi Undang-Undang. Dalam Undang-Undang Cipta Kerja, beberapa kegiatan yang awalnya dilakukan oleh badan pelaksana dibuka kesempatan untuk pelaku usaha antara lain penambangan bahan galian nuklir, produksi dan/atau pengadaan bahan baku untuk pembuatan bahan bakar nuklir, dan penelitian dan pengembangan.

Sumber daya iptek nuklir merupakan unsur penyelenggaraan iptek nuklir yang penting. Sumber daya tersebut salah satunya adalah sumber daya manusia yaitu orang yang melaksanakan penelitian dan/atau pengembangan, dan/atau penerapan dan pengkajian iptek nuklir dengan keahliannya, dan pengorganisasian kerjanya, baik berbentuk informasi maupun yang berbentuk prasarana dan sarana ilmu pengetahuan dan teknologi.

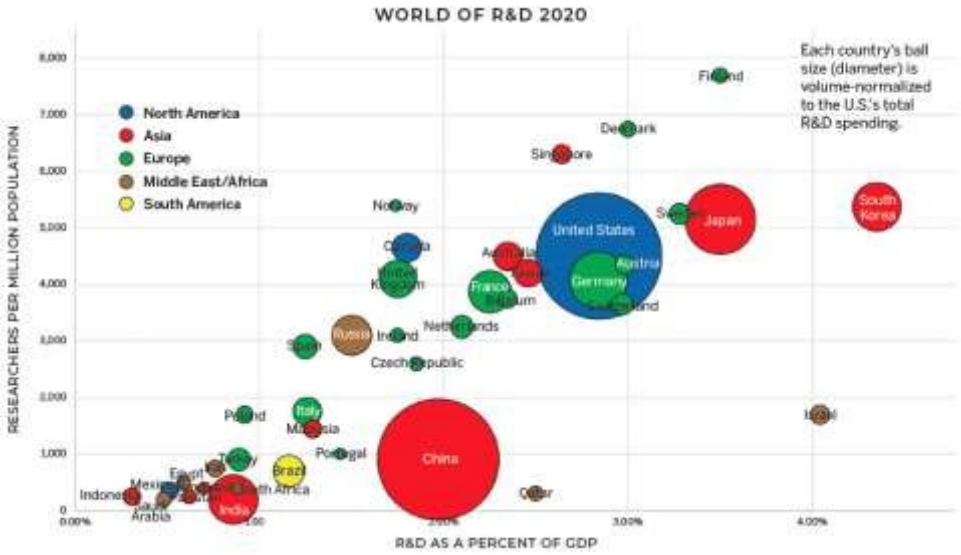
Sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 22, Indonesia termasuk negara dengan jumlah SDM iptek serta anggaran riset yang jauh lebih kecil dibandingkan dengan negara-negara lain, bahkan terhadap negara di ASEAN seperti Malaysia dan Singapura. Hal ini merupakan permasalahan tersendiri yang diharapkan dapat diatasi dengan pengaturan dalam RUUK, khususnya di bidang ketenaganukliran.

Profesionalisme sumber daya manusia iptek (SDM iptek) merupakan faktor yang sangat penting bagi perkembangan sumber daya iptek. SDM iptek dapat dilihat dari 2 dimensi yaitu persediaan dan kebutuhan. SDM iptek adalah sumber daya manusia yang memiliki latar belakang pendidikan di atas D3 dengan bidang ilmu merujuk pada *International Standard Classification of Education* (ISCED) (dimensi persediaan), dan sumber daya manusia yang bekerja di bidang iptek dengan klasifikasi pekerjaan sesuai *International Standard Classification of Occupations* (ISCO88). Konsep ini merujuk pada Canberra Manual.

Sedangkan di Indonesia, umumnya SDM iptek dikenal dengan tenaga lembaga penelitian dan pengembangan (litbang). Tenaga litbang didefinisikan dari OECD27 yang kemudian dijadikan dasar dalam sejumlah pendefinisian dalam Buku Indikator Iptek yang diterbitkan oleh Pusat Penelitian Perkembangan Iptek, LIPI.

Pembagian tenaga litbang berdasarkan jabatan menurut OECD:

1. Periset (*Reseachers*) adalah para profesional yang terlibat dalam pembuatan konsep atau penciptaan pengetahuan baru, produk, proses, metode, dan sistem serta profesional yang terlibat dalam pengelolaan penelitian;
2. Teknisi adalah orang yang dalam melaksanakan tugas utamanya membutuhkan pengetahuan dan pengalaman teknis. Mereka terlibat dalam aktivitas penelitian dengan melakukan tugas ilmiah dan teknis yang menyangkut aplikasi konsep dan metode operasional yang pada umumnya di bawah pengawasan penelitian; dan
3. Staf Pendukung lainnya, meliputi para tukang atau juru terlatih maupun tidak terlatih, dan tenaga administrasi (misalnya sekretaris atau juru tulis) yang terlibat dalam penelitian atau secara langsung terkait dengan penelitian.



Gambar 22. Perbandingan jumlah SDM iptek terhadap jumlah penduduk, dan perbandingan biaya riset terhadap GDP negara-negara di dunia.[61]

Dari definisi ini, dapat terlihat bahwa SDM iptek merupakan tenaga penelitian, pengembangan, dan/atau penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi yang berkualifikasi sebagai peneliti, dosen, perekayasa, pranata nuklir, surveyor pemetaan, dan/atau sebutan lain yang sesuai dengan kekhususannya, serta berpartisipasi dalam menyelenggarakan penelitian, pengembangan, dan penerapan iptek. Oleh karena itu, setiap lembaga perlu mengembangkan struktur keahlian dan jenjang karier, membina keahlian SDM iptek yang dimilikinya, serta menerapkan sistem penghargaan dan sanksi yang adil serta efektif untuk mendorong pertumbuhan profesionalisme di bidang informasi ilmiah, teknologi, produk dan proses yang berkaitan dengan penguasaan pemanfaatan dan pengembangan iptek nuklir. Dalam ketenaganukliran, SDM iptek nuklir dikelompokkan sebagai berikut:

a. pranata nuklir;
b. pengawas radiasi;
c. pengembang teknologi nuklir;
d. peneliti;
e. perekayasa;
f. analis pemanfaatan ilmu pengetahuan dan teknologi; dan
g. sumber daya manusia ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir lainnya sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Dalam kaitannya dengan hal tersebut, agar masyarakat memiliki kesempatan yang sama untuk mendapatkan dan memanfaatkan informasi iptek, pemerintah perlu membina kerja sama dengan lembaga penelitian dan pengembangan, perguruan tinggi, badan usaha, lembaga masyarakat, dan

[61] Global R&D investments unabated in spending growth - Research & Development World (rdworldonline.com)

lembaga internasional untuk menumbuhkan berbagai bentuk media informasi serta mengembangkan jaringan pelayanan informasi iptek.[62]

5. Pertambangan bahan galian nuklir

Pertambangan bahan galian nuklir merupakan bagian awal dari siklus bahan nuklir. Kegiatan pertambangan bahan galian nuklir, sebagaimana kegiatan pertambangan mineral pada umumnya, meliputi kegiatan[69]:

a. penyelidikan umum,
b. eksplorasi,
c. studi kelayakan,
d. konstruksi,
e. penambangan,
f. pengolahan,
g. penyimpanan,
h. pengalihan, dan/atau
i. reklamasi dan pascatambang.

Istilah bahan galian nuklir yang digunakan dalam UUK mengacu pada UU Nomor 11 Tahun 1967 tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok
Pertambangan yang menggunakan istilah bahan galian nuklir sebagai hasil pertambangan. Bahan galian nuklir ini adalah bahan utama pembuatan produk bahan bakar nuklir. Bahan galian nuklir tersebut mencakup mineral radioaktif dan mineral ikutan radioaktif, yang juga digunakan dalam UndangUndang Nomor 4 Tahun 2009 dan Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2020. Mineral radioaktif di alam adalah mineral dalam bentuk bijih atau batuan yang mengandung uranium (U) dan thorium (Th). Mineral radioaktif dihasilkan dari pertambangan mineral radioaktif. Selain dari pertambangan mineral radioaktif, kegiatan pertambangan mineral umumnya juga dapat menghasilkan mineral ikutan yang mengandung radioaktif, disebut mineral

[62] UU No. 11 Tahun 2019 tentang Sistem Nasional Ilmu Pengetahuan dan Teknologi. [69] Pasal 1 UU No. 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara.

ikutan radioaktif (MIR). Dengan demikian, bahan galian nuklir dikelompokan menjadi 2 (dua), yaitu:

a. Bahan yang mengandung U dan Th sebagai hasil utama, disebut juga mineral radioaktif.
b. Bahan yang mengandung U, Th, dan mineral lainya yang bersifat radioaktif sebagai hasil samping atau ikutan pertambangan mineral dan industri lainnya, disebut juga mineral ikutan radioaktif.

Dalam publikasi internasional, mineral ikutan radioaktif dikenal dengan nama NORM (*naturally occuring radioactive material*) atau TENORM (*technologically enhanced natural occuring radioactive material*), artinya zat radioaktif yang terbentuk secara alami. Regulasi NORM atau TENORM meggunakan berbagai pendekatan yaitu tingkat pengecualian atau tingkat paparan publik.

Beberapa kegiatan pertambangan dan industri lainnya yang dapat menghasilkan mineral ikutan radioaktif meliputi pertambangan mineral dan batubara, pertambangan minyak dan gas bumi, ekstraksi tanah jarang, produksi tantalum, neobium, zirkon, pembuatan pigmen titanium hidroksida, dan industri fosfat.

Selanjutnya berdasarkan lokasi bahan galian nuklir, terdapat 3 (tiga) teknik penambangan bahan galian nuklir, yaitu:

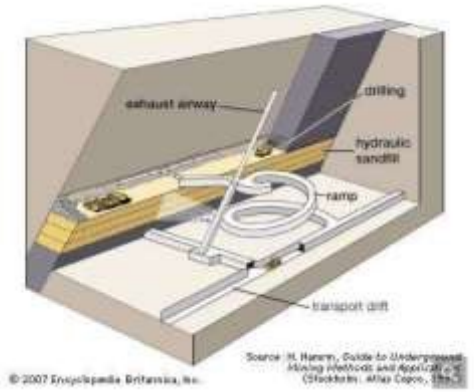
a. penambangan bawah tanah (*under ground*),
b. terbuka (open pit), dan
c. pelindian di tapak (ISL/*In Situ Leaching*).

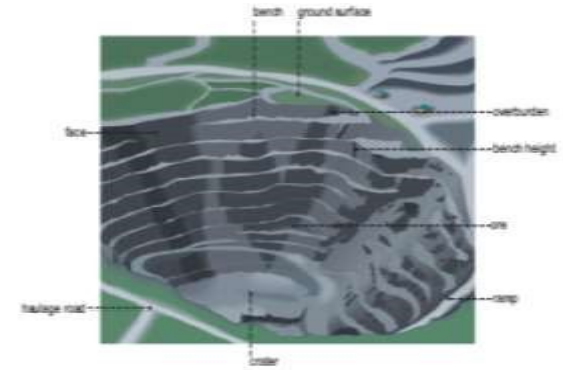
Teknik penambangan bawah tanah diberikan pada Gambar 23, penambangan terbuka diberikan pada Gambar 24, dan penambangan *insitu leaching* diberikan pada Gambar 25. Ukuran badan bijih, lokasi, orientasi, kualitas batuan, dan distribusi mineral berharga di dalamnya bersama dengan lokasi dan infrastruktur lokasi berperan dalam pemilihan metode penambangan dan keseluruhan rencana pengembangan badan bijih/*ore body*. Tambang dapat beragam ukurannya, mulai dari yang dioperasikan di bawah tanah dengan skala sangat kecil dengan produksi kurang dari 100 ton

per hari, sampai tambang dengan lubang terbuka besar yang memindahkan ratusan ribu ton bijih dan limbah per hari. Di pasar pertambangan uranium dunia, Kazakhstan memproduksi uranium (hasil tambang) sebesar 41% dari pasokan dunia, diikuti oleh Kanada (13%) dan Australia (12%) dengan ratarata produksi dunia 55.000 ton per tahun[63].

Penjualan uranium sendiri tidak seperti komoditas mineral lainnya, karena tidak dijual di pasaran bebas. Penjualan dilakukan secara negosiasi kontrak pribadi antara pembeli dan penjual. Lebih dari setengah produksi uranium di dunia berasal dari perusahaan yang sebagian besar saham dimiliki oleh Negara. Produsen utama di antaranya adalah Kazatomprom, merupakan BUMN Kazakhstan, memproduksi 23% uranium dunia pada tahun 2019 dari tambang di Kazakhstan. Orano merupakan perusahaan Perancis, pada tahun 2019 memproduksi 11% uranium dunia dari kerja sama tambang di Kanada dan Niger. Cameco merupakan perusahaan publik dunia terbesar dari Kanada, memproduksi 9% uranium dunia pada tahun 2019 dari kerja sama tambang di Kanada dan Kazakhstan. Uranium One merupakan anak perusahaan BUMN dari Rusia, yaitu Rosatom. Uranium One merupakan perusahaan yang melaksanakan operasi di luar teritorial Rusia. Perusahaan ini melakukan kerja sama pertambangan terutama di Kazakhstan, United States, dan Tanzania. Beberapa perusahaan besar lainnya di antaranya China National Nuclear Corporation (CNNC) di Cina, China Nuclear Power Group (CGN) di Namibia, BHP di Australia, dan ARMZ Uranium Holding di Rusia.

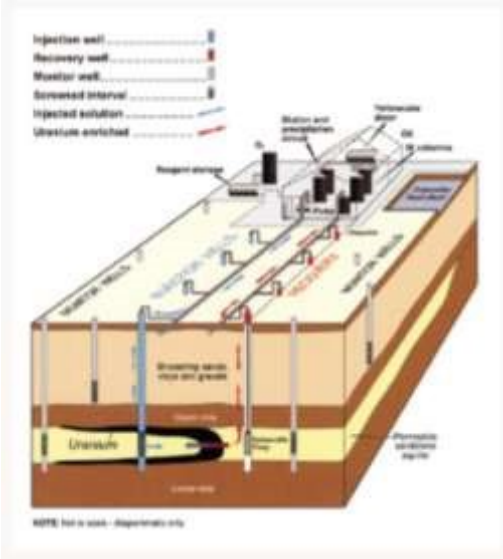
[63] Sumber World Nucleat Associatons, https://www.world-nuclear.org/informationlibrary/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/world-uranium-mining-production.aspx





Gambar 23. Penambangan bawah

Gambar 24. Penambangan terbuka. tanah.



Gambar 25. Penambangan *in situ leaching* (ISL)

Setelah kegiatan penambangan, dilakukan pengolahan bahan galian nuklir dengan hasil utama adalah *yellow cake*. Inilah bahan dasar untuk pembuatan bahan bakar nuklir. Mineral ikutan radioaktif juga dapat dilakukan pengolahan untuk dihasilkan *yellow cake*. Penggunaan metode hasil ikutan sebesar 7% menyebabkan isu mineral ikutan radioaktif menjadi penting.

Pasal 9 UUK telah mengatur bahwa penyelidikan umum, eksplorasi, dan eksploitasi bahan galian nuklir hanya dilaksanakan oleh badan pelaksana. Namun, dalam UU Cipta Kerja pasal ini selanjutnya diubah dan ditambahkan pasal sisipan yang mengatur bahwa bahan galian nuklir dikuasai oleh negara dan Pemerintah Pusat dapat menetapkan badan usaha

yang melakukan pengusahaannya, dalam hal ini dilakukan oleh BUMN yang dapat bekerja sama dengan badan usaha swasta. Penetapan badan usaha yang melakukan pengusahaan diberikan dalam bentuk penugasan ke BUMN dan selanjutnya BUMN dapat bekerja sama dengan badan usaha lainnya. Hal ini merupakan implementasi dari Putusan Mahkamah Konstitusi (MK) Nomor 36/PUU-X/2012 tentang pengujian Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2001 tentang Minyak dan Gas Bumi (Migas) terhadap Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945. Menurut MK hubungan antar-negara dengan swasta dalam pengelolaan sumber daya alam tidak dapat dilakukan dengan hubungan keperdataan, akan tetapi harus merupakan hubungan yang bersifat publik yaitu berupa pemberian konsesi atau perizinan yang sepenuhnya di bawah kontrol dan kekuasaan negara. Kontrak keperdataan akan mendegradasi kedaulatan negara atas sumber daya alam, dalam hal ini pertambangan minyak dan gas bumi. Berdasarkan pertimbangan tersebut, menurut MK, hubungan antara negara dan sumber daya alam sepanjang dikonstruksi dalam bentuk kontrak kerja sama adalah bertentangan dengan prinsip penguasaan negara yang dimaksud oleh UUD NRI Tahun 1945. Mengenai ketentuan badan swasta, UUK tidak menyebutkan hal yang berkaitan dengan bentuk badan swasta, apakah perusahaan *joint venture* asing, *joint venture* swasta dengan badan usaha berbadan hukum.

Dalam menjalankan tugas sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 UUK, BATAN telah melakukan penyelidikan umum bahan galian nuklir pada 3 (tiga) lokasi yang memiliki potensi cadangan uranium yaitu di Kalan, Mamuju, dan Sibolga sebagaimana ditunjukan pada Gambar 26 dan Tabel 1 berikut. Proyek Kalan merupakan kegiatan penyelidikan umum yang paling awal dilakukan dengan kerja sama dengan Jepang dan Perancis. Dilanjutkan pada lokasi Sibolga dan terakhir di Mamuju.

Gambar 26. Potensi Pertambangan Uranium di Indonesia.[64]

Sesuai dengan UU Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara, Pasal 50, dinyatakan bahwa wilayah usaha pertambangan (WUP) mineral radioaktif ditetapkan oleh Pemerintah dan pengusahaannya dilaksanakan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Tabel 1. Kegiatan eksplorasi uranium yang dilakukan BATAN di Indonesia

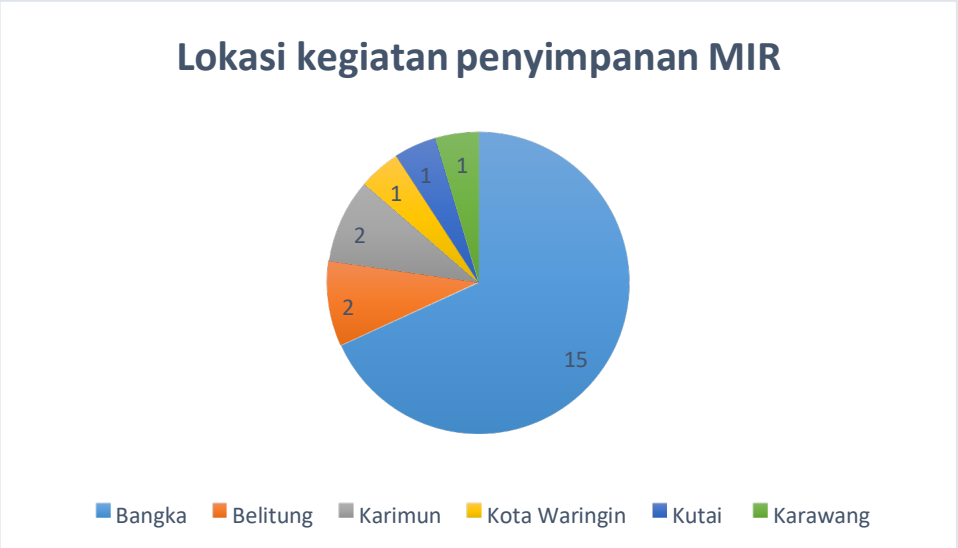
No	Tahun	Lokasi	Jenis Mineral
1	1972 – 1978	Kalan - Kalimantan Barat	Uranium
2	1981 - 1991	Kalan - Kalimantan Barat	Percobaan Tambang dan Pengolahan Uranium skala pilot dengan kapasitas 2 ton bijih U/hari
3	1977 – 1987	Sibolga - Sumatera Utara	Uranium
4	2013 – 2019	Mamuju - Sulawesi Barat	Uranium

Dalam regulasi pertambangan, wilayah hukum pertambangan adalah seluruh ruang dalam bumi Indonesia sebagai satu kesatuan wilayah. Wilayah pertambangan, yang selanjutnya disebut WP, adalah wilayah yang memiliki potensi mineral dan/atau batubara yang merupakan bagian dari tata ruang

[64] Bahan Presentasi RPP Keselamatan Pertambangan Bahan Nuklir, BATAN, April 2019

nasional. Wilayah pertambangan terbagi ke dalam WUP, merupakan wilayah yang telah memiliki ketersediaan data, potensi, dan/atau informasi geologi. Kementerian ESDM membuat peta wilayah usaha pertambangan mineral radioaktif atas usulan badan pelaksana. Dalam tata kelola pertambangan bahan galian nuklir saat ini, Pemerintah melalui Kementerian ESDM menetapkan wilayah pertambangan berdasarkan masukan dari Pemerintah Daerah dan instansi terkait. Secara proses bisnis, apabila terdapat pelaku usaha yang melakukan usaha pertambangan, badan pelaksana memberikan penugasan ke pelaku usaha tersebut. Sedangkan kewilayahan seluruhnya diatur oleh Menteri ESDM, dari level WUP mineral radioaktif, sampai wilayah izin usaha pertambangan (WIUP) Radioaktif, yang merupakan wilayah penugasan pertambangan, keseluruhannya diatur dan dikeluarkan oleh Kementerian ESDM atas usulan dari badan pelaksana. Hingga saat ini belum ada pelaku usaha yang memiliki minat dalam bidang pertambangan bahan galian nuklir. Hampir semua negara penghasil bahan galian nuklir (20 negara) memiliki pandangan bahwa bahan galian nuklir adalah bahan strategis sehingga pengusahaan bahan galian nuklir dikuasai oleh negara dan diselenggarakan oleh badan usaha milik negara masing-masing.

Kegiatan pertambangan bahan galian nuklir yang ada saat ini adalah penyimpanan MIR dan pengiriman MIR. Kegiatan penyimpanan tersebut telah memperoleh izin dari BAPETEN sebagaimana diberikan pada Tabel 2. Penyimpanan MIR tersebut berlokasi di beberapa wilayah Indonesia sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 27. Kegiatan lainnya menunggu peraturan pelaksanaan dalam bentuk PP dan Peraturan Badan.



Gambar 27. Lokasi kegiatan penyimpanan mineral ikutan radioaktif.

UUK belum menegaskan bahwa bahan galian nuklir dikuasai negara, dan bagaimana mekanisme pengusahaannya oleh BUMN. Dengan terbitnya Undang-Undang Cipta Kerja, telah ditegaskan bahwa bahan galian nuklir dikuasai oleh negara dan negara membuka kesempatan seluas-luasnya bagi pelaku usaha swasta untuk melakukan kegiatan usaha pertambangan. Untuk itu ketentuan dalam kepemilikan bahan galian nuklir dan mekanisme jual beli perlu diberikan ketentuan yang ketat. Berdasarkan pasal 17 UUK, penjualan (ekspor) bahan galian nuklir ke pihak luar negeri harus mendapatkan izin BAPETEN. Izin yang diterbitkan BAPETEN setara dengan izin usaha pertambangan berdasarkan UU Minerba. Upaya ini ditempuh karena isu penjualan bahan nuklir memiliki konsekuensi terhadap keamanan dunia.

Selain isu keselamatan pertambangan, kesehatan kerja, dan keselamatan lingkungan hidup, potensi bahaya radiasi atau keselamatan radiasi menjadi salah satu isu yang penting dalam pertambangan bahan galian nuklir. Untuk itu pengaturan keselamatan harus diterapkan sesuai dengan jenis bahaya dan karakteristik kegiatan.

Tabel 2. Jumlah izin penyimpanan MIR tahun 2021.

No	Izin MIR	Jumlah

1.	Izin Penyimpanan MIR	22
2.	Persetujuan Pengiriman MIR	3

Berdasarkan risiko bahaya tersebut, diperlukan izin bagi pelaku usaha yang akan melakukan kegiatan pertambangan bahan galian nuklir untuk memastikan kompetensi dan kapabilitas pelaku usaha dalam keselamatan dan keamanan pada pelaksanaan kegiatannya.

Mekanisme pemberian kuasa penambangan dalam bentuk izin pertambangan bahan galian nuklir telah diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 5 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perizinan Berusaha Berbasis Risiko. Namun demikian peraturan mengenai pengusahaan dan tata kelolanya belum diakomodasi dalam Peraturan Pemerintah Nomor 5 Tahun 2021. Persyaratan keselamatan dan keamanan pertambangan bahan galian nuklir diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 52 Tahun 2022 tentang Keselamatan dan Keamanan Pertambangan Bahan Galian Nuklir.

Ketentuan pengusahaan yang perlu diatur dalam RUUK antara lain luas wilayah penugasan untuk kegiatan eksplorasi dan luas wilayah penugasan penambangan mineral radioaktif. Ketentuan pengaturan luas wilayah tersebut merupakan salah satu perwujudan dari asas pembangunan berkelanjutan dan usaha pelestarian lingkungan hidup.

Sebagai perbandingan, pengaturan luas wilayah pertambangan mineral logam telah ditetapkan dalam Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2020 yaitu paling luas 100.000 (seratus ribu) hektar untuk kegiatan eksplorasi, sedangkan untuk kegiatan operasi produksi pertambangan mineral logam ditetapkan berdasarkan hasil evaluasi Menteri terhadap rencana pengembangan seluruh wilayah yang diusulkan oleh pemegang IUPK. Namun sebelumnya dalam Undang-Undang Nomor Tahun 2009 diatur luas wilayah untuk kegiatan operasi produksi adalah 25.000 (dua puluh lima ribu) hektar. Pengaturan mengenai luas wilayah tersebut dapat diadopsi dalam konsepsi RUUK karena pertambangan mineral radioaktif dapat dikategorikan sama dengan mineral logam.

Selanjutnya, untuk MIR yang dihasilkan dari kegiatan pertambangan dan industri lainnya, perlu pengaturan baru selain penyimpanan MIR. Potensi uranium dan thorium yang terkandung dalam MIR dapat diolah untuk menghasilkan uranium dan thorium konsentrat. Mengingat MIR memiliki nilai strategis dan tidak dapat dimiliki oleh pelaku usaha pertambangan maka pelaku usaha memiliki kewajiban untuk menyimpan MIR sebelum dilakukan pengolahan. Pengolahan MIR hanya dapat dilakukan oleh BUMN, karena nilai strategis dari kandungan uranium dan thoriumnya maupun mineral logam lainnya. Mekanisme penyerahan MIR dari pelaku usaha ke negara melalui BUMN perlu diatur agar memberikan manfaat sebesar-sebesarnya untuk kemakmuran rakyat. Penyimpanan dan pengolahan untuk menghasilkan uranium dan thorium konsentrat tersebut memerlukan otorisasi dari badan pengawas. Sedangkan tata kelola pengolahan MIR untuk menghasilkan produk selain uranium dan thorium memerlukan koordinasi dengan Kementerian ESDM dan Kementerian Perindustrian. Koordinasi tersebut diperlukan karena kewenangan pembinaan dan pengawasan berada pada kedua kementerian tersebut.

UUK belum mengatur mengenai pendapatan negara dan pendapatan daerah yang diperoleh dari pertambangan bahan galian nuklir. Sebagaimana diatur dalam Undang-Undang Nomor 9 Tahun 2018 tentang Penerimaan Negara Bukan Pajak, salah satu objek PNBP adalah pemanfaatan sumber daya alam, baik yang terbarukan maupun tidak terbarukan. Penetapan pendapatan negara dan daerah dari pemanfaatan sumber daya alam tersebut memperhatikan antara lain kepentingan nasional dan kesinambungan pengelolaan sumber daya alam antar-generasi. Lebih lanjut dalam UndangUndang Nomor 33 Tahun 2004 tentang Perimbangan Keuangan antara Pemerintahan Pusat dan Pemerintahan Daerah, diatur bahwa pendapatan daerah salah satunya adalah dari dana bagi hasil sumber daya alam yang berasal dari: a. kehutanan; b. pertambangan umum; c. perikanan; d. pertambangan minyak bumi; e. pertambangan gas bumi; dan f. pertambangan panas bumi. Selain itu dalam Undang-Undang Nomor 3 Tahun

2020, juga diatur bahwa pemegang izin usaha pertambangan, izin usaha pertambangan khusus, izin pertambangan rakyat, wajib membayar pendapatan negara dan pendapatan daerah yang terdiri atas penerimaan pajak dan penerimaan negara bukan pajak. Penerimaan negara bukan pajak meliputi iuran tetap, iuran produksi, kompensasi data informasi, dan penerimaan negara bukan pajak lain yang sah berdasarkan ketentuan peraturan perundang-undangan. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka ketentuan pendapatan negara dan daerah dari pertambangan bahan galian nuklir perlu diatur dalam konsepsi RUUK dan aturan lebih rinci dalam peraturan pelaksana.

6. Instalasi nuklir

Dalam UUK, instalasi nuklir didefinisikan sebagai:

a) reaktor nuklir;
b) fasilitas yang digunakan untuk pemurnian, konversi, pengayaan bahan nuklir, fabrikasi bahan bakar nuklir dan/atau pengolahan ulang bahan bakar nuklir bekas; dan/atau
c) fasilitas yang digunakan untuk menyimpan bahan bakar nuklir dan bahan bakar nuklir bekas.

Definisi di atas mengidentifikasi semua fasilitas yang terlibat dalam penggunaan bahan nuklir baik sebelum digunakan di reaktor nuklir maupun setelah digunakan di reaktor nuklir. Seluruh proses tersebut dikenal dengan daur bahan bakar nuklir (*nuclear fuel cycle*). Hal ini diartikan semua fasilitas yang ditujukan untuk daur bahan bakar nuklir dikategorikan sebagai instalasi nuklir.

Dalam *Convention on Nuclear Safety* yang telah diratifikasi melalui Keputusan Presiden Nomor 106 Tahun 2001 tentang Pengesahan *Convention on Nuclear Safety*, instalasi nuklir didefinisikan sebagai setiap pembangkit listrik tenaga nuklir sipil di daratan termasuk fasilitas penyimpanan, penanganan, dan pengolahan untuk zat radioaktif yang berada di tapak yang sama dan secara langsung terkait dengan pengoperasian pembangkit listrik

tenaga nuklir. Instalasi tersebut tidak lagi menjadi instalasi nuklir ketika semua bahan bakar nuklir telah dipindahkan secara permanen dari teras reaktor dan telah disimpan dengan selamat sesuai dengan prosedur yang disetujui, dan program dekomisioning disetujui oleh badan pengawas.

Dalam Konvensi Pertanggungjawaban Kerugian Nuklir, definisi instalasi nuklir adalah:

a) reaktor nuklir selain yang digunakan pada sarana transportasi laut atau udara sebagai sumber tenaga, baik untuk tenaga pendorong atau untuk tujuan lain;
b) pabrik yang menggunakan bahan bakar nuklir untuk produksi bahan nuklir, atau pabrik untuk pemrosesan bahan nuklir, termasuk pabrik untuk pemrosesan ulang bahan bakar nuklir terirradiasi; dan
c) fasilitas di mana bahan nuklir disimpan, selain dari penyimpanan sementara pada saat pengangkutan bahan tersebut;

dengan ketentuan bahwa Negara Instalasi dapat menentukan bahwa beberapa instalasi nuklir dengan satu operator yang berlokasi di tapak yang sama harus dianggap sebagai instalasi nuklir tunggal.

Dalam standar IAEA untuk proteksi radiasi, *General Safety Requirement* (GSR) Part 3, instalasi nuklir didefinisikan sebagai setiap fasilitas nuklir yang wajib mendapatkan otorisasi yang merupakan bagian dari daur bahan bakar nuklir, kecuali fasilitas untuk penambangan atau pemrosesan bijih uranium atau bijih thorium dan fasilitas pembuangan limbah radioaktif. Mengacu pada definisi instalasi nuklir, hal ini meliputi

a) pembangkit tenaga nuklir;
b) reaktor riset (termasuk perangkat subkritis dan kritis) dan fasilitas produksi radioisotop yang menjadi satu kesatuan;
c) fasilitas penyimpanan bahan bakar bekas;
d) fasilitas untuk pengayaan uranium;
e) fasilitas fabrikasi bahan bakar nuklir;
f) fasilitas konversi;

g) fasilitas untuk pemrosesan ulang bahan bakar nuklir bekas;

h) fasilitas untuk pengelolaan limbah radioaktif yang ditimbulkan dari fasilitas daur bahan bakar nuklir; dan

i) fasilitas penelitian dan pengembangan terkait daur bahan bakar nuklir.

Daur bahan nuklir dalam standar ini didefinisikan sebagai semua kegiatan yang terkait dengan produksi energi nuklir, yang meliputi:

a) penambangan dan pemrosesan bijih uranium atau bijih thorium;

b) pengayaan uranium;

c) pembuatan bahan bakar nuklir;

d) operasi reaktor nuklir (termasuk reaktor riset);

e) pemrosesan ulang bahan bakar bekas;

f) semua kegiatan pengelolaan limbah (termasuk dekomisioning) yang berkaitan dengan operasi yang terkait dengan produksi energi nuklir; dan

g) segala kegiatan penelitian dan pengembangan terkait.

Dari beberapa tinjauan definisi di atas, definisi instalasi nuklir dalam GSR Part-3 lebih sesuai dengan situasi dan kondisi di Indonesia karena cakupan jenis instalasi luas. Sebagai contoh instalasi radiometalurgi dapat dimasukkan sebagai instalasi nuklir untuk penelitian dan pengembangan terkait daur bahan bakar nuklir. Dengan demikian instalasi nuklir perlu didefinisikan ulang dalam bentuk cakupan kegiatan atau fungsi yang melibatkan daur bahan bakar nuklir, termasuk instalasi penggunaan yang antara lain reaktor yang menggunakan bahan nuklir untuk memanfaatkan panas yang dihasilkan untuk pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN), tenaga penggerak, atau reaktor yang dimanfaatkan radiasi neutronnya, contohnya reaktor yang memproduksi radioisotop, dan instalasi radiometalurgi yang digunakan untuk pengujian bahan bakar nuklir pascairadiasi. Sedangkan jenis instalasi dapat diuraikan dalam pengaturan di batang tubuh dan penjelasannya.

Saat ini, jenis instalasi nuklir yang ada di Indonesia adalah reaktor nuklir, fabrikasi bahan bakar nuklir, pengujian radiometalurgi pra dan pasca iradiasi dan penyimpanan bahan bakar nuklir bekas. Untuk jenis instalasi lainnya, Indonesia belum mengembangkan karena kebutuhan akan instalasi tersebut belum mendesak. Fasilitas penambangan dan pengolahan bahan galian nuklir yang menghasilkan *yellow cake* tidak termasuk kategori instalasi nuklir.

Pasal 17 ayat (2) UUK dengan tegas menyatakan bahwa pembangunan dan pengoperasian reaktor nuklir dan instalasi nuklir lainnya serta dekomisioning reaktor nuklir wajib memiliki izin. Pengaturan izin instalasi nuklir dimuat lebih rinci dalam Peraturan Pemerintah Nomor 2 tahun 2014 tentang Perizinan Instalasi Nuklir dan Pemanfaatan Bahan Nuklir. Hingga Desember 2021, data perizinan instalasi nuklir dan pemanfaatan bahan nuklir sebanyak 13 izin untuk instalasi nuklir dan 28 izin bahan nuklir, yang disajikan dalam Tabel 3 di bawah ini. Instalasi nuklir tersebut seluruhnya berlokasi di pulau Jawa. Seluruh instalasi nuklir yang beroperasi dimiliki dan dioperasikan oleh badan pelaksana (BRIN). Satu izin reaktor nuklir dalam Tabel 3 adalah izin tapak untuk Reaktor Daya Eksperimental (RDE) milik BRIN. Instalasi nuklir yang terakhir dibangun adalah reaktor serba guna GA Siwabessy di Serpong, Tangerang Selatan, dan mulai beroperasi sejak tahun 1987. Hal ini artinya usia operasi instalasi nuklir tersebut di atas minimal 32 tahun. Ini merupakan usia operasi yang cukup panjang, dan fakta yang membanggakan adalah bahwa hingga saat ini seluruh instalasi nuklir tetap beroperasi dengan selamat dan aman. Isu penuaan fasilitas menjadi isu yang dominan saat ini yang dapat mengancam keselamatan instalasi nuklir apabila tidak dikelola dengan baik.

Tabel 3. Jumlah izin/persetujuan untuk instalasi dan bahan nuklir.[65]

No.	Jenis izin	Jumlah izin

[65] Sumber: Direktorat Perizinan Instalasi dan Bahan Nuklir, Desember 2021

1.	Reaktor nuklir (RN)	4
2.	Instalasi nuklir nonreaktor (INNR) dan Fasilitas Radiasi Dampak Radiologi Tinggi	9
3.	Penyimpanan MIR, persetujuan pengiriman, dan *negative statement.*	40
4.	Pemanfaatan bahan nuklir	28
5.	Izin bekerja petugas instalasi dan bahan nuklir	350
6.	Persetujuan terkait reaktor nuklir & instalasi nuklir nonreaktor, bahan nuklir, dan sertifikat bungkusan zat radioaktif	9

Pembangunan dan pengoperasian instalasi nuklir memiliki tahapan yang perlu mendapatkan izin dari negara. *Handbook of Nuclear Law* memperkenalkan siklus instalasi nuklir dalam beberapa tahap yang meliputi:

a) pemilihan tapak,
b) desain,
c) fabrikasi dan konstruksi,
d) komisioning,
e) operasi, dan
f) dekomisioning

Beberapa negara hanya menggunakan 3 tahapan, meliputi tapak dan konstruksi, operasi, dan dekomisioning. Dalam *Korean Nuclear Safety Act* No. 14839, Jul. 26, 2017, Korea Selatan menerapkan tahapan konstruksi, operasi, dan dekomisioning. Dalam setiap tahapan diuraikan persyaratan keselamatan. Persyaratan keamanan diuraikan secara umum dalam UU tersebut. United States – Nuclear Resgulatory Commission (US-NRC) ebagai badan pengawas tenaga nuklir Amerika Serikat juga menerapkan perizinan bertahap dan perizinan bertahap gabungan dalam 10 Code of Federal Regulations (CFR) 50 dan 10 CFR 52. Di Finlandia, *Nuclear Energy Act* Nomor

990/1987 yang diamandemen terakhir dalam nomor 342/2008 juga memberlakukan perizinan bertahap untuk tahap konstruksi dan operasi. United Arab Emirate (UAE), dengan Undang-Undang Federal Nomor 6 Tahun 2009 tentang Penggunaan Damai Energi Nuklir, menerapkan perizinan untuk setiap tahapan fasilitas nuklir, yaitu pemilihan tapak, penyiapan tapak, konstruksi, komisioning, operasi, dan dekomisioning, serta persetujuan modifikasi fasilitas nuklir. Beberapa negara memberlakukan tahapan tapak dalam undang-undang yang berbeda dengan undang-undang nuklirnya. Secara prinsip tahapan ini penting untuk dikendalikan dan diberikan perizinan mengingat dampak terhadap keselamatan masyarakat yang mungkin terjadi.

Dalam peraturan perundang-undangan ketenaganukliran, tahapan perizinan tersebut juga sudah digunakan yang meliputi tapak, konstruksi, komisioning, operasi, dan dekomisioning. Selain terdapat beberapa persetujuan yang diberikan antara lain persetujuan evaluasi tapak, persetujuan desain, persetujuan perubahan desain, persetujuan modifikasi, dan pernyataan pembebasan setelah dekomisioning selesai.

Evaluasi tapak harus dilakukan oleh pemohon izin/operator instalasi nuklir. Evaluasi ini dilakukan untuk memastikan bahwa semua kejadian eksternal baik kejadian alam maupun kejadian akibat ulah manusia yang dapat memengaruhi instalasi nuklir telah dievaluasi dan dipertimbangkan dalam desain yang akan dibangun. Selain itu juga untuk menganalisis karakteristik tapak dan wilayah sekitarnya yang berpengaruh pada perpindahan zat radioaktif yang dilepaskan oleh instalasi nuklir sampai pada manusia dan lingkungan hidup akibat pengoperasian instalasi nuklir baik pada kondisi operasi normal maupun pada kondisi kecelakaan. Lebih lanjut evaluasi tapak juga dilakukan sebagai antisipasi kedaruratan nuklir untuk menilai demografi dan karakteristik lain dari tapak dan wilayah sekitarnya yang berkaitan dengan evaluasi risiko terhadap anggota masyarakat dan kelayakan penerapan program kesiapsiagaan nuklir.

Pada tahap konstruksi, kegiatan yang dilakukan dimulai dari penyiapan lahan, pemasangan pondasi, pendirian, pemasangan, dan pengujian struktur, sistem, dan komponen (SSK) instalasi nuklir. Kegiatan konstruksi dilaksanakan sesuai dengan desain yang telah memenuhi persyaratan keselamatan. Pada tahap ini harus dipastikan bahwa SSK yang diterima dari pemasok memiliki mutu yang sesuai dan ketertelusuran. Kegiatan konstruksi juga mencakup semua pengujian tanpa bahan bakar nuklir secara terintegrasi untuk setiap SSK instalasi nuklir. Kegiatan konstruksi harus memenuhi persyaratan keselamatan.

Setelah konstruksi dilaksanakan, maka tahap selanjutnya adalah komisioning. Komisioning adalah kegiatan pengujian untuk membuktikan bahwa struktur, sistem, dan komponen instalasi nuklir terpasang yang dioperasikan dengan bahan nuklir memenuhi persyaratan dan kriteria desain. Pengujian tersebut dilakukan secara terintegrasi untuk semua sistem dengan bahan bakar nuklir. Komisioning dilakukan untuk untuk semua moda operasi, dan dapat ditambahkan moda operasi khusus. kegiatan komisioning ini juga dilakukan untuk memverifikasi batasan dan kondisi operasi.

Tahap operasi dapat dimulai setelah komisioning selesai dan harus dilaksanakan sesuai dengan hasil komisioning. Operasi adalah pelaksanaan kegiatan untuk menjalankan fasilitas Ketenaganukliran sesuai tujuan dan kondisi yang terdapat dalam Otorisasi. Operasi instalasi nuklir dilaksanakan untuk berbagai tujuan seperti pembangkitan tenaga listrik, produksi bahan bakar nuklir, produksi radioisotop, penyimpanan bahan bakar nuklir bekas, pengujian radiometalurgi, dan lain-lain. Pelaksanaan operasi harus memenuhi persyaratan keselamatan.

Pada UUK, definisi dekomisioning hanya digunakan untuk reaktor nuklir, namun secara praktek dekomisioning yang diperkenalkan oleh IAEA mencakup semua fasilitas ketenaganukliran, antara lain reaktor nuklir, INNR, fasilitas radiasi, dan fasilitas pertambangan bahan galian nuklir. Dekomisioning tersebut tidak mencakup fasilitas penyimpanan lestari bahan

bakar nuklir bekas dan limbah radioaktif, dan pembuangan permanen MIR dan residu pertambangan mineral radioaktif. Selain itu pada prakteknya di Indonesia, telah dilakukan dekomisioning pada fasilitas pemurnian asam fosfat untuk menghasilkan *yellow cake* setelah memperoleh izin dari BAPETEN. Selain itu pada UUK, dekomisioning dilakukan terhadap fasilitas/instalasi secara menyeluruh, sedangkan pada prakteknya kegiatan dekomisioning dapat dilakukan secara parsial. Oleh karena itu, selanjutnya dekomisioning didefinisikan sebagai kegiatan untuk menghentikan beroperasinya fasilitas ketenaganukliran sebagian atau seluruhnya secara permanen dan mengembalikan kondisi lingkungan hidup sesuai batasan yang diizinkan dari segi proteksi radiasi. Dengan demikian seluruh fasilitas ketenaganukliran akan terlingkupi.

Hingga tahun 2020, BATAN telah melakukan evaluasi tapak pada beberapa lokasi yaitu kawasan Muria, kawasan Banten, kawasan Bangka Belitung, dan terakhir melakukan prastudi di Kalimantan Timur, Kalimantan Barat, dan Kalimantan Tengah. Daerah yang paling cocok untuk menjadi lokasi PLTN adalah Bangka Belitung dan Kalimantan, mengingat kedua wilayah ini relatif stabil dari aspek kegempaan dan gunung api.

Seiring dengan adanya tawaran PLTN terapung yang pernah disampaikan oleh salah satu negara di Eropa, maka jenis tapak reaktor bisa saja tidak hanya di daratan. Oleh karena itu tapak instalasi nuklir dapat diperluas lingkupnya yakni darat, di atas perairan (*floating*), dan bawah air.

Isu lokasi atau tapak dalam berbagai proyek nasional adalah hal yang tidak bisa dielakkan. Untuk itu, Pemerintah umumnya memberikan insentif terhadap penyediaan lahan. Undang Undang Nomor 30 tahun 2007 tentang Energi, Pasal 20 memberikan peluang diberikannya insentif terhadap proyek PLTN hingga tercapai nilai keekonomiannya karena termasuk sumber energi baru. Dengan demikian, penggunaan tenaga nuklir untuk energi dapat memperoleh insentif dari Pemerintah atau Pemerintah Daerah. Contoh yang lainnya pada proyek jalan tol nasional, pemerintah melakukan studi Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) dan hasilnya diberikan kepada

pengembang jalan tol, mengingat proyek nasional jalan tol dilakukan bersama-sama oleh beberapa kontraktor jalan tol. Hal yang sama dapat diberlakukan pada proyek PLTN nasional untuk menarik investasi.

Reaktor nuklir untuk tujuan energi atau listrik telah dipertimbangkan dalam peta jalan bauran energi dalam rangka memenuhi *net zero carbon emission*. Beberapa isu regulasi, teknologi, sosial, dan pembiayaan masih menjadi perdebatan terkait reaktor nuklir untuk listrik. Selain untuk listrik, penggunaan reaktor nuklir untuk penggerak kapal perang, kapal selam, atau kapal riset juga menjadi wacana namun belum ada arah kebijakan yang jelas.

Jenis reaktor nuklir baru tipe pembangkit listrik tenaga thorium (PLTT) yang juga gencar diajukan salah satu pelaku usaha masih membutuhkan kajian teknis yang lebih komprehensif, meskipun kementerian ESDM memiliki ketertarikan dalam pengembangan lebih lanjut. Negara-negara Eropa, Amerika Serikat, dan Kanada sedang gencar mengembangkan *Small Modular Reactor* (SMR) yang dinilai tepat untuk negara berkembang yang ingin mulai menggunakan nuklir sebagai energi listrik. Kapasitas pembangkitan maksimum 300 MW, ukuran yang lebih kecil, fitur keselamatan menggunakan pendekatan sistem pasif, dan biaya investasi relatif lebih murah diharapkan menjadi alternatif untuk memenuhi kebutuhan listrik. Dunia internasional dan Badan Tenaga Atom Internasional (IAEA) memiliki keyakinan bahwa isu perubahan iklim dapat dikurangi dengan penggunaan nuklir untuk listrik, dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar fosil lainnya.

Peraturan Pemerintah Nomor 14 Tahun 2015 tentang Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional, mengamanatkan bahwa Kalimantan Barat dialokasikan untuk mengembangkan 2 dari 14 kawasan industri prioritas yang akan dikembangkan di luar Pulau Jawa, yakni kawasan industri Landak yang berbasis pada industri karet dan *crude palm oil* (CPO), dan kawasan industri Ketapang yang berbasis pada industri aluminium. Perkembangan kawasan industri prioritas ini perlu didukung dengan penyediaan infrastruktur energi, terutama energi listrik yang besar untuk bisa menjamin

perwujudan dan keberlanjutannya. Diperkirakan bahwa pengembangan 14 kawasan industri prioritas tersebut akan memerlukan daya listrik terpasang sebesar 12.510 MW (megawatt), sehingga masing-masing kawasan industri memerlukan lebih kurang 900 MW dan 2 (dua) kawasan industri Kalimantan Barat akan memerlukan daya listrik terpasang sebesar 1.800 MW.

Keterbatasan sumber daya energi yang dimiliki provinsi Kalimantan Barat, yakni sumber daya energi batubara yang sedikit dan tersebar, potensi pembangkit listrik tenaga air (PLTA) dan pembangkit listrik tenaga biomassa (PLT Biomassa) yang kecil, menjadi tantangan dalam pengembangan industri di provinsi Kalimantan Barat. Salah satu pilihan dalam pemenuhan energi yang tepat dan sesuai dengan Kalimantan Barat adalah dengan pemanfaatan energi nuklir.

Lebih lanjut, Pemerintahan Joko Widodo memiliki rencana memindahkan ibu kota dari DKI Jakarta ke luar Pulau Jawa, di mana wilayah Kalimantan menjadi kandidat terkuat untuk ibu kota baru. Persiapan untuk pemindahan ibu kota ini juga tentunya memerlukan kebutuhan energi listrik yang cukup besar. Kebutuhan energi listrik ini, tentunya akan lebih efisien jika dipenuhi melalui PLTN.

Energi merupakan salah satu kebutuhan masyarakat yang perlu dibangun oleh Pemerintah di samping program infrastruktur, kesehatan, dan pangan. Kebutuhan energi secara normatif terus meningkat sejalan dengan peningkatan jumlah penduduk, membaiknya taraf hidup dan berkembangnya industri. Sebagai negara yang sedang tumbuh berkembang Indonesia juga mengikuti norma tersebut. Sejak reformasi 1998, manajemen tata negara mengalami perubahan-perubahan mendasar. Perubahan tersebut berdampak amat besar pada kebijakan di hampir semua sektor kehidupan bernegara dan berbangsa.

Dewasa ini di beberapa negara maju pemanfaatan tenaga nuklir di berbagai bidang kehidupan masyarakat, seperti di bidang penelitian, pertanian, kesehatan, industri, dan energi sudah begitu pesat. Hal ini sebagai salah satu upaya untuk mengisi pembangunan nasional dan terwujudnya

kesejahteraan dan kemakmuran rakyat serta tercapainya kemampuan penguasaan teknologi nuklir, maka sudah sewajarnya potensi tenaga nuklir yang cukup besar tersebut dikembangkan dan dimanfaatkan bagi sebesarbesar kemakmuran rakyat.

Ada beberapa alasan mengapa energi nuklir dapat dijadikan sebagai sumber energi alternatif: pertama, makin menipisnya cadangan energi fosil yang terkandung di perut bumi. Kedua, meski cadangan baru terus ditemukan, rasio kecepatan penemuan cadangan dengan jumlah pemakaiannya tampak sangat tak seimbang. Ini antara lain tergambar dari pasaran harga minyak yang semakin hari justru semakin melambung tinggi. Permasalahan itulah yang pada gilirannya mendorong sejumlah negara melancarkan program pengembangan energi alternatif selain minyak. Selain satu alternatifnya memanfaatkan beberapa negara adalah energi nuklir. Selain itu, energi nuklir termasuk energi yang menghasilkan karbon sangat rendah, dan mampu memasok beban dasar listrik dengan keandalan tinggi dan daya yang besar tanpa tergantung iklim dan musim, sehingga menjadi alternatif yang tepat untuk transisi energi menuju *net zero carbon emission.*

Kemajuan dan kemakmuran suatu negara dapat diukur dari berapa besar penggunaan energi listrik per kapita di negara tersebut. Bertambah besar energi yang dikonsumsi suatu negara berarti bertambah maju atau bertambah makmur negeri tersebut. Hal ini tidak lain karena listrik merupakan lambang kemajuan ekonomi sekaligus kemajuan teknologi.
Apabila listrik sudah merata masuk sampai ke pelosok, sudah tentu rakyat menggunakan produk-produk industri seperti mobil listrik, kulkas, mesin cuci, kipas angin, kompor listrik, pendingin ruangan, penerangan (lampu), mesin pompa air, dan lain sebagainya. Ditambah lagi kecenderungan dunia untuk memanfaatkan listrik secara maksimal karena listrik merupakan bentuk energi yang paling bersih, praktis, dan efisien. Bahkan tidak hanya untuk keperluan rumah tangga, tetapi juga merupakan andalan dalam proses industri modern. Oleh karena itu, negara maju berlomba untuk memasok

listrik dengan biaya pembangkit listrik yang murah, efisien, dan ramah lingkungan.

Amerika Serikat adalah yang pertama mengembangkan energi nuklir dan saat ini merupakan negara pengguna energi nuklir terbesar di dunia. Langkah Amerika Serikat ini selanjutnya diikuti oleh beberapa negara lain di belahan dunia seperti Jepang, Cina, Rusia, Korea Selatan, Jerman dan banyak negara lain dengan jumlah reaktor nuklir yang beragam.

Dari segi ekonomi, pada awal pembangunan PLTN memang membutuhkan dana yang cukup besar. Akan tetapi, untuk jangka panjang, energi nuklir menjadi '*too cheap to meter*' untuk memproduksi listrik per kilowatt-jam-nya. Sebuah studi yang dilakukan oleh *Depleted* UF6 *Management Information Network* menunjukkan bahwa 1 ton uranium dapat memproduksi lebih dari 40 juta kilowatt-jam listrik, setara dengan 80.000 barel minyak atau setara dengan 16.000 ton batubara[66].

Meskipun UUK tidak menguraikan rinci persyaratan dalam pembangunan dan pengoperasian instalasi nuklir, Peraturan Pemerintah Nomor 2 Tahun 2014 dan Peraturan Pemerintah Nomor 54 Tahun 2012 telah memberikan ketentuan penggunaan instalasi nuklir sesuai tujuannya, dan menekankan pentingnya aspek keselamatan nuklir (termasuk proteksi radiasi), keamanan, dan garda-aman (*safeguards*). Keselamatan nuklir bertujuan mencegah kecelakaan nuklir sejak pembuatan tapak sampai dekomisioning.

Keselamatan nuklir merupakan pencapaian dari kondisi bekerja yang baik, pencegahan kecelakaan, atau mitigasi bencana, yang menghasilkan perlindungan kepada pekerja, masyarakat, dan lingkungan hidup dari bahaya radiasi. Pemanfaatan tenaga nuklir harus pula berimbang antara keselamatan dan efisiensi dari pemanfaatan itu sendiri. Untuk mencapai hal

---

[66] United States Environmental Protection Agency, "Nuclear Energy", <http://www3.epa.gov/climatechange/kids/solutions/technologies/nuclear.html>, diakses 29 September 2015.

tersebut, ketentuan pengaturan harus menekankan prinsip justifikasi, optimisasi, dan limitasi dosis.

Prinsip *As Low As Reasonably Achievable* (ALARA), yaitu dengan mengusahakan tingkat paparan radiasi paling rendah di bawah batas dosis yang dianjurkan, dengan mempertimbangkan aspek teknologi dan sosio ekonomi di dalam masyarakat. Berdasarkan Pasal 9 *Convention on Nuclear Safety* Tahun 1994, pemegang izin pemanfaatan tenaga nuklir memiliki tanggung jawab untuk menjamin keselamatan radiasi kepada pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup.

Garda-aman (*safeguards*) dan keamanan (*security*) merupakan dua hal yang mengatur objek yang hampir sama namun dengan persepsi yang tak sama. Keduanya memiliki objek yang sama yaitu bahan nuklir, namun gardaaman mencegah tujuan penggunaan untuk non-damai seperti penggunaan bahan nuklir untuk pembuatan senjata nuklir, sedangkan keamanan mencegah kehilangan bahan nuklir dan penguasaan bahan nuklir oleh pihak yang tidak berhak termasuk sabotase terhadap instalasi nuklir. Oleh karena itu, pengaturan mengenai garda-aman sebaiknya dipisahkan dari keamanan.

Seperti halnya keselamatan nuklir, keamanan nuklir juga bertujuan untuk melindungi manusia, properti, dan lingkungan hidup dari bahaya yang ditimbulkan oleh radiasi pengion. Oleh karena itu penerapan sistem keamanan nuklir juga wajib diterapkan oleh pemegang otorisasi instalasi nuklir. Keamanan nuklir pada instalasi nuklir diterapkan dalam bentuk sistem proteksi fisik, yang merupakan upaya yang harus dilakukan oleh pemegang otorisasi untuk mencegah, mendeteksi, dan merespon terhadap pencurian, akses, dan pemindahan tidak sah terhadap bahan nuklir serta sabotase atau tindakan tidak sah lainnya terhadap bahan nuklir maupun instalasi. Selain itu sistem keamanan nuklir juga mencakup upaya untuk menemukan dan mengembalikan bahan nuklir yang hilang dan memitigasi dampak dari sabotase.

Garda-aman adalah setiap tindakan yang ditujukan untuk memastikan bahwa tujuan pemanfaatan bahan nuklir hanya untuk maksud damai. Mengingat pada instalasi nuklir digunakan bahan nuklir maka perlu diatur kewajiban penerapan sistem garda-aman bagi pemegang otorisasi instalasi nuklir. Hal ini diperlukan untuk memastikan pelaksanaan sistem gardaaman yang efektif dan efisien oleh pemegang otorisasi dalam rangka menjamin pemanfaatan bahan nuklir untuk tujuan damai.

Berdasarkan uraian tersebut di atas terlihat bahwa keamanan dan garda-aman memiliki antarmuka yakni keduanya bertujuan untuk memastikan penggunaan bahan nuklir sesuai dengan tujuan oleh pihak yang memiliki otorisasi serta tidak disalahgunakan selain untuk tujuan damai. Upaya atau tindakan yang dilakukan untuk tujuan keamanan akan berkontribusi terhadap garda-aman dan demikian pula sebaliknya. Sebagai contoh tindakan proteksi fisik terhadap bahan nuklir dilakukan untuk memastikan penggunaan bahan nuklir yang selamat juga sekaligus memberikan perlindungan terhadap perubahan tujuan dari tujuan damai. Demikian juga penerapan sistem garda-aman yang efektif dengan mendesain dan menerapkan sistem pertanggungjawaban dan pengendalian bahan nuklir dapat meningkatkan keamanan bahan nuklir antara lain dengan mencegah perdagangan tidak sah atau menghambat atau mendeteksi tindakan tidak sah yang melibatkan bahan nuklir atau zat radioaktif lainnya.

Beberapa alternatif kebijakan dalam pembangunan dan pengoperasian instalasi nuklir perlu diidentifikasi untuk mendorong pendayagunaan instalasi nuklir yang memberi manfaat bagi masyarakat. Alternatif kebijakan itu antara lain:

a. menetapkan siklus hidup atau tahapan kegiatan setiap jenis instalasi nuklir sehingga diperoleh pengaturan yang konsisten dan mengacu ke praktik yang baik;
b. mendorong pendayagunaan instalasi nuklir lebih luas dan menopang sendi-sendi kehidupan negara, antara lain untuk ketahanan energi, pasokan isotop untuk bidang kesehatan yang memadai, ekspor bahan

bakar nuklir, penguasaan teknologi daur ulang bahan bakar nuklir bekas;

c. menfasilitasi pelaku usaha khususnya BUMN yang mengembangkan bisnis terkait instalasi nuklir baik sebagai bisnis utama atau pendukung;
d. menumbuhkan ekosistem industri yang memasok kebutuhan instalasi nuklir sehingga kemampuan ini dapat untuk memasok kebutuhan instalasi nuklir di negara lain, mengingat bisnis nuklir bersifat global; dan/atau
e. menetapkan persyaratan dasar untuk menjamin keselamatan, keamanan, dan garda-aman dapat dipenuhi selama dan pada setiap tahapan kegiatan atau siklus hidup instalasi nuklir.

7. Fasilitas radiasi

Penggunaan terminologi fasilitas radiasi tidak dijelaskan secara eksplisit dalam batang tubuh UUK. Namun demikian, dalam UU tersebut sudah diperkenalkan:

a) instalasi nuklir (reaktor nuklir dan instalasi nuklir lainnya), dan
b) instalasi yang memanfaatkan sumber radiasi pengion.

Terminologi tersebut menggambarkan bidang atau klaster yang menjadi obyek pengawasan yang dilakukan oleh BAPETEN, yaitu instalasi dan bahan nuklir dan fasilitas radiasi dan zat radioaktif. Terminologi instalasi nuklir digunakan untuk merepresentasikan klaster instalasi dan bahan nuklir (IBN), sedangkan instalasi yang memanfaatkan radiasi pengion direpresentasikan dengan terminologi fasilitas radiasi dan zat radioaktif (FRZR) atau disederhanakan menjadi fasilitas radiasi. Penggantian terminologi tersebut tidaklah mengubah substansi dan lingkup dalam kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir itu sendiri. Hal ini juga menyesuaikan dengan terminologi yang berlaku dan mengikuti kaidah internasional, atau digunakan oleh IAEA, yaitu fasilitas dan aktivitas/kegiatan.

Radiasi pengion adalah gelombang elektromagnetik dan/atau partikel bermuatan yang karena energi yang dimilikinya mampu mengionisasi media yang dilaluinya. Pernyataan tersebut terdapat pada UUK dan Peraturan Pemerintah Nomor 33 Tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif. Sementara sumber radiasi (pengion) adalah segala sesuatu yang dapat menyebabkan paparan radiasi, yang meliputi:

a) zat radioaktif dan peralatan yang mengandung zat radioaktif;
b) peralatan yang menghasilkan radiasi (pengion);
c) fasilitas atau instalasi yang di dalamnya terdapat zat radioaktif; atau
d) fasilitas atau instalasi yang di dalamnya terdapat peralatan yang menghasilkan radiasi (pengion).

Penyebutan fasilitas radiasi menjadi hal yang umum dalam terminologi pemanfaatan teknologi nuklir. Seperti yang dinyatakan dalam *Glossary* IAEA terbitan tahun 2018. Dalam buku tersebut disebutkan bahwa fasilitas adalah:

a) tempat memproduksi, memproses, memanfaatkan, mengelola, penyimpanan sementara atau penyimpanan lestari bahan atau zat radioaktif; atau
b) tempat pembangkit radiasi pengion dipasang.

Fasilitas yang dimaksud pada huruf a) dapat berupa:

a. fasilitas produksi radioisotop dan/atau radiofarmaka;
b. fasilitas iradiator;
c. fasilitas kalibrasi menggunakan zat radioaktif;
d. fasilitas penyimpanan zat radioaktif;
e. fasilitas radioterapi;
f. fasilitas kedokteran nuklir;
g. produksi barang konsumen;
h. produksi peralatan menggunakan zat radioaktif;
i. pengujian menggunakan kamera gamma (radiografi industri);
j. analisis bahan dalam kegiatan pengeboran (*well logging*); dan

k. pengukuran ketebalan, densitas, ketinggian dalam proses produksi di bidang industri.

Sementara fasilitas yang dimaksud pada huruf b) dapat berupa:

a. fasilitas radiologi diagnostik dan intervensional;
b. produksi pesawat sinar-X untuk kesehatan atau industri;
c. pengujian menggunakan pesawat sinar-X (radiografi industri); dan
d. pemeriksaan barang di bandara, pelabuhan, dan tempat umum.

India sebagai salah satu negara nuklir di Asia juga menggunakan terminologi fasilitas radiasi, yang dilakukan oleh *Atomic Energy Regulatory Board of India (AERB).* Fasilitas radiasi adalah salah satu obyek pengawasan AERB. Fasilitas radiasi yang dimaksud tersebut meliputi fasiltas yang memanfaatkan sumber radiasi pengion dan peralatan yang menghasilkan radiasi pengion, sama dengan definisi yang terdapat dalam Glossary IAEA tahun 2018. Contoh pengawasan yang dilakukan oleh AERB adalah fasilitas yang menggunakan radiasi pengion di bidang industri (radiografi industri, *well-logging, gauging*), medik (diagnostik dan terapi), penelitian (iradiator, akselerator), produk konsumen, dan fasilitas pemindai.

Malaysia juga menggunakan terminologi fasilitas radiasi sebagai salah satu obyek pengawasan dalam pemanfaatan tenaga nuklir. Fasilitas yang dimaksud juga hampir sama dengan obyek pengawasan di India dan Indonesia.

Setiap fasilitas radiasi di Indonesia harus mempunyai izin dalam melakukan kegiatannya sebagaimana diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 29 Tahun 2008 tentang Perizinan Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion dan Bahan Nuklir dan Peraturan Pemerintah Nomor 5 Tahun 2021 tentang Perizinan Berusaha Berbasis Risiko. Berdasarkan data B@LIS BAPETEN, jumlah izin pemanfaatan tenaga nuklir bidang kesehatan dan industri terdapat pada seluruh provinsi di Indonesia, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4 di bawah ini. Penggunaan radiasi pengion dalam bidang industi seimbang dibandingkan di bidang kesehatan. Namun

demikian, pemanfaatan radiasi pengion di bidang kesehatan seharusnya 3 kali lipat karena populasi penduduk Indonesia yang berjumlah 270 juta jiwa membutuhkan fasilitas kesehatan yang secara kuantitas memenuhi rasio yang tepat dan distribusi yang merata.

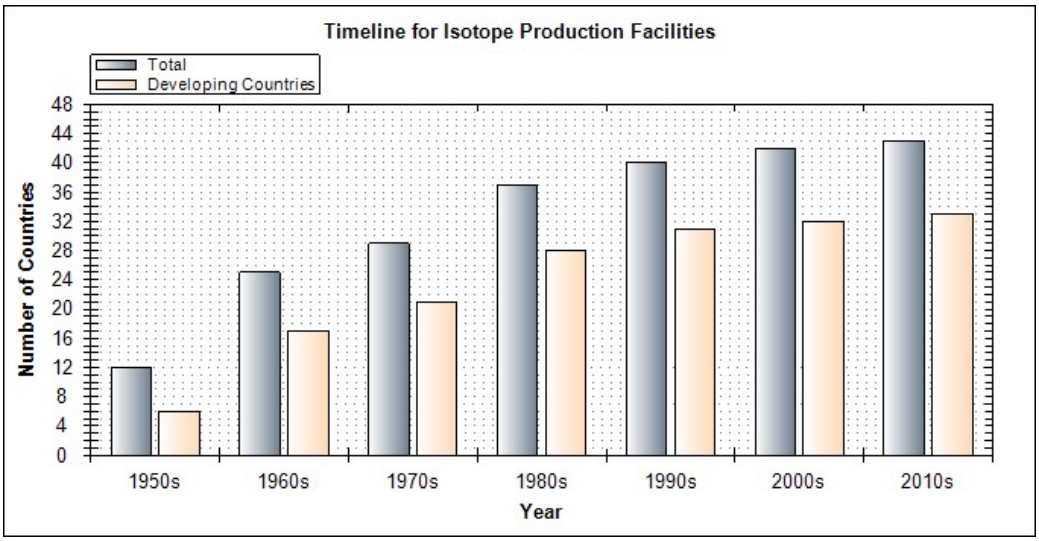
Tabel 4. Jumlah izin dan jumlah instansi untuk pemanfaatan bidang industri dan kesehatan.[67]

No	Provinsi	Industri		Kesehatan		Total	
		Jml. Izin	Jml. Instansi	Jml. Izin	Jml. Instansi	Jml. Izin	Jml. Instansi
1	Aceh	72	10	115	47	187	57
2	Bali	41	7	236	84	277	91
3	Banten	722	129	528	143	1250	272
4	Bengkulu	2	2	29	18	31	20
5	Daerah Istimewa Yogyakarta	38	17	292	88	330	105
6	DKI Jakarta	650	150	1490	356	2140	506
7	Gorontalo	2	2	36	14	38	16
8	Jambi	132	13	67	31	199	44
9	Jawa Barat	1552	276	1403	456	2955	732
10	Jawa Tengah	161	50	1125	349	1286	399
11	Jawa Timur	533	115	1221	359	1754	474
No	**Provinsi**	**Industri**		**Kesehatan**		**Total**	
		Jml. Izin	**Jml. Instansi**	**Jml. Izin**	**Jml. Instansi**	**Jml. Izin**	**Jml. Instansi**
12	Kalimantan Barat	7	4	71	36	78	40
13	Kalimantan Selatan	142	17	110	39	252	56
14	Kalimantan Tengah	25	11	62	24	87	35
15	Kalimantan Timur	632	46	174	60	806	106
16	Kalimantan Utara	143	10	22	6	165	16

[67] Sumber : https://balis.bapeten.go.id/portal/web/index.php/sites/ktun-per-provinsi per Februari 2022

17	Kepulauan Bangka Belitung	8	4	48	19	56	23
18	Kepulauan Riau	253	63	87	31	340	94
19	Lampung	16	6	145	66	161	72
20	Maluku	7	4	31	15	38	19
21	Maluku Utara	107	4	14	9	121	13
22	Nusa Tenggara Barat	50	6	93	44	143	50
23	Nusa Tenggara Timur	5	4	46	19	51	23
24	Papua	167	3	33	13	200	16
25	Papua Barat	41	10	9	7	50	17
26	Riau	640	30	179	55	819	85
27	Sulawesi Barat	1	1	13	7	14	8
28	Sulawesi Selatan	37	11	256	86	293	97
29	Sulawesi Tengah	246	10	45	23	291	33
30	Sulawesi Tenggara	33	13	47	23	80	36
31	Sulawesi Utara	12	7	62	24	74	31
32	Sumatera Barat	11	5	145	43	156	48
33	Sumatera Selatan	296	29	179	60	475	89
34	Sumatera Utara	97	26	382	150	479	176
Total		**5800**	**1095**	**8796**	**2804**	**14618**	**3899**

Pengawasan terhadap fasilitas radiasi dilaksanakan oleh BAPETEN dalam rangka untuk memastikan keselamatan, keamanan, ketentraman, kesehatan pekerja dan anggota masyarakat, serta perlindungan terhadap lingkungan hidup. Hal tersebut dilakukan mengingat fasilitas radiasi memiliki risiko terhadap kesehatan dan keselamatan manusia. Pengawasan dilakukan sejak zat radioaktif dan peralatannya atau pembangkit radiasi pengion diproduksi (‘lahir’) hingga menjadi limbah atau tidak digunakan untuk operasional (‘mati’).



Gambar 28. Jumlah negara penghasil radioisotop dan radiofarmaka.[68]

Untuk dapat mengoperasikan fasilitas radiasi, setiap orang atau badan wajib memenuhi persyaratan keselamatan radiasi yang meliputi:

a) persyaratan manajemen;
b) persyaratan proteksi radiasi;
c) persyaratan teknik; dan
d) verifikasi keselamatan.[69]

Penyelenggara proteksi keselamatan radiasi terdiri dari pemegang izin dan pihak lain yang terkait dalam pelaksanaan operasional fasilitas radiasi. Untuk pelaksanaan operasional fasilitas radiasi yang selamat dan aman, Pemegang izin wajib menyediakan personel yang terkualifikasi dan kompeten. Sebagian dari personel tersebut wajib memperoleh izin bekerja dari BAPETEN. Pemegang izin pun wajib menyelenggarakan dan menanggung biaya pemantauan kesehatan untuk seluruh pekerja radiasi baik melalui pemeriksaan kesehatan berkala minimal sekali dalam setahun; konseling; dan/atau penatalaksanaan kesehatan pekerja yang mendapatkan paparan radiasi berlebih.

Dalam kaitannya dengan persyaratan proteksi radiasi, BAPETEN berperan dalam penetapan nilai batas dosis yang tidak boleh dilampaui

[68] Sumber: https://nucleus.iaea.org/RRDB/Content/Util/IsoTopes.aspx diunduh 17 Juni 2019

[69] Peraturan Pemerintah nomor 33 tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif.

kecuali dalam kondisi khusus. Untuk memastikan nilai batas dosis tidak terlampaui, pemegang izin berkewajiban melakukan:

a) pembagian daerah kerja;
b) pemantauan paparan radiasi dan/atau kontaminasi radioaktif di daerah kerja;
c) pemantauan radioaktivitas lingkungan di luar fasilitas atau instalasi; dan
d) pemantauan dosis yang diterima pekerja.

Sementara itu, persyaratan teknik meliputi sistem pertahanan berlapis yang wajib diterapkan dalam mendesain sistem keselamatan dan praktik rekayasa yang teruji yang wajib diterapkan terhadap sumber radiasi sesuai dengan potensi bahayanya. Sementara itu, untuk melakukan verifikasi keselamatan, Pemegang Izin melakukan pengkajian keselamatan sumber, pemantauan dan pengukuran parameter keselamatan, dan rekaman hasil verifikasi keselamatan.

Peraturan Pemerintah Nomor 33 Tahun 2007 juga menerapkan intervensi dalam situasi paparan kronik dan paparan darurat. Intervensi untuk paparan kronik dilakukan oleh BAPETEN kecuali terhadap TENORM/MIR melalui tindakan remedial. Sedangkan pemegang izin memiliki kewajiban melakukan intervensi atas paparan darurat yang berasal dari fasilitas atau instansi yang menjadi tanggung jawabnya melalui tindakan protektif dan remedial.

Sama halnya dengan instalasi dan bahan nuklir, zat radioaktif juga dapat menjadi obyek pencurian atau sabotase. Oleh karena itu pemegang izin juga diwajibkan untuk menerapkan sistem keamanan zat radioaktif. Sistem keamanan zat radioaktif diterapkan berdasarkan kategorisasi zat radioaktif. Adapun tujuan penerapan sistem keamanan zat radioaktif adalah sebagai berikut:

a. untuk mencegah pencurian atau pemindahan tidak sah zat radioaktif di fasilitas radiasi;
b. untuk mencegah sabotase zat radioaktif dan sarananya;

c. untuk menemukan dan mengembalikan zat radioaktif yang hilang atau dicuri; dan
d. memitigasi dampak dari sabotase.

Beberapa permasalahan yang ditemukan terkait fasilitas radiasi pada saat ini umumnya berada pada tataran praktis yang disebabkan oleh begitu beragamnya tingkat risiko dari pengoperasian fasilitas radiasi dan kegiatan terkait. Beberapa alternatif kebijakan yang dapat dilakukan adalah sebagai berikut:

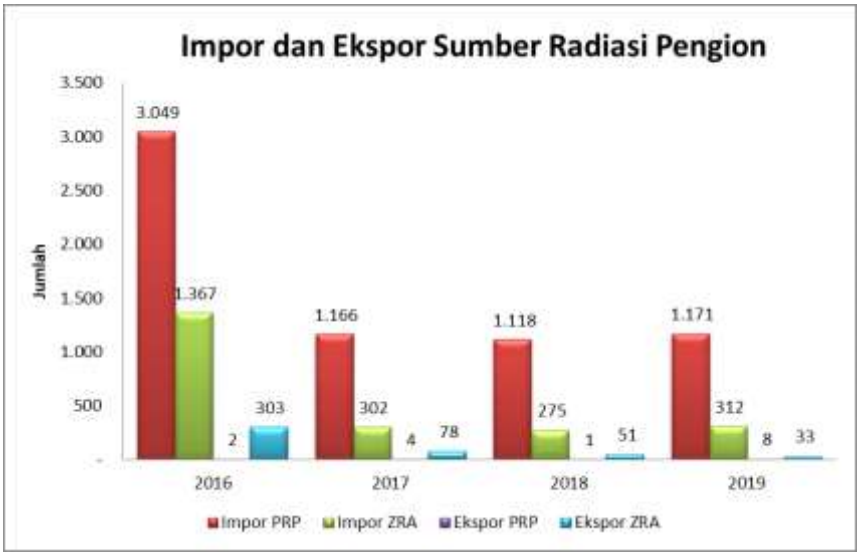
a. menetapkan jenis kegiatan atau fasilitas yang masuk dalam kategori risiko tinggi, menengah, dan rendah sehingga jenis otorisasi diberikan dengan pendekatan bertingkat sesuai risiko. Sebagai contoh untuk risiko tinggi diberikan otorisasi berupa izin dan risiko rendah cukup dengan registrasi;
b. kegiatan pendukung teknis antara lain seperti kegiatan perawatan, kalibrasi, pengujian, dan pelatihan yang dilakukan oleh pihak eksternal harus dikendalikan antara lain melalui mekanisme akreditasi, penunjukan, dan pengakuan yang disesuaikan dengan praktik nasional dan internasional;
c. sebagaimana diketahui bahwa radiasi mempunyai dampak terhadap kesehatan sehingga bagi pekerja radiasi harus diberikan insentif berupa tunjangan bahaya radiasi. Tunjangan bahaya radiasi untuk aparatur sipil negara telah diimplementasikan;
d. penanganan limbah radioaktif yang dihasilkan dari kegiatan penggunaan zat radioaktif baik yang diimpor maupun yang diproduksi di dalam negeri perlu diantisipasi dengan memberlakukan persyaratan jaminan finansial penanganan akhir zat radioaktif sebagai persyaratan izin agar limbah radioaktif dapat dikirim ke negara asal atau dikelola oleh pengelola limbah radioaktif; dan
e. keamanan zat radioaktif perlu ditingkatkan untuk mencegah adanya zat radioaktif yang dikuasai oleh pihak yang tidak berwenang sehingga mengancam keselamatan masyarakat dan lingkungan hidup.

8. Pengendalian ekspor impor bahan nuklir, zat radioaktif, peralatan yang menggunakan zat radioaktif, dan peralatan pembangkit radiasi pengion Secara umum, kegiatan ekspor dan impor telah diatur di dalam undangundang terkait ekspor impor antara lain Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2014 tentang Perdagangan dan Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1995 tentang Kepabeanan dan perubahannya. Namun demikian Undang-Undang tersebut tidak mengatur ketentuan keselamatan, keamanan, dan garda-aman untuk ekspor dan impor bahan nuklir, zat radioaktif, peralatan yang menggunakan zat radioaktif dan pembangkit radiasi pengion yang memerlukan penanganan khusus. Selain tiga jenis barang tersebut, terdapat kategori barang yang dapat digunakan untuk kebutuhan industri non nuklir dan nuklir yang dikenal dengan dwiguna (*dual used*). Ketentuan terkait *dual used* ini juga belum diatur dalam UUK. UUK juga belum menjelaskan secara spesifik pengaturan tentang keselamatan dan keamanan serta proses perizinan ekspor dan impor, walaupun di dalam Pasal 1 angka 1, kegiatan ekspor dan impor telah terdefinisi sebagai salah satu bagian dari kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir.

Berdasarkan data yang dimiliki BAPETEN, kegiatan ekspor dan impor untuk bahan nuklir, zat radioaktif, dan pembangkit radiasi pengion adalah 1.500-an persetujuan ekspor impor per tahun yang diterbitkan oleh BAPETEN[70]. Berdasarkan data pada Gambar 29 dan Gambar 30, kegiatan impor lebih dominan dibandingkan ekspor. Impor pembangkit radiasi pengion 4 kali lebih banyak dibandingkan zat radioaktif. Meskipun dalam tahun 2017 sampai 2019, jumlah impor hanya sepertiga dari tahun 2016, namun jumlah barang yang beredar di dalam negeri bertambah sehingga membutuhkan pengendalian baik dari segi administratif, keselamatan, keamanan dan gardaaman. Pengendalian tersebut dilakukan melalui kewajiban memiliki

[70] Balis BAPETEN sampai dengan 30 November 2019

otorisasi ekspor dan impor dari Kementerian Perdagangan dan BAPETEN. Bentuk otorisasi dari kementerian perdagangan bagi eksportir adalah terdaftar dan ditetapkan sebagai eksportir oleh Menteri perdagangan. Sedangkan bagi importir adalah berupa angka pengenal importir (API). Dalam hal tertentu otorisasi tersebut dapat dikecualikan sesuai peraturan perundang-undangan. Untuk mendapatkan otorisasi dari badan pengawas, beberapa persyaratan keselamatan, keamanan, dan garda aman harus dipenuhi. Untuk ekspor, maka pihak yang akan melakukan ekspor harus memastikan importir di negara tujuan telah mendapat otorisasi dari badan pengawas negara tujuan tersebut dan memperoleh keterangan dari pengguna akhir yang memuat pernyataan sebagai pengguna akhir. Sedangkan untuk impor, pihak yang akan melakukan impor harus memastikan eksportir dari negara asal telah mendapat otorisasi dari badan pengawas negara asal tersebut dan memperoleh keterangan dari pengguna akhir yang memuat pernyataan sebagai pengguna akhir.



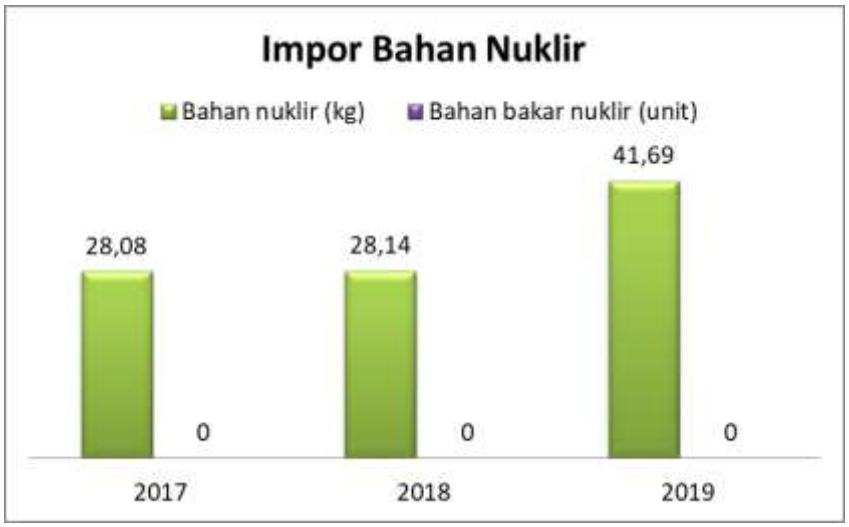
Gambar 29. Jumlah sumber radiasi pengion yang diimpor dan diekspor per tahun.[71]

Dengan begitu tingginya kegiatan ekspor dan impor tersebut, sangat penting bagi BAPETEN memastikan barang yang masuk atau keluar tersebut

[71] Balis BAPETEN, 2020

memenuhi standar keselamatan dan keamanan. Selain itu adanya kebutuhan akan radiofarmaka di beberapa negara dapat menjadi peluang bagi Indonesia untuk melakukan ekspor ke berbagai negara.

Dalam prakteknya, berdasarkan rekomendasi dan standar keselamatan, BAPETEN wajib memberikan notifikasi atau persetujuan terhadap bahan nuklir, zat radioaktif, peralatan yang menggunakan zat radioaktif, atau pembangkit radiasi pengion yang akan masuk dan keluar wilayah Indonesia.



Gambar 30. Jumlah bahan nuklir dan bahan bakar nuklir yang diimpor per tahun.[72]

Ketentuan ekspor dan impor harus berfokus kepada beberapa tujuan, yaitu:

(i) memastikan mekanisme pengawasan ekspor dan impor bahan nuklir, zat radioaktif, peralatan pembangkit radiasi pengion, dan barang *dual used* (baik yang menuju atau keluar dari negara) dilakukan dengan mempertimbangkan keamanan, keselamatan, dan tanggung jawab kepada lingkungan hidup, dan;

(ii) menjamin bahwa perpindahan bahan nuklir tidak mengakibatkan, baik secara langsung maupun tidak langsung suatu negara memiliki senjata nuklir, atau menggunakan bahan nuklir untuk tujuan yang dilarang.[73]

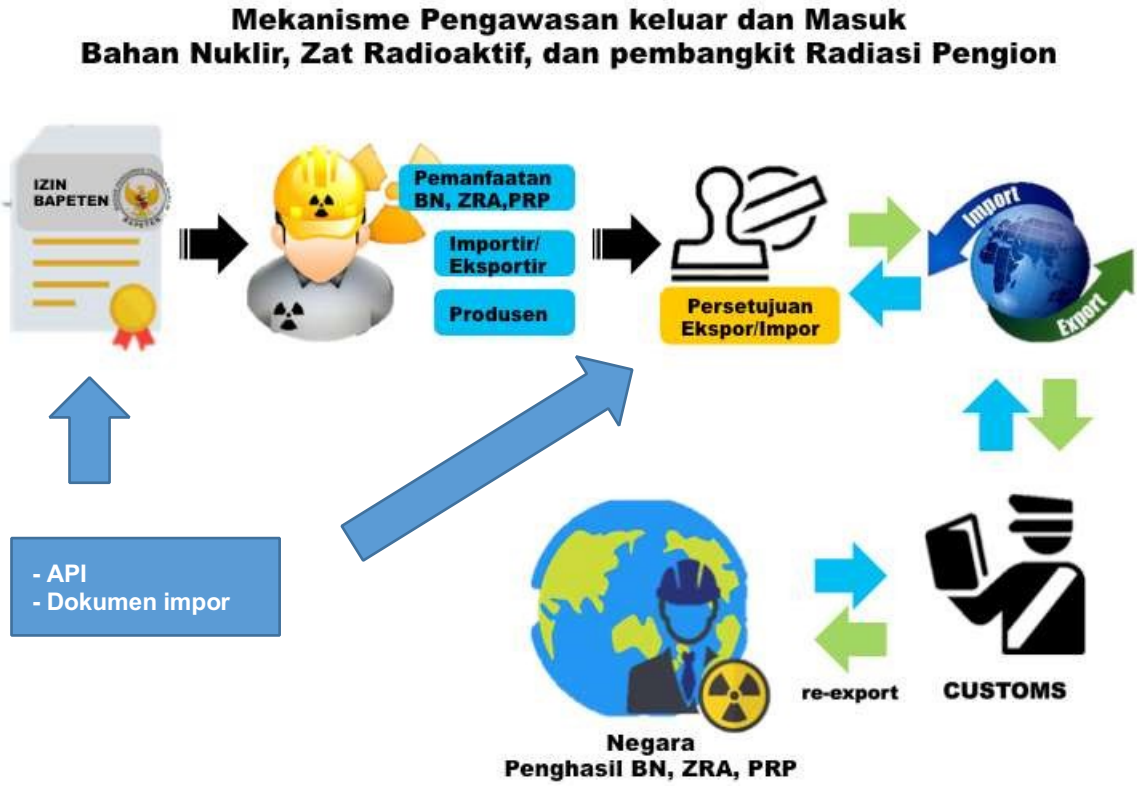
[72] Balis BAPETEN, 2020
[73] *ibid*

Alur pengawasan mekanisme pengawasan ekspor dan impor bahan nuklir, zat radioaktif, peralatan yang menggunakan zat radioaktif, dan pembangkit radiasi pengion diilustrasikan pada Gambar 31. Setiap pihak yang akan mengimpor harus memiliki izin impor dari BAPETEN dan instansi lainnya. Setiap kali terjadi transaksi barang yang masuk atau keluar, importir harus mengajukan persetujuan impor/ekspor ke BAPETEN. Zat radioaktif atau bahan nuklir yang sudah tidak digunakan dapat menjadi beban bagi generasi berikutnya, oleh karena itu untuk mengurangi penumpukan limbah radioaktif di dalam negeri, setiap zat radioaktif atau bahan nuklir yang diperoleh dari impor yang sudah tidak digunakan lagi dan menjadi limbah radioaktif harus dikembalikan ke negara asal. Dalam kondisi tertentu, jika tidak memungkinkan untuk dilakukan pengembalian ke negara asal maka limbah radioaktif tersebut harus diserahkan ke badan pelaksana atau pengelola limbah. Selain itu tidak diperkenankan melakukan impor limbah radioaktif, kecuali limbah radioaktif yang dihasilkan dari zat radioaktif yang diproduksi di Indonesia.

BAPETEN dan Direktorat Jenderal Bea Cukai (DJBC) – Kementerian Keuangan (Kemenkeu) telah menjalin kerja sama dalam pengawasan barang keluar dan masuk. Proses ini difasilitasi oleh portal INSW (*Indonesia National Single Windows*) dan B@LIS BAPETEN. Sedangkan untuk ekspor impor barang dwiguna wajib melakukan pelaporan ke BAPETEN dengan periode waktu tertentu.

Untuk mencapai tujuan dari ekspor dan impor, maka kerangka hukum yang dibuat harus secara jelas mengatur mengenai tugas dan kewajiban dari para pihak yang terlibat dalam kegiatan tersebut. Lembaga yang memiliki kewenangan dalam memberikan persetujuan ekspor-impor suatu bahan nuklir, zat radioaktif, dan peralatan pembangkit radiasi pengion harus diatur secara rinci hak dan kewajibannya. Independensi dari lembaga tersebut juga harus dijamin agar fokus kegiatan ekspor-impor tetap pada kedua tujuan utamanya. Aturan formil mengenai proses ekspor-impor harus ditetapkan

untuk menghindari penyalahgunaan bahan nuklir, zat radioaktif, peralatan yang menggunakan zat radioaktif, peralatan pembangkit radiasi pengion dan barang dwiguna. Pencegahan penyalahgunaan di dalam negeri ini juga dipastikan melalui pengendalian terhadap distribusi bahan bahan nuklir, zat radioaktif, peralatan yang menggunakan zat radioaktif, peralatan pembangkit radiasi pengion dan barang dwiguna yang diperoleh melalui impor. Pengendalian distribusi tersebut diawasi oleh BAPETEN dalam bentuk otorisasi pengalihan.



Gambar 31. Mekanisme pengawasan keluar dan masuk bahan nuklir, zat radioaktif dan peralatan pembangkit radiasi pengion.[74]

Pengawasan dan inspeksi merupakan aspek esensial dalam seluruh rezim pengendalian energi nuklir. Maka penting bagi lembaga yang memiliki tugas kepabeanan terhadap kegiatan ekspor-impor bahan nuklir, zat radioaktif, peralatan pembangkit radiasi pengion, dan barang dwiguna untuk

[74] PP No. 29 Tahun 2008 dan PP No. 2 Tahun 2014 [82]*Ibid,* h. 142

memiliki pemahaman yang memadai mengenai zat radioaktif, peralatan pembangkit radiasi pengion, barang dwiguna, dan teknologinya. Lembaga tersebut juga melakukan penyusunan data aktivitas eksportir dan importir zat radioaktif, peralatan pembangkit radiasi pengion, dan barang dwiguna.[82] UUK belum mengatur secara konkrit pengendalian ekspor dan impor yang melibatkan persyaratan keselamatan dan keamanan, hubungan dengan pemangku kepentingan lainnya dan barang yang masuk kategori dwiguna (*dual used*). Barang yang masuk kategori dwiguna (*dual used*) yaitu peralatan dan bahan yang dapat digunakan untuk industri umum, militer ataupun nuklir. Beberapa contoh barang yang masuk kategori dwiguna antara lain sentrifugal gas, perangkat, dan komponen yang khusus didesain atau dipersiapkan untuk penggunaan pada sentrifugal gas, barrier difusi *(diffusion barrier)*, sistem berbasis laser *(laser-based system)*, separator isotop elektromagnetik, peralatan atau kolom ekstraksi.

Dalam praktek ekspor impor sering digunakan istilah kode *harmonized system* (HS code). HS *code* adalah nomenklatur klasifikasi barang yang digunakan secara seragam di seluruh dunia. Penerapan ini berdasarkan *International Convention on The Harmonized Commodity Description and Coding System* dan digunakan untuk keperluan tarif, statistik, *rules of origin*, pengawasan komoditi impor/ekspor, dan keperluan lainnya.

HS code terdiri dari penomoran barang sampai tingkat 6 digit, KUMHS, catatan bagian, catatan bab dan catatan subpos yang mengatur ketentuan pengklasifikasian barang. Sekarang telah lebih dari 200 negara, kesatuan wilayah ekonomi dan tarif cukai yang mewakili lebih dari 98% dari perdagangan dunia yang telah menggunakan HS sebagai dasar untuk:

- tarif bea cukai
- kumpulan statistik perdagangan internasional
- *rules of origin*
- kumpulan pajak internal
- negosiasi dalam perdagangan (misalkan, jadwal konsesi tarif dalam *World Trade Organization*)

- tarif transportasi dan statistik
- pemantauan atas kontrol barang (misalkan, limbah, narkoba, senjata kimia, lapisan ozon, spesies langka)
- bidang kontrol dan prosedur cukai dalam hal ini termasuk atas risiko dan kepatuhan dan teknologi informasi.

Revisi pengkodean ini telah dilakukan selama bertahun-tahun. Oleh karena itu, jika memerlukan referensi kode yang berkaitan dengan masalah perdagangan bahkan dari tahun yang lalu, harus terlebih dahulu melakukan pemastian terhadap penetapan definisi kode yang sesuai untuk dapat digunakan.

Di kawasan regional terdapat *Asean Harmonised Tariff Nomenclature* (AHTN), yakni sistem klasifikasi yang diterapkan pada penomoran barang sampai 8 digit di seluruh ASEAN berdasarkan *Protocol Governing The Implementation of AHTN*. Sejak tanggal 1 Maret 2017, Indonesia menggunakan AHTN menjadi BTKI (8 digit pos tarif) tanpa pemecahan pos nasional seperti BTKI 2012 dan meliputi beberapa perubahan. Pertama, perubahan struktur kasifikasi antara lain penambahan pos atau subpos, penghilangan atau penggabungan pos atau subpos, dan revisi uraian. Kedua, perubahan catatan bagian, bab, dan catatan bab pos.

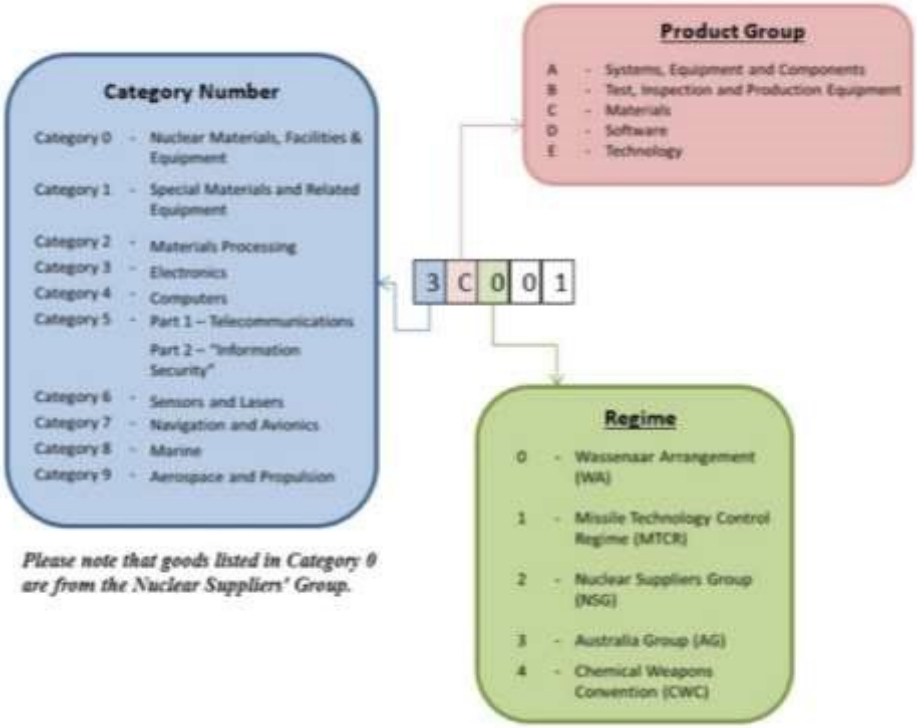
Perubahan BTKI berdampak terhadap beberapa pada pos tarif misalnya bea masuk umum, bea masuk *free trade agreement* (FTA), bea keluar, BMAD dan BMTP, pajak impor, termasuk perizinan terkait dengan larangan dan pembatasan impor/ekspor. Dampak lain adalah penyesuaian modul PIB, PEB dan pemberitahuan pabean terkait lainnya, pelarangan, dan pembatasan (lartas) pada kementerian dan lembaga, dan penyesuaian IT inventory.

Selain penggunaan HS code, Singapura membuat regulasi yang khusus untuk pengaturan *dual used* (dwiguna). Barang dan teknologi yang memenuhi spesifikasi teknis yang dijelaskan dalam Daftar Pengendalian Barang Strategis (*The Strategic Goods Control List*) tunduk pada pengendalian berdasarkan Undang-Undang Barang Strategis (Pengendalian) - *Strategic Goods (Control) Act* (SGCA). Daftar Pengendalian Barang Strategis terdapat dalam *The*

Schedule to the Strategic Goods (Control) Order 2019. Daftar tersebut mencakup item dari empat rezim kontrol ekspor multilateral - Grup Australia, Rezim Kontrol Teknologi Rudal, Grup Pemasok Nuklir, dan Pengaturan Wassenaar.

Daftar barang dwiguna mencakup berbagai macam barang yang dirancang untuk aplikasi komersial, tetapi dapat memiliki aplikasi militer atau berpotensi digunakan sebagai prekursor atau komponen senjata pemusnah massal. Kode alfanumerik 5 digit digunakan untuk barang dan teknologi dalam Daftar Barang Dwiguna. Daftar ini dibagi menjadi 10 kategori dan setiap kategori dibagi lagi menjadi 5 grup produk.

Selain penggunaan HS *code*, Malaysia juga membuat regulasi yang khusus untuk pengaturan *dual used* (dwiguna). Pada tanggal 30 Maret 2017, Malaysia telah mengeluarkan perintah resmi untuk memasukkan daftar item dwiguna Uni Eropa yang diperbarui ke dalam *the Local Strategic Trade (Strategic Items) (Amendment) Order* 2017. Ini sejalan dengan komitmen Malaysia untuk mengikuti undang-undang pengendalian ekspor dan peraturan yang diadopsi oleh Uni Eropa. Komisi Eropa telah mengadopsi Peraturan Delegasi Komisi (UE) 2420/2015, memperbarui daftar item penggunaan ganda UE (Lampiran 1 pada Peraturan Dewan (UE) No .428/2009). (Annex 1 to Council Regulation (EU) No.428/2009) .



Gambar 32. Kode *Harmonized System.*

Pengendalian ekspor impor untuk bahan nuklir, zat radioaktif, peralatan yang menggunakan zat radioaktif, dan peralatan pembangkit radiasi pengion telah dilakukan oleh BAPETEN melalui sistem B@LIS yang terintegrasi dengan sistem INSW. Namun demikian untuk barang dwiguna pengendaliannya masih memerlukan koordinasi dengan kementerian lain yang menjadi pembina terhadap produk tersebut. Selain itu perlu disusun daftar barang yang masuk dalam kategori dwiguna dan menerapkan kebijakan *strategic trade management.* Dengan kebijakan tersebut diharapkan Indonesia dapat memperoleh peluang untuk memperoleh kepercayaan internasional dalam hal perdagangan dan industri yang mendukung rantai pasok untuk produk tertentu yang termasuk dalam barang dwiguna.

9. Pengangkutan zat radioaktif

Perpindahan zat radioaktif dari suatu lokasi ke lokasi lainnya dapat menimbulkan masalah dalam keselamatan, disebabkan kondisi lingkungan sekitar yang berbeda-beda selama pengangkutan. Akan tetapi di saat yang sama pengangkutan memberikan keuntungan dari sisi keselamatan sebab zat

radioaktif tersebut dapat dengan mudah dipindahkan dari lingkungan yang berbahaya.[75]

Berdasarkan data B@LIS sampai dengan 31 Desember 2021, BAPETEN telah menerbitkan persetujuan pengiriman zat radioaktif rata-rata sebanyak 2.913 persetujuan per tahun untuk periode 2016 - 2021[76]. Data pengiriman zat radioaktif pada tahun-tahun sebelumnya yang diperoleh dari rekaman persetujuan secara manual menunjukkan lonjakan pengiriman zat radioaktif yang meningkat lebih dari 2 kali lipat pada tahun 2015 dibandingkan tahun 2014. Peningkatan jumlah pengiriman zat radioaktif mengindikasikan adanya peningkatan kegiatan yang menggunakan zat radioaktif. Proses pengiriman ini dapat terjadi ketika impor atau ekspor, distribusi dari produsen ke pengguna, kegiatan yang bersifat bergerak (*mobile*), atau pelimbahan zat radioaktif.

Pengangkutan zat radioaktif mencakup kegiatan penyiapan barang kiriman, pembungkus, penanganan bungkusan, pengiriman, hingga serah terima kepada penerima. Bahan kiriman dapat berbentuk bahan baku seperti konsentrat uranium (*yellow cake*), produk berupa radioisotop, bahan bakar nuklir, atau limbah radioaktif.[77]

Moda pengangkutan yang digunakan dalam pengangkutan zat radioaktif dapat menggunakan moda transportasi berbasis darat, yaitu pengangkutan berbasis jalan dan rel, moda transportasi udara dengan pesawat kargo maupun muatan kargo dalam pesawat penumpang, maupun moda transportasi laut dengan kapal laut.[78]

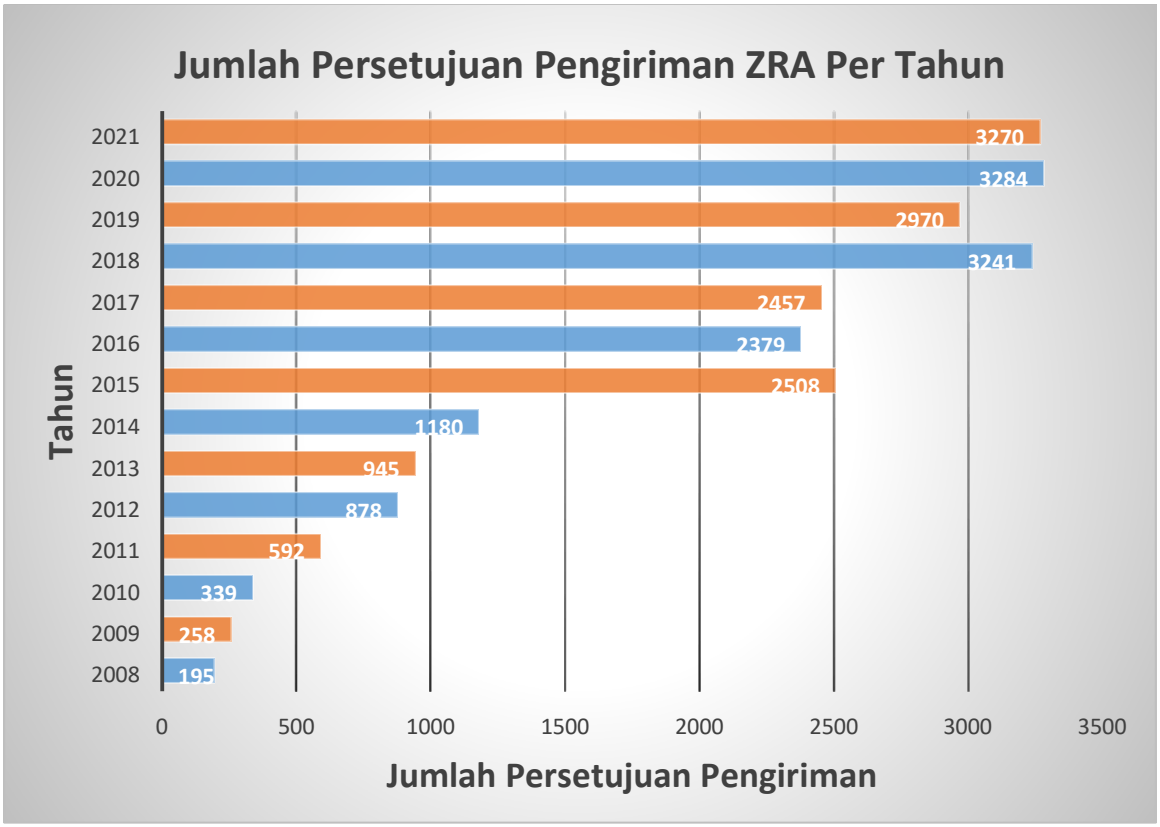
---

[75] Carlton Stoiber et al., Handbook on Nuclear Law, IAEA, Wina, 2003, h. 89

[76] Data pengiriman zat radioaktif berdasarkan B@lis (diperoleh 31 Desember 2021)

[77] IAEA, Transport Safety http://www-ns.iaea.org/tech-areas/radiationsafety/transport.asp diakses tanggal Januari 2017

[78] IAEA, Transport Safety http://www-ns.iaea.org/tech-areas/radiation-safety/transport.asp diakses tanggal 13 Januari 2017



Gambar 33. Jumlah pengiriman zat radioaktif per tahun.

UUK hanya mengatur aspek keselamatan dalam pengangkutan, tidak mencakup aspek keamanan. UUK juga tidak mengatur secara konkrit mengenai tanggung jawab pelaksanaan dan hubungan dengan pemangku kepentingan lainnya dalam kegiatan pengangkutan. Oleh karenanya mekanisme terkait pengawasan dalam pelaksanaan pengangkutan perlu diatur dengan tegas seperti persetujuan pengiriman dan pengangkutan.

Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 tentang Keselamatan Radiasi dan Keamanan dalam Pengangkutan Zat Radioaktif telah mengatur persyaratan teknis keselamatan dan keamanan dalam pengangkutan zat radioaktif. Jenis zat radioaktif dan bahan nuklir yang diatur untuk pengangkutan meliputi:

a. zat radioaktif aktivitas jenis rendah;
b. benda terkontaminasi permukaan;
c. zat radioaktif bentuk khusus;
d. zat radioaktif daya sebar rendah;

e. bahan fisil; dan

f. uranium heksafluorida (UF_6).

Dari segi keamanan dalam pengangkutan zat radioaktif dan bahan nuklir, persyaratan keamanan diberlakukan terhadap zat radioaktif bentuk khusus, zat radioaktif daya sebar rendah, bahan fisil dan uranium heksafluorida (UF_6).

Untuk memastikan zat radioaktif atau bahan nuklir tidak disalahgunakan dan untuk memastikan keselamatan, keamanan, dan gardaaman maka dalam pengangkutan baik pengirim maupun penerima zat radioaktif wajib memiliki izin pemanfaatan tenaga nuklir sesuai peraturan perundang-undangan yang berlaku. Sebelum pengangkutan zat radioaktif atau bahan nuklir dilakukan, pengirim juga berkewajiban mengajukan permohonan persetujuan pengiriman zat radioaktif atau bahan nuklir kepada Kepala BAPETEN.

Meskipun telah telah diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 dan peraturan perundang-undangaan mengenai pengangkutan, implementasi di lapangan masih kurang optimal, karena kurangnya informasi atau pemahaman pada pelaksana lapangan. Permasalahan pengangkutan di lapangan, misalnya sumber standar yang dibawa ke pesawat, dokumen dan isi bungkusan yang berbeda, standarisasi untuk pengangkut, izin pengangkut, tata laksana pengangkutan, serta skema pengalihan tanggung jawab ke pengangkut, tidak adanya notifikasi lintas dan/atau singgah di wilayah NKRI. Berbagai permasalahan yang timbul di atas adalah beberapa contoh permasalahan dari implementasi regulasi yang memerlukan koordinasi. Oleh karena itu beberapa pengaturan pada Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 perlu dinaikkan menjadi pengaturan dalam UU agar dapat memfasilitasi koordinasi yang lebih baik antar-kementerian/lembaga yang ada.

Pengangkutan zat radioaktif dan bahan nuklir umumnya dilakukan dalam rangka perdagangan, pengerjaan sebuah proyek, atau pengelolaan limbah radioaktif. Pengangkutan zat radioaktif memiliki karakteristik unik sehingga membutuhkan perhatian dalam penanganan keselamatan dan

keamanan selama pengangkutan. Ketentuan mengenai pengangkutan diberlakukan baik dalam negeri maupun antarnegara yang mana menggunakan jaringan transportasi umum. Mengingat dalam pengangkutan radioaktif sering kali dilaksanakan lintas negara, maka diperlukan suatu ketentuan yang harmonis dengan standar yang banyak digunakan oleh masyarakat internasional. Oleh karena itu, perlu dilakukan adopsi ketentuan yang lazim digunakan di praktik internasional. Selain itu, diperlukan keahlian dan kompetensi khusus untuk mengawasi pelaksanaan pengangkutan radioaktif karena menyangkut keselamatan dan keamanan pekerja, masyarakat, dan lingkungan hidup.

Pengangkutan zat radioaktif seringkali dilaksanakan lintas negara sehingga diperlukan adopsi ketentuan yang lazim digunakan di praktik internasional. Mengingat hal tersebut, *UN Committee of Experts on the Transport of Dangerous Goods* menerbitkan *Recommendation on the Transport of Dangerous Goods* yang secara regular diamandemen dan diperbaharui. Rekomendasi ini mencakup sembilan kelas identifikasi dan klasifikasi bahan berbahaya dan beracun, dalam hal ini, zat radioaktif digolongkan dalam kelas 7. Terkait kelas 7 tersebut, tahun 1959 *Committee of Experts* tersebut bekerja sama dengan IAEA untuk mengembangkan *Recommendations on the Transport of Dangerous Goods: Model Regulations (The Model Regulations)*[79]. *Model Regulations* tersebut menjadi wajib untuk diadopsi oleh berbagai moda pengangkutan, yaitu antara lain:

- Pengangkutan melalui udara: *International Civil Aviation Organization* (ICAO) *Technical Instructions* yang merupakan lampiran *Convention on International Civil Aviation*;
- Pengangkutan melalui laut: *International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG Code)* telah menjadi wajib karena dimasukkan dalam Bab VII *International Convention for the Safety of Life at Sea (the SOLAS Convention);*

[79] Handbook of Nuclear Law, hal 90.

- Pengangkutan melalui darat: *International Carriage of Dangerous Goods by Road (ADR);*
- Pengangkutan melalui Kereta Api: *International Carriage of Dangerous Goods by Rail (RID).*

Berbagai negara di dunia mengembangkan aturan nasional mereka dari berbagai instrumen hukum internasional tersebut di atas.

Berdasarkan permasalahan dan praktik yang sudah ada di lapangan sebagaimana diuraikan di atas, beberapa hal yang diusulkan sebagai solusi adalah sebagai berikut:

- tata laksana notifikasi pengangkutan lintas dan/atau singgah di wilayah NKRI perlu ditetapkan dan dikoordinasikan dengan Kementerian Perhubungan, Badan Keamanan Laut (BAKAMLA), dan DJBC - Kementerian Keuangan, dan BAPETEN. Dalam hal ini, notifikasi disampaikan ke BAPETEN untuk dikoordinasikan dengan pemangku kepentingan;
- persetujuan pengiriman yang diterbitkan oleh BAPETEN mempersyaratakan izin pengangkutan barang khusus untuk radioaktif dari Kementerian Perhubungan, dan sebaliknya izin tersebut diterbitkan oleh Kementerian Perhubungan setelah memperoleh rekomendasi dari BAPETEN. Izin pengangkutan barang khusus meliputi izin untuk kendaraan, izin pengemudi pengangkutan barang khusus, dan rute.
- Adanya pengaturan khusus untuk pengangkutan zat radioaktif yang dibutuhkan secara mendesak misalnya untuk kesehatan, dan sumber radioaktif, atau sumber standar dengan tingkat aktivitas rendah untuk keperluan pelatihan, sosialisasi, atau pembinaan teknis.

10. Pengelolaan bahan bakar nuklir bekas

Untuk bahan bakar nuklir bekas, pemegang izin reaktor nuklir wajib melakukan penyimpanan sementara minimal selama masa operasi reaktor nuklir. Setelah itu, pemegang izin reaktor nuklir wajib mengirimkannya

kembali ke pabrikan atau menyerahkannya kepada badan pelaksana dengan terlebih dahulu meminta persetujuan dari BAPETEN. Dalam melakukan penyimpanan bahan bakar nuklir bekas, badan pelaksana wajib memiliki izin pemanfaatan bahan nuklir dan izin operasi instalasi penyimpanan sementara bahan bakar nuklir bekas. Penyimpanan lestari bahan bakar nuklir bekas dilakukan oleh badan pelaksana dengan izin dari Kepala BAPETEN. Kewajiban perekaman dan pelaporan juga dikenakan dalam kaitannya dengan bahan bakar nuklir bekas.

Bahan bakar yang digunakan di sebagian besar PLTN saat ini dalam bentuk uranium oksida keramik. Desain bahan bakar dan kandungan fisilnya bervariasi di antara berbagai jenis reaktor. Bahan bakar dalam reaktor air ringan, seperti reaktor air bertekanan dan reaktor air mendidih, dan dalam reaktor berpendingin gas modern, menggunakan uranium yang diperkaya untuk meningkatkan kandungan U-235 hingga 5%, sedangkan reaktor air berat terutama menggunakan uranium alami, dengan kandungan U-235 sekitar 0,7%.

Teras reaktor air bertekanan dengan daya 1.000 MW biasanya berisi antara 120 dan 200 perangkat bahan bakar. Setiap perangkat bahan bakar mengandung sekitar 500 kg uranium oksida dan dapat menghasilkan listrik sekitar 200 juta kWh selama masa pakainya. Sebuah reaktor dengan ukuran ini mengeluarkan sekitar 40 unit perangkat bahan bakar bekas per tahun yang mengandung sekitar 20 ton uranium oksida. Dengan demikian, pengelolaan bahan bakar nuklir bekas perlu direncanakan karena jumlahnya relatif banyak dan harus disediakan fasilitas penyimpanan sementara di tapak reaktor nuklir.

Prinsip pengelolaan bahan bakar nuklir bekas yang dihasilkan pada reaktor nuklir dilakukan melalui penyimpanan, pengolahan ulang, dan pengembalian ke pabrikan. Penyimpanan meliputi penyimpanan sementara dan penyimpanan lestari.

RUUK sudah mengatur secara konkrit pengelolaan bahan bakar nuklir bekas secara terpisah dengan ketentuan pengelolaan limbah radioaktif, tidak

digolongkan dalam pengelolaan limbah radioaktif tingkat tinggi. Secara internasional, bahan bakar nuklir bekas juga dipisahkan pengelolaannya dari limbah radioaktif.

Bahan bakar nuklir bekas dalam RUUK dipisahkan dari limbah radioaktif tingkat tinggi, karena secara internasional berdasarkan *Joint Convention on Safety of Spent Fuel and Radioactive Waste* pengaturannya dipisahkan, sehingga untuk mengikuti aturan internasional tersebut Indonesia melaksanakan ratifikasi ke dalam Peraturan Presiden Nomor 84 Tahun 2010 tentang Pengesahan *Joint Convention on Safety of Spent Fuel and Radioactive Waste,* dan alasan lain pemisahan pengaturan bahan bakar bekas adalah masih dapat diolah ulang dengan diambil plutonium (Pu) dan uranium untuk didaur ulang sebagai bahan bakar MOX (*Mixed Oxide*).

Bahan bakar nuklir bekas adalah bahan bakar bekas dari reaktor yang tidak lagi efisien dalam menciptakan listrik, karena proses fisi telah melambat. Namun, masih memiliki panas, radioaktif tinggi, dan berpotensi berbahaya. Pemegang izin harus menyimpan bahan bakar ini dengan aman di kolam reaktor mereka atau di fasilitas penyimpanan kering untuk didinginkan (*cool down*) hingga dipindahkan tempat penyimpanan lestari.

Praktik negara lain, misalnya Cina sudah menerapkan strategi pemrosesan ulang bahan bakar nuklir bekas dari reaktor PWR dan diolah ulang menjadi MOX. Cina sudah siap mengoperasikan reaktor *reprocessing* di provinsi Gansu dengan kapasitas 200 ton uranium per tahun. Pada bulan Januari 2018, Cina dan Perancis mengadakan kerja sama untuk membangun fasilitas olah ulang untuk menghasilkan bahan bakar MOX.

Perancis yang pada tahun 2018 72% listriknya dihasilkan dari reaktor nuklir dan telah menghasilkan 1.150 ton bahan bakar nuklir bekas, memutuskan untuk mengolah ulang bahan bakar nuklir bekasnya agar bisa menjadi MOX.

Kebijakan pengelolaan bahan bakar nuklir untuk siklus terbuka atau tertutup tidak diatur secara eksplisit dalam UUK. Untuk itu, pilihan kebijakan siklus tertutup tidak bisa dihindari untuk mengefisienkan penggunaan sumber daya uranium dan thorium.

Saat ini pengelolaan bahan bakar nuklir bekas menjadi tugas badan pelaksana dan ini akan menjadi beban negara jika nantinya ada penggunaan reaktor nuklir untuk menghasilkan listrik (PLTN) sehingga dibuka peluang bagi pelaku usaha melakukan kegiatan pengelolaan bahan bakar nuklir bekas khususnya pada tahap penyimpanan sementara. Selanjutnya, untuk tahap pemrosesan ulang dan penyimpanan lestari tetap menjadi tanggung jawab negara.

11. Pengelolaan limbah radioaktif

Banyak negara mempunyai sistem pengkategorian dan, secara garis besar, sistem ini biasanya mencerminkan bahaya yang menyertai limbah terkaitnya. Pengkategorian limbah radioaktif sangat bermanfaat untuk menentukan tindakan pengelolaan yang diambil dapat menghindari kemungkinan pembuangan limbah radioaktif tingkat tinggi pada fasilitas pembuangan untuk limbah radioaktif tingkat bahaya rendah.

Secara umum limbah radioaktif seringkali dibagi menjadi tiga kategori, yaitu 'rendah', 'sedang', dan 'tinggi', bergantung pada konsentrasi radionuklida di dalam limbah. Pengkategorian ini berbeda di antara negara tetapi secara umum dapat diuraikan sebagai berikut:

a. Limbah tingkat rendah (*Low Level Waste*) adalah limbah yang mengandung atau diduga mengandung zat radioaktif dengan konsentrasi rendah. Limbah tingkat rendah dapat ditangani dengan menggunakan tindakan proteksi sederhana seperti sarung tangan karet dan tidak diperlukan perisai khusus. Umumnya, terdiri dari kertas pembersih, sarung tangan karet, sarung kaki dan sampah lain. Jumlah yang signifikan limbah tingkat rendah, seperti bahan bangunan yang terkontaminasi sedikit, dapat dihasilkan dari dekomisioning reaktor. Limbah tingkat rendah biasanya memiliki volume limbah yang besar yang antara lain dihasilkan dari penambangan dan ekstraksi mineral

(tambang uranium termasuk industri/tambang mineral logam lain penghasil TENORM).

b. Limbah tingkat sedang (*intermediate-level waste*) adalah limbah yang mengandung konsentrasi radionuklida antara limbah rendah dan tinggi. Penanganannya secara umum memerlukan perisai dan peralatan *remote*. Limbah ini berasal dari residu pengolahan buangan seperti resin penukar ion bekas di instalasi nuklir.

c. Limbah tingkat tinggi *(High Level Waste*) adalah limbah dengan konsentrasi radionuklida sedemikian tinggi sehingga bahannya panas dan tetap panas sampai puluhan tahun. Limbah ini memerlukan pendingin, perisai berat dan peralatan penanganan *remote*. Limbah ini berasal dari olah ulang bahan nuklir bekas yang pada mulanya berbentuk cair dan mengandung hampir seluruhnya dari produk fisi non-volatil bahan bakar bekas. Limbah tersebut divitrifikasi membentuk blok keras berupa gelas.

Dalam UUK limbah radioaktif dinyatakan dengan kelas rendah, sedang, dan tinggi. Selanjutnya, dalam Pasal 2 Peraturan Pemerintah Nomor 61 Tahun 2013 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif, limbah radioaktif dikelompokkan menjadi 3 kategori, yaitu:

a) limbah radioaktif tingkat rendah;
b) limbah radioaktif tingkat sedang; dan
c) limbah radioaktif tingkat tinggi.

Limbah radioaktif tingkat rendah dan tingkat sedang berupa: a. zat radioaktif terbungkus yang tidak digunakan; b. zat radioaktif terbuka yang tidak digunakan; atau c. bahan dan peralatan terkontaminasi dan/atau teraktivasi yang tidak digunakan. Limbah radioaktif tingkat tinggi berupa bahan bakar nuklir bekas.

Pengkategorian di atas merupakan penyederhanaan 5 kelompok rekomendasi IAEA. Lima kategori jenis limbah menurut IAEA, adalah:

a) limbah berumur sangat pendek (VSLW),
b) limbah tingkat sangat rendah (VLLW),

c) limbah tingkat rendah (LLW),

d) limbah tingkat sedang (ILW),

e) limbah tingkat tinggi (HLW).

Dalam Peraturan Pemerintah Nomor 61 Tahun 2013, kategori a), b) dan c) di atas dikelompokkan dalam 1 kategori, yaitu limbah radioaktif tingkat rendah. Berdasarkan kategori ini ditetapkan metode pengolahan limbah.

Pengelolaan limbah radioaktif rendah dan sedang dibedakan antara zat radioakif terbungkus dan terbuka, sebagai berikut:

a. Zat radioaktif terbungkus

Zat radioaktif terbungkus yang tidak digunakan wajib dikumpulkan dan dikelompokkan untuk kemudian dikirim kembali ke negara asal atau diserahkan kepada badan pelaksana. Adapun sebelum mengirimkan kembali ke negara asal harus memperoleh persetujuan dari Kepala BAPETEN. Persetujuan pengiriman dari Kepala BAPETEN juga diperlukan dalam hal penyerahan zat radioaktif terbungkus kepada badan pelaksana. Atas penyerahan tersebut, badan pelaksana berkewajiban mengumpulkan dan mengelompokan zat radioaktif terbungkus tersebut dan dapat melakukan kajian terkait yang akan diterbitkan dalam bentuk laporan hasil kajian. Apabila hasil kajian menetapkan bahwa zat radioaktif terbungkus masih dapat digunakan kembali, badan pelaksana menerbitkan sertifikat bahwa zat radioaktif terbungkus dapat dimanfaatkan kembali. Sedangkan apabila hasil kajian menentukan bahwa zat radioaktif terbungkus dapat didaur ulang, badan pelaksana menerbitkan sertifikat bahwa zat radioaktif terbungkus telah diuji atau distandardisasi ulang untuk dapat dimanfaatkan kembali, dimana dalam hal ini badan pelaksana wajib melaksanakan pengolahan dan penyimpanan. Pembuangan zat radioaktif terbungkus yang tidak digunakan dilakukan pada fasilitas dekat permukaan tanah atau kedalaman sedang. Selama melakukan pengumpulan dan pengelompokan zat radioaktif terbungkus yang tidak digunakan, baik penghasil limbah radioaktif maupun badan pelaksana wajib melakukan perekaman dan melaporkan hasilnya kepada Kepala BAPETEN.

b. Zat radioaktif terbuka

Berbeda halnya dengan zat radioaktif terbungkus, penghasil limbah radioaktif wajib melakukan pengolahan zat radioaktif terbuka yang tidak digunakan dan bahan serta peralatan yang terkontaminasi dan/atau teraktivasi yang tidak digunakan, hingga tingkat radioaktivitas mencapai nilai di bawah atau sama dengan tingkat klierens. Apabila tidak dapat mencapai nilai di bawah atau sama dengan tingkat klierens, penghasil limbah radioaktif harus menyerahkan kepada badan pelaksana.

Penyimpanan akhir zat radioaktif terbuka yang tidak digunakan dan bahan serta peralatan yang terkontaminasi dan/atau teraktivasi yang tidak digunakan dilakukan oleh badan pelaksana, dan dilakukan pada fasilitas dekat permukaan tanah atau di dalam tanah dengan kedalaman sedang. Segala kegiatan pembangunan, pengoperasian, dan penutupan fasilitas pembuangan tersebut wajib memperoleh izin dari Kepala BAPETEN. Baik penghasil limbah radioaktif maupun badan pelaksana berkewajiban melakukan perekaman dan pelaporan, perbedaannya hanya pada cakupan kegiatan yang dilakukan keduanya.

UUK telah mengatur pengelolaan limbah radioaktif. Tanggung jawab pengelolaan limbah telah diatur menjadi tanggung jawab pemegang izin dan badan pelaksana. Pengaturan lebih rinci berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 61 Tahun 2013, menetapkan bahwa pengelolaan limbah radioaktif dilaksanakan oleh penghasil limbah radioaktif dan badan pelaksana yang telah memiliki izin pengelolaan limbah radioaktif. Perbedaannya adalah penghasil limbah radioaktif melaksanakan pengelolaan limbah radioaktif yang berasal dari pemanfaatan sumber radiasi pengion atau pemanfaatan bahan nuklir, pembangunan, pengoperasian, dan/atau dekomisioning instalasi nuklir, sedangkan badan pelaksana melaksanakan pengelolaan limbah radioaktif yang berasal dari penghasil limbah radioaktif yang telah diserahkan kepadanya. Dalam hal ini, badan pelaksanapun dapat melaksanakan pengelolaan limbah melalui mekanisme kerja sama ataupun menunjuk BUMN, koperasi, dan/atau badan swasta.

Pemanfaatan tenaga nuklir dilakukan hampir di seluruh wilayah Indonesia, dengan demikian potensi dihasilkannya limbah radioaktif juga tersebar di seluruh wilayah. Hal ini akan menyulitkan jika pengelolaan limbah radoaktif hanya dilakukan oleh badan pelaksana yang berlokasi hanya di area Tangerang Selatan baik dari segi pengangkutan maupun kapasitas. Oleh karena itu dipandang perlu untuk membuka kesempatan pengelolaan limbah bagi pihak lain selain badan pelaksana. Namun, khusus untuk penyimpanan lestari limbah radioaktif hanya dilakukan oleh badan pelaksana.

Ketentuan penetapan lokasi penyimpanan lestari limbah radioaktif telah diatur dalam UUK. Ketentuan tersebut diperbaharui dalam UndangUndang Cipta Kerja, di mana ditetapkan bahwa Pemerintah Pusat menyediakan tempat penyimpanan lestari limbah radioaktif tingkat tinggi. Penentuan tempat penyimpanan lestari ditetapkan oleh Pemerintah Pusat setelah mendapat persetujuan Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia.

12. Keamanan nuklir

Ancaman terhadap terorisme nuklir sudah menjadi kekhawatiran komunitas internasional sejak awal tahun 1970-an. Kekhawatiran ini dipicu oleh tiga faktor:

a. kelemahan regulasi.

   Adanya kekosongan hukum di UUK, yang mana UUK tidak secara eksplisit mengatur mengenai keamanan nuklir. Selain itu kemungkinan adanya teroris internasional yang memanfaatkan momen perhelatan akbar seperti pembantaian sandera pada olimpiade.

b. pertumbuhan yang cepat pada sektor pembangkit listrik, yang memicu ekspansi besar pada fasilitas nuklir dan bahan nuklir terkait, meningkatkan kekhawatiran tentang ancaman terorisme nuklir.

c. tindak pidana terorisme, sejalan dengan radioaktif telah diatur dalam UUK. Ketentuan tersebut diperbaharui dalam Undang-Undang Tindak Pidana Terorisme.

Pada tahun 1960-an, Komisi Energi Atom Amerika Serikat menemukan celah yang substansial pada inventori bahan nuklir satu pemegang izin di Pennsylvania yakni 100 kg uranium yang diperkaya 90% tidak diperhitungkan dalam Munich 1972 serta peningkatan pembajakan pesawat pemrosesan dan fabrikasi bahan bakar. Pihak berwenang mengakui bahwa perhatian yang lebih besar perlu diberikan pada regulasi dan kontrol bahan nuklir.

Dalam contoh lain, separatis Chechnya menanam zat radioaktif di taman Moskow pada tahun 1995. Sebuah petunjuk dari kelompok yang dilaporkan tersebut dihasilkan dari penemuan wartawan Rusia terhadap sebuah wadah berisi Cesium-137, yang tampaknya dicuri dari rumah sakit Rusia. Pada awal 2000-an, kekhawatiran mengenai terorisme nuklir sebagian besar difokuskan pada al-Qaeda. Kekhawatiran ini dipicu oleh sejumlah perkembangan yakni: sebelum 9/11, kepemimpinan al-Qaeda telah menyatakan minatnya untuk memperoleh senjata pemusnah massal (WMD); al-Qaeda telah melakukan percobaan dengan agen kimia di kamp di Afghanistan; dan seorang afiliasi al-Qaeda, Jose Padilla, terlibat dalam sebuah rencana untuk meledakkan 'bom kotor' di Amerika Serikat. Al Qaeda telah beberapa kali berusaha untuk membeli bom nuklir curian dan merekrut ahli-ahli senjata nuklir[80].

Dalam waktu yang belum lama ini, ancaman yang ditimbulkan oleh alQaeda telah dibayangi oleh ancaman kelompok jihad yang terutama aktif di Suriah dan Irak antara 2014 dan 2019 dari Negara Islam Irak dan Levant *(Islamic State of Iraq and the Levant* atau dikenal juga sebagai *Islamic State of Iraq and Syria* disingkat ISIS*)* yang diproklamasikan sendiri. Selain beberapa korban massal dari serangan teroris di Timur Tengah dan Eropa, juga diyakini bahwa ISIS melakukan serangan senjata kimia di Irak dan Suriah menggunakan gas klorin *(chlorine)* dan moster *(mustard)*. Pada bulan Juli 2014, dilaporkan juga bahwa para militan telah menyita 40 kg senyawa

[80] Bunn, M. & Bunn, G., 2012. Strengthening Nuclear Security Against Post-September 11 Threats of Theft and Sabotage. Journal of Nuclear Materials and Management.

uranium tingkat rendah dari Universitas Mosul di Irak. IAEA mengatakan bahan tidak dapat digunakan dalam perangkat nuklir mentah *(crude nuclear device)*, atau bom kotor, namun demikian kehilangan kontrol regulasi atas bahan nuklir dan zat radioaktif lainnya merupakan alasan serius yang perlu diperhatikan.

Peristiwa serangan 9/11 semakin menguatkan pentingnya keamanan nuklir dan menjadi faktor pendorong untuk lebih meningkatkan perhatian pada ancaman terorisme nuklir. Dari peristiwa ini timbul anggapan komunitas internasional bahwa potensi akuisisi senjata dan bahan kimia, biologi, radiologis, dan nuklir menjadi ancaman yang nyata. Hal ini mendorong peningkatan pembuatan kebijakan keamanan nuklir pada level internasional.

Secara internasional keamanan nuklir berkaitan erat dengan Konvensi mengenai proteksi fisik terhadap bahan nuklir dan fasilitas nuklir *(Convention on The Physical Protection of Nuclear Material and Nuclear Facilities)* dengan tujuan melindungi dari pencurian atau pengambilan secara melawan hukum terhadap bahan nuklir dalam penggunaan, penyimpanan, dan pengangkutan; memastikan implementasi yang cepat dan langkah-langkah komprehensif untuk mencari dan, jika perlu, menemukan kembali bahan nuklir yang hilang atau dicuri; melindungi bahan nuklir dan fasilitas nuklir dari sabotase; dan mengurangi konsekuensi radiologis dari sabotase.

Sejak tahun 1993 hingga 31 Desember 2019, The IAEA *Incident and Trafficking Database* (ITDB) telah mendata 3.686 kejadian keamanan nuklir, yaitu:

a. 290 insiden *trafficking and malicious uses*, termasuk upaya kepemilikan, perdagangan secara tidak sah;
b. 1.023 insiden yang belum diketahui tujuannya, dengan mayoritas insiden pencurian dan barang hilang;
c. 2.373 insiden yang tidak terkait *trafficking and malicious uses*, antara lain berbentuk penemuan sumber hilang, penemuan bahan yang

dibuang secara tidak sah, penemuan barang dengan kepemilikan tidak sah, atau pengiriman bahan nuklir dan zat radioaktif tidak sah.

Data ini diambil dari *illicit traficking database* (ITDB) *system* yang merupakan aset unik untuk merekam dan menganalisis insiden perdagangan gelap zat radioaktif dan bahan nuklir lainnya, serta mendata semua insiden yang melibatkan zat radioaktif yang berada diluar kendali regulasi. Ruang lingkup ITDB mencakup semua jenis bahan nuklir seperti yang didefinisikan oleh Statuta IAEA (yaitu uranium, plutonium dan thorium), NORM dan radioisotop buatan dan bahan yang terkontaminasi radioaktif (seperti besi tua). Untuk mengantisipasi kejadian di atas, pemasangan *Radiation Portal Monitor* (RPM) di perbatasan negara menjadi kebijakan untuk diterapkan di beberapa negara. Malaysia telah memasang 40 RPM di pelabuhan laut dan perbatasan negara. Indonesia telah memasang 6 RPM di pelabuhan laut khususnya untuk ekspor dan impor dan direncanakan akan dipasang lebih banyak lagi.

Kebijakan keamanan nuklir nasional untuk mengantisipasi kejadiankejadian seperti diuraikan di atas seharusnya tercermin dalam regulasi terutama dalam UUK tetapi pada kenyataannya pengaturan keamanan nuklir dalam Undang-Undang tersebut sangat tidak memadai. UUK hanya mencantumkan kata “keamanan” dalam beberapa pasal tetapi tidak mengelaborasi lebih lanjut bagaimana penanganan isu keamanan nuklir tersebut. Keamanan nuklir mencakup keamanan nuklir pada instalasi nuklir, fasilitas radiasi, pengangkutan, dan di luar ketiga hal tersebut. Hal ini kemudian yang harus diperhatikan dalam mengganti UUK untuk memfokuskan pada pengaturan keamanan nuklir secara terperinci termasuk pemidanaan bagi pelaku kejahatan terhadap keamanan nuklir.

UUK yang baru seyogyanya dapat merepresentasikan aturan yang berkaitan dengan *security culture* atau budaya keamanan, di mana tindakan keamanan tidak hanya pada fisik dari bahan nuklir, tetapi juga pelaku dari

dalam dan luar instalasi nuklir yang berpotensi untuk melakukan tindakan kejahatan pada keamanan nuklir.

Kerahasiaan informasi keamanan nuklir merupakan hal yang sangat penting dalam keamanan nuklir. Kerangka hukum keterbukaan informasi Indonesia diatur dalam Pasal 28F dan 28J UUD NRI 1945. Ketentuan dalam kedua pasal tersebut kemudian dijabarkan terutama dalam Undang-Undang Nomor 14 Tahun 2008 tentang Keterbukaan Informasi Publik (UndangUndang KIP). Prinsip dasar keterbukaan informasi publik adalah bahwa semua informasi yang dikuasai oleh badan publik bersifat terbuka selain yang dikecualikan. Sehingga, informasi publik boleh diperoleh, diakses, serta digunakan oleh semua orang dengan cepat dan tepat waktu, biaya ringan, dan cara sederhana.

Asas keterbukaan informasi harus dibatasi oleh kerahasiaan. Berdasarkan Pasal 2 Undang-Undang KIP, informasi publik yang dikecualikan bersifat rahasia sesuai dengan Undang-Undang, kepatutan, dan kepentingan umum didasarkan pada pengujian tentang konsekuensi yang timbul apabila suatu informasi diberikan kepada masyarakat serta setelah dipertimbangkan dengan seksama bahwa menutup informasi tersebut dapat melindungi kepentingan yang lebih besar dari pada membukanya. Terdapat dua kriteria batasan informasi publik; pertama, informasi itu dihasilkan, disimpan, dikelola, dikirim, dan/atau diterima oleh suatu badan publik yang berkaitan dengan penyelenggara dan/atau penyelenggaraan negara dan/atau badan publik lainnya. Kedua, informasi lain yang berkaitan dengan kepentingan publik. Terdapat 3 kelompok informasi yang dikecualikan berdasarkan Pasal 17 Undang-Undang KIP, yaitu kerahasiaan negara, kerahasiaan untuk persaingan yang sehat, dan kerahasiaan atas hak pribadi.

UUK tidak mengatur mengenai kerahasiaan informasi yang berkaitan dengan keamanan nuklir. Dalam hal kaitannya dengan keamanan nuklir, negara, pihak berwenang, pemegang izin instalasi nuklir (termasuk pihak ketiga), individu dan lembaga swadaya masyarakat, media, dan publik wajib menjaga kerahasiaan informasi keamanan nuklir. Oleh karena itu, peraturan

perundang-undangan diharuskan menyediakan ketentuan mengenai perlindungan informasi rahasia yang apabila rahasia itu dibuka dapat membahayakan bahan nuklir dan instalasi nuklir.

IAEA menyarankan setidaknya ada 10 jenis informasi yang harus dijaga kerahasiaannya demi keamanan nuklir, yaitu:

a. rincian sistem proteksi fisik dan tindakan pengamanan lainnya untuk bahan nuklir dan zat radioaktif lainnya, fasilitas dan aktivitas terkait, termasuk informasi tentang kemampuan penjaga dan tim tanggap;
b. informasi yang berkaitan dengan kuantitas dan bentuk bahan nuklir atau zat radioaktif lainnya yang sedang digunakan atau dalam penyimpanan, termasuk informasi akuntansi material;
c. informasi yang berkaitan dengan kuantitas dan bentuk bahan nuklir atau zat radioaktif lainnya yang sedang dalam proses pengiriman;
d. rincian sistem komputer, termasuk sistem komunikasi, proses, penanganan, penyimpanan, atau pengiriman informasi yang secara langsung atau tidak langsung penting bagi keselamatan dan keamanan;
e. rencana kontinjensi dan respons untuk kejadian keamanan nuklir;
f. informasi pribadi tentang karyawan, vendor, dan kontraktor;
g. penilaian ancaman dan informasi peringatan keamanan;
h. rincian teknologi sensitif;
i. rincian kerentanan atau kelemahan yang terkait dengan topik di atas; dan
j. informasi historis mengenai topik di atas.

Dengan perkembangan teknologi informasi yang ada, arus data dan pertukaran informasi dapat terjadi dalam sekejap sehingga perlindungan data secara konvensional saja tidaklah cukup. Metode pengamanan yang dilakukan haruslah mampu menjamin kerahasiaan, keutuhan, dan ketersediaan informasi dalam bentuk apapun.

UUK belum mengatur secara detail mengenai pengamanan nuklir dari tindakan kejahatan. UUK juga tidak mengatur mengenai usaha-usaha yang harus dilakukan oleh lembaga-lembaga terkait dalam mendeteksi, mencegah

dan merespon ancaman atau tindakan kejahatan terhadap keamanan nuklir, belum adanya penegakan hukum dan kepastian hukum untuk pemidanaan yang berkaitan dengan keamanan nuklir. Padahal permasalahan yang dihadapi masyarakat saat ini adalah rentannya tindakan kejahatan yang terjadi atas bahan nuklir atau zat radioaktif, contohnya pencurian bahan nuklir, perdagangan ilegal, penyelundupan dan penyalahgunaan zat radioaktif atau bahan nuklir menjadi persenjataan secara ilegal. Oleh karena itu perlu mengatur sistem keamanan nuklir nasional yang melibatkan kementerian/lembaga yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang kepabeanan, pertahanan, komunikasi, siber, sandi, penanggulangan terorisme, POLRI, TNI, BAKAMLA, Badan Intelijen Negara, dan BAPETEN. Terlebih lagi kondisi geografis Indonesia yang sangat luas dan terdiri dari ribuan pulau dapat menjadi akses yang sangat mudah terhadap keluarmasuknya zat radioaktif dan bahan nuklir secara ilegal sehingga terdapat kemungkinan jatuh ke tangan dan disalahgunakan oleh pihak-pihak yang tidak bertanggung jawab. Kejahatan terhadap keamanan nuklir dapat dilakukan dengan menyalahgunakan zat radioaktif atau bahan nuklir untuk membuat senjata radiologi atau senjata nuklir. Senjata radiologi dan senjata nuklir dapat digunakan oleh pelaku kejahatan dengan target fasilitas umum, obyek vital, penyelenggaraan kegiatan yang bersifat massal dan sebagainya untuk mengancam atau membahayakan manusia dan lingkungan hidup. Ketentuan-ketentuan mengenai keamanan nuklir yang perlu diatur antara lain bentuk-bentuk kejahatan terhadap keamanan nuklir:

a) kepemilikan tidak sah bahan nuklir, zat radioaktif, bahan dan peralatan terkait daur bahan bakar nuklir, dan instalasi nuklir dan fasilitas radiasi;
b) penggunaan bahan nuklir, zat radioaktif, bahan dan peralatan terkait daur bahan bakar nuklir, dan instalasi nuklir dan fasilitas radiasi yang tidak bertanggung jawab;

c) sabotase terhadap bahan nuklir, zat radioaktif, bahan dan peralatan terkait daur bahan bakar nuklir, dan instalasi nuklir dan fasilitas radiasi;

d) pencurian dan pemindahan tidak sah bahan nuklir, zat radioaktif, dan bahan dan peralatan terkait daur bahan bakar nuklir; dan

e) ekspor-impor, pengalihan, transit, pengangkutan bahan nuklir, zat radioaktif, dan bahan dan peralatan terkait daur bahan bakar nuklir secara tidak sah.

f) Ketentuan pidana yang berkaitan dengan keamanan nuklir sebagaimana diatur dalam *Convention on Suppression of Nuclear Terrorrism*.

Hadirnya *material out-of-regulatory control* (MORC) yaitu zat radioaktif yang tidak mendapatkan pengawasan dikarenakan hasil perdagangan gelap, penyelundupan, atau barang-barang yang terkontaminasi perlu mendapatkan pengaturan yang lebih jelas, mengingat banyak pemangku kepentingan yang terlibat. Pengaturan ini memerlukan dukungan forensik nuklir untuk identifikasi MORC sebagai bagian.

Kebijakan yang perlu dimasukan dalam pengaturan antara lain:

a. pengembangan sistem keamanan nuklir nasional yang terdiri dari 4 aspek pertahanan berlapis yaitu penghalang *(deterrence)*, pencegahan *(prevention*), deteksi *(detection)*, dan respons *(response)*;

b. sistem keamanan nuklir dilaksanakan melalui koordinasi antar lembaga yang dipimpin oleh Kementerian Koordinator Politik, Hukum dan Keamanan.

c. menetapkan tugas dan tanggung jawab kementerian/lembaga dalam sistem keamanan nuklir pada 4 aspek pertahanan berlapis, antara lain POLRI, TNI, Kementerian Pertahanan, Badan Intelijen Negara (BIN), BAKAMLA, DJBC, Badan Nasional Penanggulangan Terorisme (BNPT), BAPETEN, BRIN, Kementerian Komunikasi dan Informasi, dan Badan Siber dan Sandi Negara (BSSN).

d. lingkup pengaturan pemindahan zat radioaktif dan bahan nuklir yang tidak sah, kejahatan keamanan di wilayah laut dan daratan, dan kegiatan publik berskala besar (*major public event*).
e. mengembangkan kemampuan dan infrastruktur forensik nuklir.
f. identifikasi dan pengaturan terkait kerahasiaan informasi keamanan nuklir.
g. BAPETEN sebagai anggota dan menjadi *contact point* dengan IAEA.

13. Garda-aman

Pengaturan mengenai garda-aman belum secara eksplisit diberikan dalam UUK. UUK hanya menyebutkan bahwa pengawasan ditujukan salah satunya untuk mencegah terjadinya perubahan tujuan pemanfaatan bahan nuklir. Penjelasan UUK menyatakan perubahan tujuan ini adalah perubahan tujuan dari maksud damai ke maksud non-damai. Selain itu dalam penjelasan umum disebutkan perlunya memperhatikan peraturan perundang-undangan lain, salah satunya adalah Undang-undang Nomor 8 Tahun 1978 tentang Pengesahan Perjanjian mengenai Pencegahan Penyebaran Senjata-senjata Nuklir. Apabila "perubahan tujuan" dikaitkan dengan Undang-Undang Nomor 8 Tahun 1978 maka yang dimaksud oleh UUK 1997 adalah hal-hal yang berkaitan dengan garda-aman.

Garda-aman merupakan kewajiban bagi setiap negara yang menjadi pihak dalam Traktat Pencegahan Penyebaran Senjata Nuklir (traktat non proliferasi). Kewajiban ini diatur dalam Pasal III traktat tersebut sehingga setiap negara pihak wajib membuat perjanjian garda-aman dengan IAEA. Perjanjian antara Indonesia dengan IAEA sebagai implementasi dari kewajiban tersebut ditandatangani pada tanggal 14 Juli 1980. Selanjutnya pada tanggal 29 September 1999 Indonesia dan IAEA menandatangani Protokol Tambahan terhadap Perjanjian *Safeguards*.

Ketentuan garda-aman diberlakukan untuk memastikan penggunaan bahan nuklir untuk maksud damai, mencegah penyalahgunaan peralatan dan bahan terkait nuklir, dan mencegah dan mendeteksi ledakan nuklir.

Indonesia telah menandatangani traktat nonproliferasi sehingga ketentuan garda-aman sangat penting karena menyangkut tanggung jawab negara untuk memastikan bahan nuklir, kegiatan, fasilitas, peralatan, dan bahan terkait nuklir digunakan untuk tujuan damai. Namun demikian ketentuan mengenai garda-aman sampai saat ini belum diatur pada level undangundang. Pengawasan garda-aman melibatkan banyak aspek, termasuk aspek protokol tambahan. Pemangku kepentingan dalam garda-aman antara lain pemegang izin instalasi nuklir, pemegang izin penyimpanan mineral ikutan radioaktif, pelaku usaha industri yang memiliki peralatan yang berpotensi *dual used*, pihak-pihak yang melakukan riset terkait daur bahan nuklir.

Hal lain yang sangat penting dari protokol tambahan adalah pencegahan *transhipment* peralatan *dual used* yang dapat digunakan untuk pengembangan senjata nuklir. Hal ini pernah terdeteksi di Malaysia menyangkut pengiriman peralatan sentrifugal yang dapat digunakan untuk peningkatan pengayaan uranium.

Sejak tahun 2003 Indonesia telah menerapkan *Integrated Safeguards* yang merupakan tindakan kombinasi optimal garda-aman nuklir (*the optimum combination of all safeguards measured*) yang diberlakukan IAEA menurut *comprehensive safeguards agreement* (CSA) dan *Additional Protocols* untuk memenuhi kewajiban *safeguards* IAEA secara efektif dan efisien dengan sumber daya yang ada. CSA ini merupakan perjanjian internasional yang mayoritas ditandatangani oleh negara non-senjata nuklir (*non-nuclear weapon states parties*) di samping perjanjian bebas senjata nuklir kawasan (NWFZ). Dari 174 negara yang sudah menandatangani CSA, 100 negara di antaranya telah menandatangani juga *small quantities protocols* untuk melengkapi CSA (60th years IAEA). Di bawah perjanjian CSA ini, IAEA mempunyai hak dan kewajiban untuk memastikan bahwa garda-aman telah diterapkan di wilayah negara anggota, yurisdiksi atau pengawasan negara untuk tujuan khusus melakukan verifikasi bahwa bahan nuklir tersebut tidak disalahgunakan untuk senjata nuklir atau alat peledak nuklir lainnya. Berdasarkan pasal III

Statuta IAEA, IAEA mempunyai kewenangan, antara lain, untuk membentuk organisasi dan mengelola garda-aman nuklir untuk memastikan bahan nuklir tidak disalahgunakan untuk tujuan militer. Ketika *the Board of Governors* menyetujui perjanjian *safeguards* dengan negara anggota, maka *the Board of Governors* memberikan kewenangan kepada Direktorat jenderal IAEA untuk membuat perjanjian dengan negara tersebut untuk penerapan garda-aman di negaranya. Indonesia sebagai negara yang telah meratifikasi CSA mempunyai hak dan kewajiban sesuai dengan CSA yaitu pemanfaatan bahan nuklir untuk tujuan damai di wilayah yurisdiksi dan dalam pengawasan negara Indonesia di manapun bahan nuklir berada.

Untuk menjamin kepatuhan pada prinsip ini, maka perlu diatur pula ancaman pidana bagi kejahatan-kejahatan terhadap garda-aman yang mengancam kepatuhan prinsip garda-aman. Kejahatan-kejahatan tersebut meliputi:

a. penyalahgunaan bahan nuklir; dan
b. penyalahgunaan bahan non-nuklir dan peralatan terkait daur bahan bakar nuklir.

Hal-hal yang bersifat prosedural atau mengenai pelaksanaan garda-aman akan diatur lebih lanjut dalam peraturan pemerintah.

Barang-barang dwiguna (*dual-used*) diartikan sebagai barang, perangkat lunak, dan teknologi yang dapat digunakan untuk kebutuhan sipil dan militer dan/atau dapat berperan dalam proliferasi senjata pemusnah massal sehingga dilakukan pengendalian untuk mencegah risiko penggunaan untuk tujuan pembuatan senjata[81]. Ketentuan pengendalian diturunkan dari kewajiban internasional (resolusi dewan keamanan PBB Nomor 1540 mengenai konvensi senjata kimia dan konvensi senjata nukir) dan sejalan dengan komitmen yang disetujui berdasarkan rezim pengawasan ekspor multilateral. Meskipun UUK belum mengatur secara konkrit mengenai

[81] ec. europa.eu/trade/import-and-export-rule/export-from-eu/dual-use-controls per 23 Agustus 2016.

gardaaman, telah diberlakukan beberapa peraturan mengenai garda-aman dan protokol tambahan. Pengaturan di level undang-undang sangat diperlukan sebagai kerangka regulasi nasional dan pemberlakukan sanksi pidana untuk kejahatan terhadap garda-aman. Selain itu perlu pengaturan mengenai koordinasi antar-kementerian/lembaga terkait dengan garda-aman.

Penerapan garda-aman pada level negara dilakukan oleh Pemerintah Pusat, sedangkan pada level pemegang izin atau pelaku usaha dilakukan oleh masing-masing instalasi.

14. Kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan nuklir

Penggunaan tenaga nuklir tetap memiliki potensi bahaya meskipun telah dilakukan pencegahan dan pengendalian dalam berbagai upaya, misalnya tersedianya regulasi, perizinan, desain, SOP, dan kompetensi SDM. Untuk itu, setiap instalasi nuklir dan fasilitas radiasi beserta kegiatan pendukungnya wajib mengantisipasi kemungkinan kecelakaan yang terjadi. Untuk instalasi nuklir, khususnya PLTN dan reaktor riset dengan daya di atas 2 MWt, dampak kecelakaan dimungkinkan keluar lepasan radioaktif melampaui batas tapak. Pemerintah perlu mengatur tentang bagaimana program kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan bencana nuklir harus diimplementasikan, sehingga dampak yang muncul akibat adanya kedaruratan ataupun kecelakaan nuklir dapat ditekan seminimal mungkin.

Sebagai salah satu upaya untuk mencegah terjadinya kedaruratan nuklir, maka pemanfaatan tenaga nuklir di Indonesia tunduk dan patuh kepada peraturan perundang-undangan ketenaganukliran yang berlaku. Salah satunya adalah harus memiliki kemampuan kesiapsiagaan dan penanggulangan kedarururatan nuklir yang tertuang di dalam program kesiapsiagaan nuklir. Upaya untuk mengenali, mengantisipasi, mencegah dan mengurangi risiko kedaruratan akan mengurangi risiko terjadinya bencana juga dicantumkan dalam program kesiapsiagaan nuklir.

Beberapa ketentuan terkait kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan nuklir telah dimuat dalam:

a. Peraturan Pemerintah No. 33 Tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif;
b. Peraturan Pemerintah No. 54 Tahun 2012 tentang Keselamatan dan Keamanan Instalasi Nuklir; dan
c. Peraturan Pemerintah No. 58 Tahun 2015 tentang Keselamatan Radiasi dan Keamanan dalam Pengangkutan Zat Radioaktif.

Namun demikian ketentuan tersebut sebagian besar merupakan persyaratan bagi pemegang izin atau pengguna. Infrastruktur kesiapsiagaan nuklir secara nasional yang melibatkan Pemerintah Pusat dan Pemerintah Daerah belum secara komprehensif diatur dalam peraturan perundang-undangan.

Dalam praktiknya, BAPETEN telah menginisiasi beberapa kegiatan untuk mendorong terbantuknya infrastruktur kesiapsiagaan nasional, antara lain:

a. fasilitasi gladi lapang maupun gladi meja untuk tanggap darurat nuklir secara nasional setiap tahun dengan lokasi kejadian dan skenario yang berbeda sejak tahun 2006;
b. bimbingan teknis penanganan zat radioaktif dalam kedaruratan radiologi kepada *frontline officer* dari DJBC – Kementerian Keuangan, Kompi Zeni Penjinak Bahan Peledak, pasukan Detasemen Zeni Angkatan Darat, petugas Badan Nasional Penanggulangan Nasional (BNPB) dan Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD), kepolisian wilayah yang dilaksanakan 3 sampai 4 kali per tahun sejak 2010. Sebagai catatan, 23 dari 33 provinsi yang terdapat satuan Brimob telah mendapatkan bimbingan teknis untuk penanganan zat radioaktif; c. pembentukan Organisasi Tanggap Darurat Nuklir Nasional (OTDNN) dengan kantor pusat di BAPETEN yang bertujuan untuk mengkoordinasikan kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan nuklir; dan merupakan bagian dari organisasi tanggap darurat BNPB;

d. pembentukan satuan tanggap darurat BAPETEN untuk melakukan penanggulangan kedaruratan terhadap kejadian khusus, yaitu sumber radioaktif yang tidak diketahui pemiliknya dan lepasan radioaktif lintas batas negara; dan
e. pengoperasian peralatan pemantauan (*monitoring*) radioaktivitas lingkungan yang dipasang di beberapa lokasi antara lain: 3 lokasi reaktor riset dan 8 lokasi stasiun Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG).

Indonesia telah meratifikasi *Convention on Early Notification of a Nuclear Accident* dalam Keputusan Presiden Nomor 81 Tahun 1993 tentang Pengesahan *Convention on Early Notification of a Nuclear Accident.* Dengan konvensi, Indonesia memiliki kewajiban memberikan pelaporan ke IAEA terkait adanya kecelakaan nuklir. Demikian juga dengan ratifikasi terhadap *Convention on Assistance in The Case of Nuclear Accident or Radiological Emergency* dalam Keputusan Presiden Nomor 82 Tahun 1993 tentang Pengesahan *Convention on Assistance in the Case of Nuclear Accident or Radiological Emergency*, Indonesia dapat memberikan bantuan teknis ke negara lain apabila ada kecelakaan nuklir. Untuk dapat memberikan bantuan teknis tersebut, IAEA telah membentuk Response and Assitance Network (RANET) sebagai jaringan platform bantuan teknis dari negara anggota.

UUK belum mengatur secara konkrit kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan bencana nuklir pada setiap tingkatan pemangku kepentingan, yaitu tingkat nasional, tingkat daerah, dan tingkat fasilitas. Infrastruktur dan fungsi penanggulangan, tanggung jawab pemangku kepentingan belum diatur dengan memadai. Koordinasi dengan semua pemangku kepentingan belum diatur secara komprehensif

Melihat kondisi ini, BAPETEN sebagai salah satu kementerian/lembaga tidak dapat efektif mendorong infrastruktur nasional tanpa koordinasi kementerian/lembaga yang berwenang dalam kebencanaan. Beberapa alternatif kebijakan yang dapat menjadi pilihan pengaturan antara lain:

a. Pemerintah Pusat melalui BNPB bertanggung jawab untuk menyusun program nasional kesiapsiagaan dan penanggulangan nuklir, dan menjadi pimpinan dalam koordinasinya;
b. Pemerintah Daerah dan Satuan Kerja Perangkat Daerah (SKPD) terkait bertanggung jawab untuk menyusun program daerah kesiapsiagaan dan penanggulangan nuklir, dan menjadi pimpinan dalam koordinasinya;
c. koordinasi dengan BAPETEN dalam penyusunan dan penerapan program kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan nuklir;
d. badan pelaksana berperan menjadi salah satu unsur dalam program tersebut dalam hal keahlian untuk melakukan asesmen radiologi;
e. peran Kepolisian, TNI dan kementerian/lembaga terkait, misalnya Kementerian Kesehatan, Kementerian Pertanian, BMKG, dan kementerian/lembaga yang lain ditentukan berdasarkan tugas dan kewenangannya;
f. pembiayaan tanggap darurat dibebankan pada Pemerintah Pusat, dan pembiayaan untuk kesiapsiagaan dibebankan pada masing-masing Pemerintah Daerah dengan dukungan Pemerintah Pusat.
g. pengoperasian peralatan pemantauan (*monitoring*) radioaktivitas lingkungan menjadi tanggung jawab BAPETEN berkoordinasi dengan BMKG, dan Pemerintah Daerah;
h. pembuatan kajian dan peta potensi kebencanaan nuklir secara nasional;
i. pelatihan keterampilan dan gladi lapang/gladi meja diselenggarakan wajib secara berkala oleh Pemerintah Pusat dan Pemerintah Daerah yang memiliki program kesiapsiagaan nuklir; dan
j. program I-CoNSEP ditingkatkan dan diimplementasikan secara berkelanjutan.

15. Pertanggungjawaban kerugian nuklir

a. Asuransi sebagai jaminan keuangan

Pada permulaan memasuki era industrialisasi negara-negara yang mengembangkan PLTN menyadari bahwa PLTN tidak akan berkembang tanpa hukum khusus yang mengatur mengenai pertanggungjawaban kerugian nuklir. Setidaknya ada 3 permasalahan yang dihadapi berkaitan dengan pertanggungjawaban kerugian nuklir ini.[82] Pertama, kemungkinan yang sangat kecil bagi operator untuk membayar kompensasi kerugian nuklir kepada pihak ketiga karena sebagian besar sumber daya yang dimiliki akan diinvestasikan untuk instalasi. Kedua, bagaimana memberikan kompensasi kerugian nuklir kepada korban apabila kerugian nuklir dikecualikan dari polis asuransi. Ketiga, siapa yang akan membayar kerugian yang sangat besar bagi operator apabila instalasi yang telah diinvestasikan dengan biaya yang besar tersebut mengalami kerusakan akibat kecelakaan.

Asuransi dipandang sebagai jawaban atas permasalahan tersebut agar industri PLTN dapat berkembang. Walaupun jaminan keuangan untuk pertanggungjawaban nuklir dapat berbentuk *bank guarantee* atau jaminan keuangan lainnya namun sebagian besar negara memilih asuransi sebagai bentuk jaminan keuangan. Hal ini disebabkan karena perusahaan asuransi sudah sejak awal terlibat dalam pengembangan sistem pertanggungjawaban kerugian nuklir.

Pada saat sistem pertanggunjawaban kerugian nuklir masih dalam tahap pembahasan, perusahaan asuransi juga menghadapi persoalan untuk memutuskan apakah akan menanggung asuransi kerugian nuklir atau tidak. Beberapa alasan yang menjadi kendala bagi perusahaan asuransi adalah:[83]

- sangat sedikit yang mengetahui potensi bahaya tenaga nuklir karena merupakan hal yang masih baru;

[82] Liability and Compensation for Nuclear Damage – An International Overview, OECD, 1994, Hal. 31

[83] Liability and Compensation for Nuclear Damage – An International Overview, OECD, 1994, Hal. 31

- meskipun konsekuensi kecelakaan tidak dapat dikuantifikasi namun diduga total jumlah kerugian mungkin cukup besar;
- frekuensi kecelakaan tidak diketahui dan tidak dapat diprediksi;
- sedikit yang mengetahui jenis kerusakan yang dapat ditimbulkan;
- kemungkinan kerugian personal hanya dapat terwujud setelah melewati beberapa tahun;
- hanya ada sedikit instalasi pada sebagian besar negara sehingga membatasi potensi jumlah pemegang polis dan ketersedian jumlah pendapatan premi pada level nasional;
- instalasi nuklir sangat berbeda dari segi ukuran, desain, dan teknologi; dan
- nilai instalasi menyebabkan kerugian material yang harus ditanggung sangat tinggi.

Alasan-alasan tersebut di atas menjadi sebab ketidaksanggupan suatu perusahaan asuransi menanggung sendiri kerugian nuklir. Oleh karena itulah kelompok asuransi nuklir *(nuclear insurance pool)* menjadi solusi yang ditempuh oleh perusahaan asuransi. Dalam perkembangannya kemudian kelompok asuransi nuklir ini menjadi pilihan terbaik yang diikuti oleh negaranegara yang memiliki PLTN. Hampir semua negara yang mengoperasikan

PLTN membentuk kelompok asuransi nuklir sebagaimana diberikan pada Tabel 5 berikut ini.

Kelompok asuransi di Inggris, Amerika Serikat, Brazil, Kanada, Jepang, Korea, dan Afrika Selatan menerbitkan polis atas nama kelompok (*pool*) dan menarik premi yang selanjutnya didistribusikan kepada anggota kelompok (*pool*). Sedangkan kelompok asuransi yang tidak memiliki hak hukum untuk melakukan transaksi atas bisnis mereka sebagaimana di Eropa Kontinental maka perusahaan pengalihan *(fronting company)* akan menerbitkan polis atas

nama kelompok. Perusahaan pengalihan menarik premi dan akan menangani klaim apabila terjadi kecelakaan.[84]

Kondisi pasar asuransi kerugian nuklir di Indonesia belum berkembang sebagaimana di negara-negara yang memiliki PLTN meskipun Indonesia telah memiliki peraturan yang berkaitan dengan pertanggungjawaban kerugian nuklir. Klausul-klausul dalam polis asuransi yang ada di Indonesia seperti dalam polis asuransi kebongkaran [85] dan polis asuransi terorisme dan sabotase [86] tidak menjamin kehilangan dan atau kerusakan baik secara langsung maupun tidak langsung disebabkan atau ditimbulkan oleh serta akibat dari reaksi nuklir, termasuk tetapi tidak terbatas pada radiasi nuklir, ionisasi, fusi, fisi, atau pencemaran radioaktif.

Tabel 5. Kelompok asuransi nuklir di dunia

No.	Negara	Kelompok Asuransi Nuklir
1.	Belgia	Syndicat Belge d'Assurances Nucléaires (SYBAN)
2.	Bulgaria	Bulgarian National Nuclear Insurance Pool
3.	Brazil	IR.B. Resseguros S.A.
4.	Kroasia	Croatian Nuclear Pool
5.	China	The China Nuclear Insurance Pool
6.	Finlandia	Nordic Nuclear Insurers
7.	Perancis	ASSURATOME
8.	Jerman	Deutsche Kernreaktor-Versicherungsgemeinschaft (D.K.V.G)
No.	**Negara**	**Kelompok Asuransi Nuklir**
9.	Belanda	Nederlandse Pool voor Verzekering van Atoomrisico's
10.	Jepang	The Japan Atomic Energy Insurance Pool
11.	Afrika Selatan	The South African Pool for the Insurance of Nuclear Risks

[84] Liability and Compensation for Nuclear Damage – An International Overview, OECD, 1994, Hal. 33

[85] http://aaui.or.id/wp-content/uploads/2018/08/Polis-Standar-Asuransi-Kebongkaran-Indonesia.pdf

[86] http://aaui.or.id/wp-content/uploads/2018/08/Polis-Standar-Asuransi-Terorisme-dan-Sabotase-Indonesia.pdf

12.	Korea Selatan	The Korea Atomic Energy Insurance Pool
13.	Kanada	Nuclear Insurance Association of Canada
14.	Republik Ceko	Czech Nuclear Insurance Pool
15.	Hungaria	Hungarian Atomic Pool
16.	India	Indian Nuclear Insurance Pool (INIP)
17.	Meksiko	Pool Atómico Mexicano
18.	Rumania	Romania Pool for the Insurance of Atomic Risks
19.	Rusia	Russian Nuclear Insurance Pool
20.	Slovakia	Slovenský jadrový poišťovací pool
21.	Slovenia	Nuclear Insurance and Reinsurance Pool, Ljubljana
22.	Spanyol	ESPANUCLEAR
23.	Swedia	Nordic Nuclear Insurers
24.	Swiss	Swiss Nuclear Insurance Pool
25.	Taiwan	Nuclear Energy Insurance Pool of the Republic of China
26.	Ukraina	The Ukrainian Nuclear Insurance Pool
27.	Amerika Serikat	American Nuclear Insurers
28.	Inggris	Nuclear Risk Insurers Limited

Pertanggungjawaban kerugian nuklir telah diatur dalam UUK dan peraturan pelaksananya yaitu Peraturan Pemerintah Nomor 46 Tahun 2009 tentang Batas Pertanggungjawaban Kerugian Nuklir. Peraturan Pemerintah Nomor 46 Tahun 2009 menetapkan batas pertanggungjawaban kerugian nuklir paling banyak 4 triliun rupiah. Ketentuan ini menggantikan ketentuan Pasal 34 ayat (1) UUK yang menetapkan batas atas sebanyak 900 miliar rupiah.

Ketiadaan operator instalasi nuklir selain pemerintah menjadi salah satu sebab belum berkembangnya pasar asuransi kerugian nuklir di Indonesia. Sementara posisi pemerintah sendiri sebagai operator tidak memiliki kewajiban untuk menyediakan jaminan keuangan baik oleh UUK maupun konvensi internasional. Kekosongan hukum mengenai kewajiban pemerintah ini menjadi permasalahan tersendiri apabila terjadi kecelakaan nuklir di Indonesia maupun yang bersifat lintas negara *(transboundary damage)*. Mengingat implikasi kecelakaan nuklir yang luas maka sudah

sepatutnya apabila pemerintah mengantisipasi sejak dini mengenai penyediaan dana yang akan digunakan untuk memberi ganti rugi.

Kebijakan pengaturan yang berbeda dilakukan oleh Jerman. Di luar kewajiban sebagai negara yang memiliki PLTN dan negara pihak dalam beberapa konvensi, Jerman memiliki aturan khusus yang bertujuan untuk melindungi warganya. Pasal 38 *Atomgesetz* mengatur gagasan mengenai *statutory deficit guarantee* yang memungkinkan korban yang berada di Jerman mengajukan klaim kompensasi kepada Pemerintah Federal Jerman akibat kecelakaan nuklir yang terjadi di luar wilayah Jerman.[87] Penerapan atas ketentuan ini dibuktikan ketika terjadi kecelakaan Chernobyl dengan total kompensasi yang dibayarkan oleh Pemerintah Federal Jerman sebesar hampir 500 juta DM atau setara 248 juta euro.[88]

Klaim berdasarkan Pasal 38 *Atomgesetz* ini dapat diajukan dalam kondisi,[89] pertama, pengadilan negara lain *(accident state)* yang menjadi pihak pada Konvensi Paris, Konvensi Wina, dan *Joint Protocol* merupakan pengadilan yang memiliki wewenang dan penerapan hukum pada pengadilan tersebut *(lex fori)* mengakibatkan korban kecelakaan nuklir di Jerman tidak akan menerima kompensasi atau kompensasi yang akan diterima lebih kecil daripada yang diatur oleh hukum Jerman. Kedua, nilai kompensasi yang diatur oleh negara lain *(accident state)* lebih rendah dari kompensasi yang diatur oleh hukum Jerman atau prospek tuntutan yang diajukan kemungkinan tidak berhasil.

b. Kompensasi Kerugian Nuklir

1. Jerman[90]

Pada saat kecelakaan Chernobyl terjadi (26 April 1986), pemerintah menyatakan bahwa Republik Federal Jerman tidak dalam keadaan yang sangat membahayakan. Namun demikian Komisi Proteksi Radiasi

[87] Nuclear Law Bulletin No. 97, NEA – OECD, 2016, hal. 30
[88] Indemnification of Damage in the Event of a Nuclear Accident, OECD, 2003, hal. 94
[89] Nuclear Law Bulletin No. 97, NEA – OECD, 2016, hal. 30
[90] Indemnification of Damage in the Event of a Nuclear Accident, OECD, 2003, hal. 99 - 103

menerbitkan rekomendasi kesehatan awal pada tanggal 2 Mei 1986 yang menyatakan:

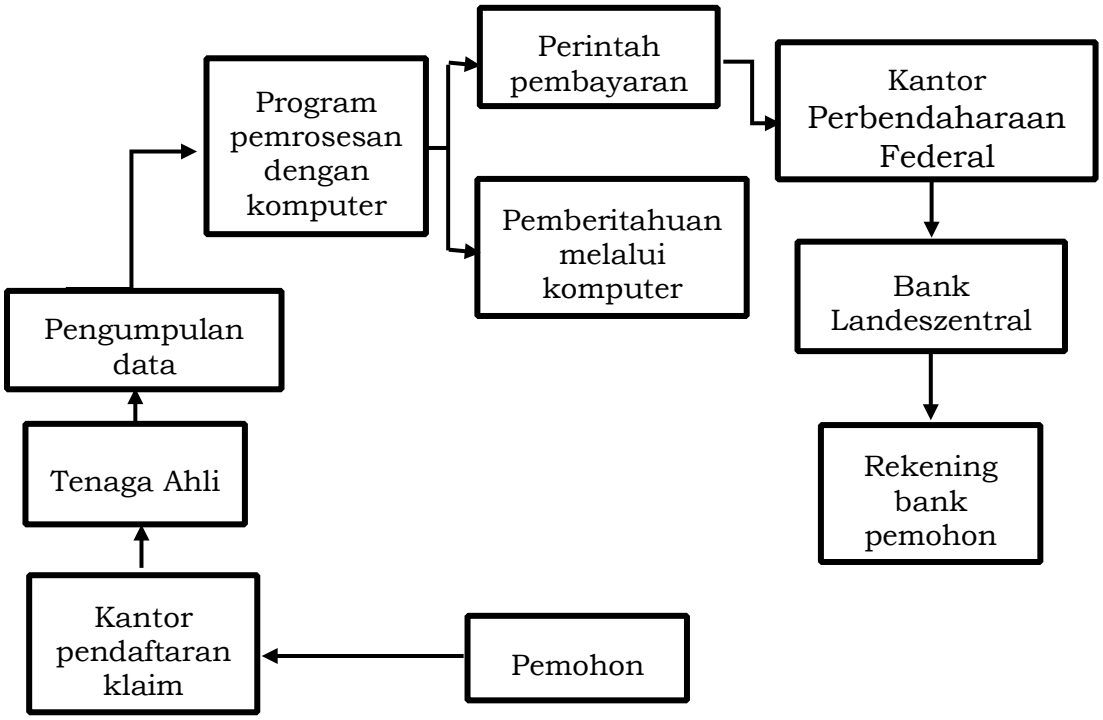
- sapi perah tidak diberi pakan segar selama beberapa hari;
- susu segar dari perusahaan susu hanya didistribusikan kepada penduduk jika aktivitas Iodium-131 dalam susu tidak melebihi level 500 Bq per liter;
- susu dengan tingkat aktivitas yang lebih tinggi diolah menjadi produk susu yang dapat disimpan.

Selanjutnya rekomendasi kedua diterbitkan pada 7 Mei 1986 menyarankan penduduk, antara lain, untuk menghindari makan sayuran berdaun segar. Dalam kaitan dengan rekomendasi ini dinyatakan bahwa:

- level 250 Bq per kilogram direkomendasikan sebagai batas sayuran berdaun segar untuk konsumsi manusia. Hal ini tidak akan memungkinkan paparan radiasi yang jauh lebih tinggi daripada Iodium-131 dalam susu.

Kepatuhan atas rekomendasi tersebut menyebabkan kerugian bagi peternak dan petani. Untuk memberikan kompensasi atas kerugian yang dialami maka pemerintah melakukan langkah-langkah sebagai berikut:

a. menetapkan pedoman kompensasi pada tanggal 21 Mei 1986 dengan gambaran prosedur sebagai berikut:



Gambar 34. Prosedur pemberian kompensasi.

b. prosedur tersebut memungkinkan untuk menerima pendaftaran sampai dengan 30.000 permohonan setiap hari, memeriksa 6.000 permohonan, dan menyimpan 10.000 permohonan dalam sistem komputer;
c. formulir permohonan kompensasi didistribusikan melalui kementerian terkait yang selanjutnya didistribusikan kepada korban melalui pemerintah lokal;
d. tanggal 30 Mei 1986 pemberitahuan terkomputerisasi pertama telah diterbitkan dan perintah pembayaran dikirim kepada kantor Perbendaharaan Federal;
e. transfer pembayaran dari kantor Perbendaharaan Federal dilakukan melalui Bank Sentral Negara (Landeszentralbank) kepada bank penerima yang memerlukan waktu 5 – 6 hari;
f. pembayaran kompensasi pertama diterima oleh pemohon pada tanggal 5 Juni 1986;
g. Pemerintah Federal Jerman telah memproses 313.000 permohononan dengan total klaim yang harus dibayarkan sebesar 291 juta DM.

Permohonan yang ditolak sebanyak 4.500, dengan 57 pemohon di antaranya mengajukan banding dan 116 pemohon menempuh jalur hukum melalui peradilan administratif;

h. tahun-tahun berikutnya sejak kecelakaan Chernobyl, Pemerintah Federal Jerman tetap memberikan kompensasi termasuk untuk hewan liar yang terkontaminasi atau *wild game*[91] lebih dari 600 Bq; dan

i. pada saat informasi mengenai kompensasi ini disampaikan dalam *workshop* tanggal 26 – 28 November 2001 di Paris, Pemerintah Federal Jerman masih memberikan kompensasi terhadap klaim yang diajukan.

2. Amerika Serikat

Kecelakaan nuklir pada PLTN unit 2 di Three Mile Island (TMI) yang terletak kira-kira 16 km tenggara Harrisburg, Negara Bagian Pennsylvania terjadi pada tanggal 28 Maret 1979. Beberapa pompa air yang berhenti berfungsi disinyalir menjadi penyebab dan kecelakaan ini semakin diperparah oleh kegagalan peralatan, prosedur yang tidak tepat, dan faktor manusia *(human error).*[92]

Upaya yang dilakukan berkaitan dengan pertanggungjawaban kerugian nuklir sebagai respon kecelakaan tersebut diuraikan sebagai berikut:

- pada tanggal 30 Maret 1979 Gubernur Negara Bagian Pennsylvania memberikan arahan untuk mengevakuasi wanita hamil dan anak-anak usia prasekolah yang tinggal dalam jarak 8 km dari lokasi. Sedangkan penduduk yang tinggal dalam jarak 16 km diarahkan untuk tidak keluar rumah;[93]

---

[91] Dikutip dari https://www.lawinsider.com/dictionary/wild-game, Wild game means a wild animal which is hunted for human consumption

[92] Report of The President's Commission on The Three Mile Island, hal. 81

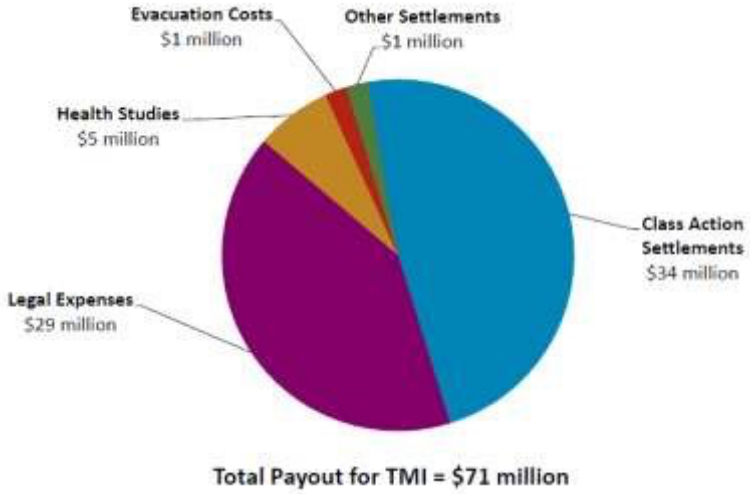
[93] Richard Jones, The Price – Anderson Act, https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/31/051/31051426.pdf?r=1&r=1

- 24 jam setelah arahan Gubernur tersebut, perwakilan American Nuclear Insurance (ANI) telah berada di sekitar lokasi untuk melakukan pembayaran bantuan darurat. Dua hari kemudian kantor pelayanan klaim dengan staf sebanyak 30 orang telah berfungsi secara penuh dan dibuka untuk publik. Dalam 2 minggu staf pelayanan ditambah menjadi 50 orang yang berasal dari anggota perusahaan asuransi. Selanjutnya ANI mengumumkan melalui radio, televisi, dan surat kabar mengenai pengoperasian kantor pelayanan klaim;[94]
- penduduk yang terkena dampak dari evakuasi telah diberikan uang muka untuk biaya hidup seperti biaya untuk makanan, pakaian, tempat tinggal, transportasi, dan perawatan medis darurat. Jumlah uang muka adalah jumlah per hari berdasarkan biaya hidup di daerah tersebut. Jumlah total sekitar 1,3 juta US dollar pembayaran bantuan darurat kepada sekitar 3.100 keluarga.[95] ANI juga membayar klaim kehilangan penghasilan kepada 636 individu sebesar 92.000 US dollar;[104]
- setelah kecelakaan TMI, sejumlah gugatan *class action* diajukan dengan alasan yang bervariasi seperti gangguan bisnis dan kehilangan penghasilan hingga kanker, dan ketakutan akan kanker atau penyakit lainnya. Gugatan dikumpulkan menjadi satu dan diajukan kepada Pengadilan District Federal di Harrisburg. Pada September 1981, kesepakatan penyelesaian *(settlement aggreement)* ditandatangani dan berdasarkan kesepakatan tersebut ANI membayar kepada pengadilan (a *court-managed fund*) sebesar 20 juta US dollar untuk kerugian ekonomi pada bisnis dan perorangan yang berlokasi dalam jarak 40 km dari tapak dan 5 juta US dollar untuk membangun dana kesehatan

[94] Richard Jones, The Price – Anderson Act, https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/31/051/31051426.pdf?r=1&r=1

[95] Richard Jones, The Price – Anderson Act, https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/31/051/31051426.pdf?r=1&r=1 [104] The Price-Anderson Act – Backgroun Information, https://ans.org/pi/ps/docs/ps54-bi.pdf

masyarakat *(public health fund).*[96] Dana kesehatan masyarakat ini bertujuan untuk mempelajari dampak kesehatan, jika ada, pada orang yang tinggal di daerah tersebut selama 20 tahun.[97] Selanjutnya pada tahun 1985, ANI membayar 1,25 juta US dollar untuk menyelesaikan kumpulan klaim atas cedera dan tekanan emosional yang melibatkan 280 orang.[98]



Gambar 35. Total dan alokasi pembayaran untuk kecelakaan TMI.[99]

ANI dapat melakukan respons yang cepat karena sudah melakukan persiapan sebelum terjadi situasi darurat. Latihan kedaruratan telah dilakukan secara berkala, dan manual tanggap darurat yang telah dirancang sebelum kecelakaan membantu dalam melakuan respons. Cek dan formulir klaim lain yang telah dicetak dan disimpan untuk keadaan darurat dapat segera tersedia. Total dan alokasi pembayaran untuk kecelakaan TMI digambarkan pada Gambar 35.

---

[96] The Price-Anderson Act – Backgroun Information, https://ans.org/pi/ps/docs/ps54-bi.pdf

[97] Richard Jones, The Price – Anderson Act, https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/31/051/31051426.pdf?r=1&r=1

[98] Richard Jones, The Price – Anderson Act, https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/31/051/31051426.pdf?r=1&r=1

[99] Bahan paparan Tyson R. Smith dalam Workshop on Nuclear Damages, Liability Issues and Compensation Schemes pada 10 – 13 Desember 2013 di Paris

3. Jepang

Penerapan praktik pertanggungjawaban nuklir terkini dilakukan ketika terjadi kecelakaan nuklir di Fukushima. Sistem yang berlaku di Jepang dalam pemberian kompensasi dapat dilakukan dalam 3 (tiga) cara, yaitu:[100]

a) rute 'langsung' ke kompensasi, dilaksanakan melalui pedoman yang dikeluarkan oleh Komite Rekonsiliasi Sengketa untuk Kompensasi Kerusakan Nuklir dan bertujuan untuk mengatasi sebagian besar kerugian yang disebabkan oleh kecelakaan nuklir. Komite Rekonsiliasi Sengketa untuk Kompensasi Kerusakan Nuklir ini dibentuk berdasarkan *Nuclear Damage Compensation Act* dan berada di bawah Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Olahraga, Sains, dan Teknologi (MEXT).[111] Tugas Komite Rekonsiliasi ini adalah (i) memediasi rekonsiliasi dari setiap perselisihan yang timbul dari kompensasi atas kerusakan nuklir; (ii) dalam hal terjadi perselisihan yang timbul dari kompensasi kerusakan nuklir, rancangan pedoman menetapkan skala kerusakan nuklir dan instruksi umum lainnya untuk membantu operator mencapai penyelesaian sukarela dari perselisihan tersebut; dan (iii) menyelidiki dan menilai kerusakan nuklir sebagaimana diperlukan untuk menangani hal-hal yang disebutkan dalam (i) dan (ii).
b) penyelesaian sengketa alternatif (*Alternative Dispute Resolution*), didirikan dengan bantuan dari Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Olahraga, Sains, dan Teknologi (MEXT), dan fokus pada kompensasi untuk kategori orang yang tidak tercantum dalam pedoman, termasuk anak-anak, wanita cacat, dan hamil; dan
c) penyelesaian melalui jalur litigasi.

[100] Eric A. Feldman, Compensati Feldman, Eric A., "Compensating the Victims of Japan's 3-11 Fukushima Disaster" (2015). Faculty Scholarship. Paper 1632.
http://scholarship.law.upenn.edu/faculty_scholarship/1632ng the Victims of Japan's 3-11 Fukushima Disaster

Pengalaman ketiga negara tersebut di atas dalam menangani ganti rugi akibat kecelakaan nuklir dapat menjadi bahan perbandingan dalam membangun sistem pertanggungjawaban kerugian nuklir di Indonesia. Hal ini sangat penting mengingat dalam sistem pertanggungjawaban kerugian nuklir akan melibatkan banyak pihak seperti operator, perusahaan asuransi dan lembaga-lembaga pemerintah terkait, pengadilan serta ahli-ahli pada bidang tertentu yang diperlukan dalam memberikan pertimbangan.

Hal lain yang perlu dipertimbangkan adalah jumlah pertanggungan yang selalu berubah sesuai dengan nilai mata uang. Untuk mengantisipasi hal ini maka untuk jumlah pertanggungan dapat diatur dengan mengikuti nilai *Special Drawing Rights* (SDR) sebagaimana yang digunakan dalam konvensi-konvensi mengenai pertanggungjawaban kerugian nuklir. Apabila hal ini tidak memungkinkan maka jumlah pertanggungan dapat diatur dalam peraturan pemerintah sehingga memudahkan dalam melakukan penyesuaian apabila terjadi perubahan nilai mata uang.

Dalam kaitan dengan pertanggungjawaban kerugian nuklir ini, Indonesia telah menandatangani *Protocol to Amend the Vienna Convention on Civil Liability for Nuclear Damage* dan *Convention on Supplementary Compensation for Nuclear Damag*e. Kedua konvensi tersebut mendefinisikan kerugian nuklir sebagai berikut:

a. kehilangan nyawa atau cacat;
b. kehilangan atau kerusakan harta benda;

dan hal-hal berikut sepanjang ditentukan oleh hukum yang berlaku pada pengadilan yang berwenang:

c. kerugian ekonomi yang timbul dari kerugian atau kerusakan sebagaimana dimaksud pada huruf a atau b, sejauh tidak termasuk dalam sub-paragraf tersebut, jika ditimbulkan oleh orang yang berhak mengklaim sehubungan dengan kehilangan atau kerusakan tersebut;
d. biaya tindakan pemulihan lingkungan yang terganggu, kecuali penurunan nilai tersebut tidak signifikan, jika tindakan tersebut

benarbenar dilakukan atau akan dilakukan, dan sejauh tidak termasuk dalam huruf b;

e. hilangnya pendapatan yang berasal dari kepentingan ekonomi dalam penggunaan atau pemulihan lingkungan hidup, yang terjadi sebagai akibat dari penurunan kualitas lingkungan yang signifikan, dan sejauh tidak termasuk dalam huruf b;
f. biaya tindakan pencegahan, dan kerugian atau kerusakan lebih lanjut yang disebabkan oleh tindakan pencegahan; dan
g. kerugian ekonomi lainnya, selain yang disebabkan oleh penurunan nilai lingkungan hidup, jika diizinkan oleh hukum umum tentang tanggung jawab perdata atas pengadilan yang berwenang.

dalam hal sebagaimana diuraikan pada huruf a sampai e dan g di atas, sejauh kerugian atau kerusakan ditimbulkan atau dihasilkan dari radiasi pengion yang dipancarkan oleh sumber radiasi apapun dalam suatu instalasi nuklir, atau dipancarkan dari bahan bakar nuklir, atau zat atau limbah radioaktif, atau bahan nuklir yang berasal dari, terbentuk dalam, atau dikirim pada, suatu instalasi nuklir, baik yang ditimbulkan dari sifat radioaktif dari bahan tersebut, atau dari suatu kombinasi sifat radioaktif dengan sifat beracun, mudah meledak, atau sifat berbahaya lainnya dari zat tersebut.

16. Pengawasan ketenaganukliran

Pemanfaatan tenaga nuklir harus mendapat pengawasan yang cermat sehingga pemanfaatan tenaga nuklir tersebut tidak menimbulkan bahaya radiasi terhadap pekerja, masyarakat, dan lingkungan hidup. Untuk mewujudkan hal ini, Pemerintah harus berperan dalam membentuk kerangka hukum dan pemerintahan yang efektif untuk keselamatan, termasuk membentuk badan pengawas yang independen.[101] Kerangka hukum dan pemerintahan menyediakan peraturan untuk fasilitas dan kegiatan yang menimbulkan risiko radiasi, dan pemberian tanggung jawab dan wewenang

[101] SF-1, Fundamental Safety Principles: Safety Fundamental. IAEA. 2006

yang jelas. Pemerintah bertanggung jawab membentuk dalam sistem hukum nasional perundang-undangan, peraturan, dan standar serta tindakan lainnya yang mungkin diperlukan untuk memenuhi semua tanggung jawab nasional dan kewajiban internasionalnya secara efektif. Pemerintah harus memastikan pengaturan dibuat untuk mempersiapkan tindakan untuk mengurangi risiko radiasi, termasuk tindakan dalam keadaan darurat, untuk memantau pelepasan zat radioaktif ke lingkungan dan untuk mengelola limbah radioaktif, termasuk mengendalikan sumber radiasi yang mana tidak ada organisasi lain yang bertanggung jawab terhadap sumber radiasi tersebut, misalnya sumber alami, sumber yang tidak diketahui pemiliknya (*orphan source*) dan residu radioaktif dari kegiatan masa lampau.

Dalam SF-1, disebutkan bahwa badan pengawas harus:

- memiliki kewenangan secara legal, kompetensi teknis dan manajerial yang memadai, serta sumber daya manusia dan keuangan untuk memenuhi tanggung jawabnya;
- bersikap independen secara efektif dari pemegang otorisasi dan badan lain, sehingga bebas dari tekanan yang tidak semestinya dari pihak yang berkepentingan;
- menyiapkan sarana yang tepat untuk menginformasikan pihak di sekitar, masyarakat, dan pihak berkepentingan lainnya, dan media informasi tentang aspek keselamatan (termasuk aspek kesehatan dan lingkungan hidup) dari fasilitas dan kegiatan dan tentang proses pengawasan;
- berkonsultasi dengan pihak di sekitar, masyarakat dan pihak berkepentingan lainnya, sebagaimana mestinya, dalam proses yang terbuka dan inklusif.

IAEA dalam GSR Part-1 memberikan beberapa rekomendasi pengaturan untuk badan pengawas, antara lain:

- badan pengawas harus menyusun organisasinya dan mengelola sumber dayanya untuk melaksanakan tanggung jawabnya dan menjalankan fungsinya secara efektif; ini harus dicapai dengan cara yang sepadan dengan risiko radiasi yang terkait dengan fasilitas dan kegiatan;

- badan pengawas harus menjalankan fungsinya secara independen;
- badan pengawas harus mendapatkan saran atau layanan profesional ahli teknis atau lainnya sebagaimana diperlukan untuk mendukung fungsi pengaturannya, tetapi ini tidak akan membebaskan badan pengawas dari tanggung jawab yang ditugaskan;
- badan pengawas harus menetapkan mekanisme komunikasi formal dan informal dengan pihak-pihak yang berwenang tentang semua masalah terkait keselamatan, melalui hubungan yang profesional dan konstruktif;
- otorisasi dilakukan oleh badan pengawas, termasuk kondisi otorisasi yang diperlukan untuk keselamatan, harus menjadi prasyarat untuk semua fasilitas dan kegiatan;
- badan pengawas harus melakukan evaluasi atas informasi yang relevan, baik yang disampaikan oleh pihak yang berwenang atau vendor, yang disusun oleh badan pengawas, atau diperoleh dari tempat lain, untuk menentukan apakah fasilitas dan kegiatan memenuhi persyaratan peraturan dan ketentuan yang ditentukan dalam otorisasi. Evaluasi atas informasi ini harus dilakukan sebelum otorisasi dan selama umur fasilitas atau durasi kegiatan, sebagaimana ditentukan dalam peraturan atau dalam kondisi otorisasi. Evaluasi terhadap fasilitas atau kegiatan harus sepadan dengan risiko radiasi yang terkait dengan fasilitas atau aktivitas tersebut, sesuai dengan pendekatan bertingkat;
- badan pengawas harus melakukan inspeksi fasilitas dan kegiatan untuk memverifikasi bahwa pemegang izin mematuhi persyaratan peraturan dan dengan kondisi yang ditentukan dalam otorisasi;
- badan pengawas harus menetapkan dan menerapkan kebijakan penegakan hukum dalam kerangka hukum untuk menanggapi ketidakpatuhan oleh pemegang izin dengan persyaratan, peraturan atau dengan ketentuan apa pun yang ditentukan dalam otorisasi;
- badan pengawas harus menetapkan atau mengadopsi peraturan dan panduan untuk menentukan prinsip, persyaratan dan kriteria terkait

untuk keselamatan yang menjadi dasar penilaian, keputusan, dan tindakan pengaturannya. Regulasi dan panduan harus ditinjau dan direvisi seperlunya agar tetap mutakhir, dengan mempertimbangkan standar keselamatan internasional dan standar teknis yang relevan serta dari pengalaman yang diperoleh;

- badan pengawas harus memberi tahu pihak-pihak yang berkepentingan dan publik tentang prinsip-prinsip dan kriteria terkait untuk keselamatan yang ditetapkan dalam peraturan dan pedomannya, dan harus membuat peraturan dan panduannya.
- badan pengawas harus mempromosikan pembentukan cara yang tepat untuk memberi informasi dan berkonsultasi dengan pihak yang berkepentingan dan masyarakat tentang kemungkinan risiko radiasi yang terkait dengan fasilitas dan kegiatan, dan tentang proses dan keputusan badan pengawas.

Di Indonesia, pengawasan ketenaganukliran mencakup aspek keselamatan, keamanan, dan garda-aman. Ini telah diterapkan dalam berbagai tingkatan, yaitu fasilitas dan kegiatan, di tingkat daerah dan nasional. Pengawasan dilaksanakan melalui antara lain pembentukan peraturan, pemberian otorisasi, dan inspeksi. Dalam pelaksanaan pengawasan, terdapat fungsi reviu dan asesmen pada setiap bentuk pengawasan. Fungsi ini dijalankan secara internal ataupun dengan dukungan pihak eksternal apabila terdapat kompetensi eksternal yang dibutuhkan. Misalnya terkait geologi, geoteknik, kegempaan, bangunan, dan lain-lain. Fungsi inspeksi, reviu dan asesmen tentunya membutuhkan dukungan sarana dan prasarana yang dalam situasi tertentu didedikasikan untuk pengawasan. Sarana dan prasarana yang dibutuhkan antara lain peralatan inspeksi, laboratorium, sarana mobilitas, alat pelindung diri, pemantauan lingkungan hidup, dan untuk kebutuhan kedaruratan nuklir.

Pemerintah Indonesia membentuk badan pengawas, BAPETEN, yang berada di bawah dan bertanggung jawab langsung kepada Presiden, yang bertugas melaksanakan pengawasan terhadap segala kegiatan pemanfaatan

tenaga nuklir. BAPETEN, dalam melaksanakan fungsi pengawasan, menyelenggarakan peraturan, perizinan, dan inspeksi. Selain itu BAPETEN melakukan pembinaan berupa pembinaan dan penyuluhan mengenai pelaksanaan upaya yang menyangkut keselamatan dan kesehatan pekerja, dan anggota masyarakat, serta perlindungan terhadap lingkungan hidup.

Pelaksanaan inspeksi dilakukan oleh BAPETEN melalui inspektur keselamatan nuklir melakukan inspeksi atas fasilitas atau instalasi tenaga nuklir. Inspeksi tersebut yang meliputi pemeriksaan administrasi dan teknik. Jumlah kegiatan dan fasilitas ketenaganukliran di Indonesia mencapai 15.000an saat ini. Tentunya ini membutuhkan strategi untuk melaksanakan pengawasan dengan efektif, sehingga terdapat keseimbangan antara sumber daya dan beban tugas pengawasan. Berbagai bentuk upaya telah dilakukan melalui inspeksi lapangan, inspeksi partisipatif, penyampaian laporan rutin, saluran konsultasi dan kedaruratan, serta komunikasi publik untuk meningkatkan efektivititas pengawasan. Sanksi administratif diberikan kepada setiap pemegang izin dan pihak lain yang terkait pelaksanaan pemanfaatan tenaga nuklir yang melanggar ketentuan di luar ketentuan pidana.

Dengan adanya Undang-Undang Cipta Kerja, pengawasan suatu kegiatan usaha ditarik menjadi kewenangan Presiden atau Pemerintah Pusat. Hal ini perlu mendapatkan perhatian yang serius dari badan pengawas dan bagaimana rekomendasi internasional mengenai badan pengawas dapat dilaksanakan.

Berkaitan dengan pelaksanaan dari ketentuan yang terdapat di dalam UUK adanya persinggungan di dalam pengaturan dengan ketentuan yang lain. Hal ini terkait misalnya dengan kewenangan BAPETEN dalam pengawasan pemanfaatan tenaga nuklir.[102]

[102] Moendi Poernomo, SH, Analisis dan Evaluasi Peraturan Perundang-undangan Tentang Ketenaganukliran,
BPHN, Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia, Jakarta:2013. Hal 5-8

Saat ini terdapat kementerian/lembaga pemerintah nonkementerian yang selain berfungsi sebagai regulator sesuai tugas dan fungsinya, juga berperan sebagai penegak hukum. Fungsi badan pengawas untuk melakukan justifikasi, reviu, dan asesmen perlu diatur dalam RUUK. Isu indepedensi badan pengawas menjadi muatan yang penting dalam RUUK untuk menjamin pengambilan keputusan pengawasan tidak dipengaruhi pihak-pihak lain yang berkompromi terhadap keselamatan dan keamanan nuklir. Selain itu pengaturan mengenai pemeringkatan otorisasi berdasarkan tingkat risiko perlu diatur lebih jelas, demikian juga dengan sertifikasi produk nuklir yang belum diatur dalam RUUK.

17. Peran serta masyarakat

Pada masa kini, partisipasi masyarakat secara individu, kelompok, atau korporasi secara langsung sangat signifikan dalam penyelenggaraan urusan pemerintahan yang bersih. Partisipasi masyarakat dapat dilakukan dalam berbagai tahap kegiatan yang memberikan dampak kepada masyarakat dalam aspek keselamatan, kesehatan, keamanan, ekonomi, bisnis, industri, dan lain-lain. Partisipasi masyarakat juga diharapkan dalam melakukan pengawasan terhadap penyimpangan dalam kegiatan ketenaganukliran yang ditemukan sehari-hari.

Contoh kegiatan yang dilakukan oleh BAPETEN untuk meningkatkan partisipasi masyarakat di antaranya, adalah:

a. Diseminasi dan sosialisasi tentang pengawasan ketenaganukliran melalui:
    1) koordinasi dengan kehumasan di instansi pusat dan daerah yang tergabung dalam Badan Koordinasi Hubungan Masyarakat (Bakohumas);
    2) koordinasi dengan Dewan Perwakilan Rakyat Daerah (DPRD) setempat;
    3) keikutsertaan dalam pelaksanaan pameran terkait teknologi dan pemanfaatan tenaga nuklir;
    4) media sosial seperti Facebook, Instagram, dan Twitter.

b. Konsultasi publik untuk mendapatkan masukan dari masyarakat dalam rangka penyusunan maupun revisi peraturan ketenaganukliran melalui:
   1) Jaringan Data dan Informasi Hukum (JDIH) BAPETEN; lLayanan konsultasi untuk pengguna/pemohon izin; dan
   2) Pejabat Pengelola Informasi dan Dokumentasi (PPID) BAPETEN.
c. Pelaksanaan dengar pendapat (*public hearing*) dengan masyarakat dan Pemerintah Daerah dalam rangka izin tapak.

Beberapa kegiatan diseminasi dan sosialisasi yang telah dilakukan BAPETEN antara lain:

a. Diseminasi Kebijakan Perizinan terkait Impor Sumber Radiasi Pengion;
b. BAPETEN menggelar Diseminasi Kebijakan Perizinan Pemanfaatan *Gauging* Industri di Surabaya – Jawa Timur;
c. Diseminasi iptek Pembinaan Peraturan Perundangan Bidang Instalasi Nuklir dan Fasilitas Radiasi yang dilaksanakan setiap tahun baik secara tatap muka maupun secara daring;
d. Diseminasi iptek Pengawasan Pemanfaatan Tenaga Nuklir BAPETEN dengan DPR RI, di Bantul, Kulon Progo, Belitung, Malang, dan lain-lain;
e. Program Diseminasi Publik Signifikan bagi Masyarakat Daerah;
f. Diseminasi Pengawasan Ekspor-Impor Bahan dan Peralatan Dwiguna (*Dual Used*) dan Annex II Protokol Tambahan
g. Sosialisasi dan Diskusi Rancangan Undang-undang Penggantian Undang-Undang No. 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran, di Lombok, Batam, Makassar, dan lain-lain.

Hal-hal yang perlu dilakukan untuk meningkatkan peran serta masyarakat yang sudah ada adalah dengan meningkatkan berbagai kegiatan yang dapat mendorong masyarakat untuk memberikan masukan dalam kegiatan pengawasan ketenaganukliran, memberikan masukan terhadap penyelenggaraan iptek nuklir, dan memberikan informasi atau laporan adanya ancaman keselamatan nuklir dan keamanan nuklir, di mana peran serta masyarakat harus sesuai dengan mekanisme dan kebutuhan yang ada.

Masyarakat juga dapat berperan melalui pembentukan assosiasi profesi maupun perkumpulan yang memiliki minat di bidang ketenaganukliran.

Beberapa alternatif kebijakan sebagai upaya untuk mendorong partisipasi masyarakat, antara lain:

a. BAPETEN melakukan sosialisasi, dengar pendapat, atau konsultasi publik dengan masyarakat dalam rangka penyelenggaraan perizinan dan penyusunan peraturan ketenaganukliran;
b. BAPETEN membuka akses bagi masyarakat untuk melaporkan kejadian pelanggaran terkait keselamatan atau keamanan nuklir yang terjadi di sekitarnya;
c. Pemerintah membuat sistem pelaporan yang dapat diakses oleh masyarakat untuk menyampaikan pelanggaran terkait keselamatan atau keamanan nuklir;
d. untuk memberikan rasa aman bagi masyarakat yang melakukan pelaporan, Pemerintah bertanggung jawab memberikan perlindungan hukum bagi anggota masyarakat tersebut;
e. meningkatkan peran assosiasi, akademisi, dan pengguna misalnya dalam pengembangan dan penggunaan iptek di bidang ketenaganukliran dan kegiatan-kegiatan pengawasan ketenaganukliran.

18. Kerja sama internasional

Dalam melaksanakan tugasnya sebagai badan pengawas, BAPETEN melakukan interaksi dengan berbagai pihak, baik lingkup nasional maupun internasional. Khusus dalam lingkup internasional, BAPETEN melakukan koordinasi dan kerja sama, di antaranya dengan badan pengawas negara yang berbatasan dengan wilayah Indonesia, organisasi internasional yang menyelenggarakan urusan di bidang tenaga atom, dan lain sebagainya.

UUK belum mengatur mengenai kerja sama internasional di bidang ketenaganukliran. Padahal adanya kerja sama internasional di bidang ketenaganukliran merupakan sesuatu hal yang sangat penting dalam rangka

meningkatkan efektivitas fungsi pengawasan, memudahkan penyelesaian jika terdapat permasalahan terkait ketenaganukliran, meningkatkan kemampuan personel di bidang ketenaganukliran, dan lain sebagainya.

Pentingnya kerja sama internasional di bidang ketenaganukliran antara lain dinyatakan dalam latar belakang Standar Keselamatan IAEA (GSR) bahwa "Pengaturan keselamatan merupakan tanggung jawab nasional. Namun risiko radiasi dapat melampaui batas negara, dan kerja sama internasional untuk mempromosikan dan mendorong keselamatan secara global melalui pertukaran pengalaman dan dengan meningkatkan kemampuan untuk mengendalikan bahaya, mencegah kecelakaan, dan tanggap kedaruratan dan memitigasi dampak berbahaya."

Perlunya melakukan kerja sama internasional dinyatakan lebih lanjut dalam GSR Part 1 (*Govermental, Legal and Regulatory Framework for Safety*) Persyaratan 14 dan 15. Dalam Persyaratan 14 mengenai kewajiban internasional dan pengaturan kerja sama internasional dinyatakan bahwa "pemerintah harus memenuhi tanggung jawab internasionalnya, berperan serta dalam pengaturan internasional yang terkait, termasuk *peer review* internasional, dan promosi kerja sama internasional untuk mendorong keselamatan secara global. Aspek-aspek rezim keselamatan global mencakup:

(a) konvensi internasional yang menetapkan kewajiban bersama dan mekanisme untuk menjamin proteksi dan keselamatan;

(b) kode etik yang mempromosikan adopsi praktik yang baik dari fasilitas dan kegiatan yang relevan;

(c) menyetujui secara internasional standar keselamatan IAEA yang mempromosikan pengembangan dan penerapan persyaratan, pedoman, dan praktik yang telah diharmonisasikan secara internasional;

(d) *peer review* internasional mengenai kendali pengawasan dan keselamatan fasilitas dan kegiatan, dan pembelajaran mutual dari negara yang berpartisipasi; dan

(e) kerja sama multilateral dan bilateral yang mendorong keselamatan melalui pendekatan yang harmonis dan meningkatnya mutu dan efektivitas penilaian dan inspeksi keselamatan.

Dalam persyaratan 15 mengenai pertukaran pengalaman operasi dan pengalaman pengawasan, nampak kemanfaatan dari dilakukannya kerja sama internasional yaitu untuk mendapatkan pelajaran dari pengalaman yang diperoleh negara lain sebagaimana dinyatakan bahwa "badan pengawas harus membuat pengaturan untuk analisis yang dilakukan untuk mengidentifikasi pelajaran yang dapat diambil dari pengalaman operasi dan pengalaman pengawasan termasuk pengalaman operasi dari negara lain, dan untuk penyebarluasan pelajaran yang dapat diambil dan untuk penggunaan oleh pihak yang diberi otorisasi, badan pengawas, dan lembaga berwenang lainnya yang terkait."

Dalam melakukan kerja sama internasional, Indonesia membuat perjanjian internasional dengan suatu negara atau beberapa negara atau organisasi internasional lainnya dengan mengacu pada pedoman pembuatan perjanjian internasional yang tercantum dalam Pasal 4 ayat (2) UndangUndang Nomor 24 Tahun 2000 tentang Perjanjian Internasional yang menyatakan, "Dalam pembuatan perjanjian internasional, Pemerintah Republik Indonesia berpedoman pada kepentingan nasional dan berdasarkan prinsip-prinsip persamaan kedudukan, saling menguntungkan, dan memperhatikan, baik hukum nasional maupun hukum internasional yang berlaku."

Selain itu, dalam Undang-Undang Nomor 37 Tahun 1999 tentang Hubungan Luar Negeri, kerja sama internasional dapat dikategorikan juga sebagai hubungan luar negeri, sebagaimana didefinisikan dalam Pasal 1 butir 1 Undang-Undang tersebut yang mendefinisikan hubungan luar negeri sebagai "setiap kegiatan yang menyangkut aspek regional dan internasional yang dilakukan oleh Pemerintah di tingkat pusat dan daerah, atau lembagalembaganya, lembaga negara, badan usaha, organisasi politik, organisasi masyarakat, lembaga swadaya masyarakat, atau warga negara

Indonesia." Berdasarkan Pasal 2 Undang-Undang tersebut, yang menyatakan bahwa "Hubungan Luar Negeri dan Politik Luar Negeri didasarkan pada Pancasila, Undang-Undang Dasar 1945, dan Garis-Garis Besar Haluan Negara", di samping harus diselenggarakan sesuai dengan politik luar negeri, peraturan perundang-undangan nasional dan hukum serta kebiasaan internasional sebagaimana tercantum dalam Pasal 5 peraturan tersebut.

Handbook on Nuclear Law (IAEA, 2003) menyatakan selain instrumen non-proliferasi internasional dan regional, sejumlah besar perjanjian bilateral tentang kerja sama nuklir damai telah disimpulkan antara negara-negara dengan tujuan memfasilitasi transfer bahan dan teknologi nuklir. Sebagian besar dari perjanjian ini mengatur penerapan perlindungan IAEA untuk setiap bahan nuklir yang ditransfer. Dalam buku yang sama, pada bagian perjanjian perlindungan komprehensif menyebutkan bahwa terkait urusan kerja sama telah ada komitmen semua lembaga pemerintah untuk bekerja sama penuh dengan IAEA dalam menerapkan garda-aman.

Hasil dari hubungan kerja sama internasional yang telah dilakukan Indonesia di antaranya adalah Indonesia banyak memperoleh manfaat dari program-program yang diselenggarakan IAEA di bidang ketenaganukliran termasuk di dalamnya aspek keselamatan, keamanan, dan garda-aman, maupun bantuan berupa hibah peralatan dari EU *mission*, berbagai pelatihan yang diterima oleh Indonesia baik yang diselenggarakan di dalam maupun di luar negeri dan lain sebagainya. Di samping itu Indonesia juga turut berkontribusi dengan memberikan pelatihan-pelatihan kepada sesama negara berkembang lain terkait pengalaman di bidang teknologi nuklir. Dalam hal ini, kerja sama internasional di bidang nuklir untuk tujuan damai perlu terus digalakkan karena ilmu dan teknologi nuklir terus berkembang dan telah membawa manfaat nyata bagi pembangunan.

Di negara lain, contoh kerja sama internasional di bidang nuklir antara lain dapat dilihat pada negara Rusia dan Argentina yang melakukan penandatanganan dokumen strategis di sela-sela KTT G20 dalam rangka mengupayakan peningkatan kerja sama yang saling menguntungkan dalam

penggunaan energi nuklir secara damai. Salah satu bidang mendasar dari kerja sama yang diuraikan dalam dokumen itu adalah pengembangan berbagai strategi pelaksanaan yang akan diterapkan untuk proyek konstruksi PLTN berkapasitas besar dan kecil di Argentina. Perjanjian tersebut juga melibatkan proyek-proyek implementasi bersama di negara-negara dunia ketiga, termasuk membangun pusat-pusat penelitian dan mengembangkan kapasitas staf di dalamnya. Selain itu, dokumen tersebut juga memberikan kesempatan untuk kerja sama di berbagai bidang, termasuk penelitian bersama dan pelatihan personel, dan kemungkinan untuk dibangunnya PLTN terapung, berdasarkan desain Rusia.

Contoh kerja sama internasional di bidang nuklir lainnya dapat dilihat pada kerja sama antara Arab Saudi dan Korea Selatan yang menandatangani nota kesepahaman (MoU) kerja sama komprehensif dalam penelitian dan pengembangan nuklir dan pendirian pusat penelitian energi atom gabungan pada akhir 2019. Kedua negara sepakat untuk bekerja bersama dalam program reaktor lanjutan modular terintegrasi sistem (SMART) yaitu reaktor kecil tipe integral yang dikembangkan oleh Institut Penelitian Energi Atom Korea (KAERI) yang memiliki output 365 MW(t) dan mampu menghasilkan tenaga listrik 110 MW.

Kerja sama internasional juga sangat membantu dalam hal terjadi kecelakaan nuklir, di mana IAEA dan negara pihak lainnya dapat berkontribusi dalam memberikan bantuan penanganan kecelakaan nuklir/radiologi yang terjadi. Sebagai contoh, kejadian bencana radiologi yang terjadi atas sumber radioaktif Cs-137 dengan aktivitas 1400 Ci di Goiânia, Brasil pada 13 September 1987 yang mengakibatkan:

- 112.000 orang disurvey;
- 250 orang terkontaminasi;
- 28 orang luka bakar akibat radiasi;
- 50 orang mengkonsumsi makanan yang terkontaminasi sehingga meningkatkan risiko kanker;
- 4 orang meninggal dunia;

- limbah radioaktif yang dihasilkan hingga 3.500 m^3; dan biaya pembersihan hingga 20 juta US dollar.

Contoh lainnya adalah kejadian keamanan nuklir yang melibatkan bahan nuklir dan radioaktif di luar pengawasan yakni 2.656 insiden telah dikonfirmasi ke IAEA dari tahun 1993 hingga 2014:

- 439 terkait kepemilikan tidak sah (32 di antaranya terkait *High Enriched Uranium* - HEU atau Plutonium);
- 710 terkait pencurian atau kehilangan zat radioaktif; dan - 1.455 terkait kegiatan dan peristiwa tidak resmi lainnya.

Beberapa di antara kejadian tersebut sebagai berikut:

a. pihak berwenang Moldova menangkap tersangka yang berusaha menjual HEU (Juni 2011);
b. pihak berwenang Georgia menghentikan penjualan ~14 gram HEU (Maret 2010);
c. pihak berwenang Argentina menemukan 74 GBq (~2,5 Ci) sumber *welllogging* cesium-137 yang dicuri dengan todongan senjata dari fasilitas penyimpanan (Februari 2009); dan
d. sumber cobalt-60 di scrap yard di India (April 2010).

Melihat beberapa contoh kejadian di atas, sehingga makin nyata betapa pentingnya kerja sama internasional dilakukan. Berikut beberapa bentuk kerja sama internasional terkait ketenaganukliran yang telah dilakukan oleh Indonesia, yaitu:

1. *The Project and Supply Agreement of 15 January 1993 between The International Atomic Energy Agency and The Government of The Republic of Indonesia and The Government of The United States of America Concerning The Transfer of Enriched Uranium for The Fabrication of Targets for The Production of Radioisotopes for Medical Purposed* (INFCIRC/453)

   Dalam persetujuan tersebut, Indonesia melakukan kerja sama dengan IAEA agar memberikan bantuan mengamankan bahan fisil khusus dalam rangka proyek produksi radioisotop untuk keperluan medis,

serta melakukan kerja sama dengan Amerika Serikat sebagai pemasok untuk pengiriman uranium yang diperkaya asal Amerika Serikat dalam bentuk logam untuk pembuatan target produksi isotop.

2. *The Project and Supply Agreement of 15 January 1993 between the International Atomic Energy Agency and The Government of The Republic of Indonesia and the Government of the United States of America Concerning the Transfer of Enriched Uranium for Materials Test Reactor Fuel Development.* (INFCIRC/454)

   Dalam persetujuan tersebut, Indonesia melakukan kerja sama dengan IAEA agar memberikan bantuan mengamankan bahan fisil khusus dalam rangka memulai suatu proyek yang terdiri dari pengembangan bahan bakar, termasuk produksi, iradiasi dan pemeriksaan pasca iradiasi, serta melakukan kerja sama dengan Amerika Serikat sebagai pemasok untuk pengiriman uranium diperkaya dalam bentuk uranium hexafluoride (UF_6) untuk produksi elemen bahan bakar.

Telah begitu banyak contoh praktik yang ada dalam hal pelaksanaan kerja sama internasional di bidang ketenaganukliran. Oleh karena itu, adanya pengaturan mengenai kerja sama internasional dalam RUUK menjadi suatu hal yang urgen untuk dilakukan. Adanya pengaturan mengenai kerja sama internasional dalam RUUK akan memberikan payung bagi pelaksanaan bentuk-bentuk kerja sama internasional di bidang ketenaganukliran yang telah dilakukan di Indonesia, antara lain berupa pertukaran informasi pengawasan, kerja sama teknis, pengembangan SDM, dan khusus dengan uraian sebagai berikut:

a. lingkup kerja sama pertukaran informasi terkait pengawasan terdiri atas informasi keselamatan, keamanan dan garda-aman (*safeguards*), informasi peraturan perundangan, informasi sistem perizinan dan inspeksi, dan informasi riset;
b. lingkup kerja sama teknis terdiri atas pengembangan riset dan kajian, dan bantuan peralatan, sarana dan prasarana;

c. lingkup kerja sama di bidang pengembangan SDM terdiri atas pendidikan dan pelatihan, seminar, *workshop*, praktik (OJT), *Fellowship* dan *Expert Mission*;
d. lingkup kerja sama bilateral yang bersifat khusus terdiri atas diseminasi informasi, kontrak kerja dan koordinasi; dan
e. *scientific visit,* atau kunjungan kepakaran.

19. Sanksi administratif

Pelaksanaan peraturan perundang-undangan tidak akan efektif apabila tidak disertai dengan penegakan hukum. Penegakan hukum terhadap suatu peraturan perundang-undangan dapat bermacam-macam bentuknya, salah satunya dituangkan dalam ketentuan sanksi administratif. Namun, penegakan hukum terhadap suatu peraturan perundang-undangan tidak selalu harus diikuti dengan adanya ketentuan sanksi dalam peraturan perundang-undangan yang bersangkutan. Sanksi mungkin saja diatur dalam atau mengacu pada peraturan perundang-undangan lain atau tanpa diatur jika dalam suatu peraturan perundang-undangan ditentukan bahwa pemohon harus memenuhi persyaratan tertentu untuk memperoleh sesuatu (hak) dan jika syarat tersebut tidak dipenuhi, sanksinya adalah pemohon tidak akan memperoleh sesuatu (hak) yang mestinya diperoleh apabila syarat tersebut dipenuhi.

Sebagai contoh, apabila seseorang ingin menggunakan sumber radiasi pengion yang mana harus memiliki izin pemanfaatan dari BAPETEN maka seseorang tersebut harus memenuhi persyaratan yang diminta oleh BAPETEN sebagai pemberi izin untuk dapat memanfaatkan sumber tersebut. Jika persyaratan tidak dapat dipenuhi dalam mengajukan izin maka permohonan yang dilakukan akan ditolak dan dengan tidak diperolehnya izin dalam penggunaan sumber berarti pemohon tidak boleh melakukan pemanfaatan dalam ketenaganukliran dengan menggunakan sumber tersebut dan apabila dilanggar akan ada sanksi yang dikenakan. Ketentuan sanksi ini, baik pidana maupun administratif merupakan suatu pilihan, artinya tidak harus

diterapkan tetapi dapat dipilih mana yang paling efektif dan yang paling tepat dikaitkan dengan lingkup substansi pengaturannya. Bahkan sangat mungkin penegakan hukum dari suatu peraturan perundang-undangan sama sekali tidak diperlukan adanya sanksi. Sanksi dalam peraturan perundangundangan merupakan suatu opsi, jika diperlukan, termasuk ketentuan pidana.

Penerapan sanksi administrasi dalam suatu hubungan hukum antara pemerintah dan masyarakat merupakan salah satu bentuk dari tindak pemerintahan yang dilakukan dalam rangka penegakan hukum administrasi. Pendekatan konsep tentang penerapan sanksi administrasi dengan demikian tidak dapat dipisahkan dari pembahasan/kajian tentang tindak pemerintahan. Tindak pemerintahan meliputi semua perbuatan yang dilakukan oleh organ administrasi dalam rangka menyelenggarakan tugas pemerintahan. Tugas pemerintahan meliputi seluruh kegiatan negara di luar kegiatan pembentukan undang-undang dan peradilan. Hal ini sejajar dengan pengertian "*besturen*" dalam kepustakaan hukum administrasi di Belanda.

Pemerintahan dalam arti luas (*regering*) meliputi pembuatan peraturan (*regelgeven*), pemerintahan dalam arti sempit (*besturen*), dan mengadili (*geschilbeslechting*). Pelaksanaan terhadap sanksi yang diterapkan badan pemerintahan berlaku sebagai suatu keputusan yang memberi beban (*belastende beschikking*) dan membawa serta hakikat (sifat) dari sanksi. Bagi jenis tindakan pemerintahan terkandung secara khusus adanya asas kecermatan (*zorgvuldigheidsbeginsel*) dalam rangka asas umum pemerintahan yang layak, artinya harus ditetapkan pada titik-titik mana seorang warga dipandang telah lalai. Warga yang dikenai sanksi senantiasa juga harus diberi kemungkinan untuk mengajukan banding pada hakim (administratif).

Sanksi merupakan salah satu isu sentral dalam hukum administrasi. Sampai saat ini belum ada referensi standar yang dapat dijadikan rujukan tentang apa yang dimaksud dengan sanksi. Berbagai pendapat tentang sanksi banyak disampaikan dalam referensi hukum administrasi, tetapi

pendapatpendapat tersebut belum mencapai pada satu kesepakatan yang diterima secara umum.

Dalam perkembangannya, hukum administrasi dan hukum pidana mengalami perkembangan yang luas. Namun meluasnya kedua hukum publik tersebut menimbulkan irisan yang oleh Prof. Indriyanto Seno Adji disebut '*grey area*". Bagian inilah yang kemudian memunculkan hukum pidana administrasi (*Administrative Penal Law*) di mana hukum administrasi memiliki sanksi pidana yang kadang kala pemidanaannya lebih berat dibandingkan dengan pidana umum.

Ketika dihadapkan dengan pertanyaan serupa yang diarahkan kepada penerapan sanksi administratif di UUK maka jawabannya bahwa sebagian besar tindakan melawan hukum yang terjadi di bidang ketenaganukliran berupa pemanfaatan tanpa izin. Oleh karenanya perlu dirumuskan secara tegas tentang sanksi administratif.

Penambahan ketentuan mengenai sanksi administratif diharapkan akan meningkatkan kepatuhan dari masyarakat yang akan melakukan pemanfaatan tenaga nuklir. Hal ini sejalan dengan prinsip *ultimum remidium* yang sudah dijelaskan sebelumnya. Politik hukum saat ini lebih mengarah pada upaya pembinaan dibanding dengan penjatuhan pidana. Ketentuan sanksi administratif yang lebih sesuai akan memberikan efek kepatuhan yang lebih tinggi. Dilihat dari segi sasaran dalam penerapan sanksi administratif maka bisa dikelompokan menjadi 3 jenis, yaitu:

a) sanksi reparatoir yakni sanksi yang diterapkan sebagai reaksi atas pelanggaran norma yang ditujukan untuk mengembalikan pada kondisi semula sebelum atau menempatkan pada situasi yang sesuai dengan hukum (paksaan pemerintah, pengenaan uang paksa, penarikan kembali KTUN yang dikeluarkan);
b) sanksi punitif yakni sanksi yang ditujukan untuk memberikan hukuman pada seseorang (denda administratif); dan

c) sanksi represif yakni sanksi yang diterapkan sebagai reaksi atas ketidakpatuhan terhadap ketentuan yang terdapat dalam ketetapan yang diterbitkan.

Pelanggaran administratif di bidang ketenaganukliran meliputi tindakan yang bertentangan dengan kewajiban sebagai pemegang izin dimulai dari tindakan yang paling ringan hingga paling berat. Kewajiban tersebut terutama terkait dengan keselamatan dan keamanan nuklir dan garda-aman yang lebih lanjut akan diatur dalam peraturan pelaksanaan misalnya tentang pengangkutan, perizinan fasilitas radiasi dan sumber radiasi pengion, dan perizinan instalasi nuklir.

Pelanggaran di bidang perizinan bentuknya bermacam-macam yang pada umumnya sudah secara definitif tercantum dalam peraturan perundang-undangan yang menjadi dasarnya. Sanksi administratif yang dapat dikenakan terhadap pelanggaran perizinan ada beberapa macam yaitu paksaan pemerintahan (*bestuurdwang*), penarikan kembali keputusan yang menguntungkan, pengenaan uang paksa oleh pemerintah (*dwangsom*), dan pengenaan denda administratif (*administratif boete*). Terkait dengan sanksi ini ada beberapa kriteria yang perlu untuk diperhatikan, yaitu:

1) unsur-unsur yang dijadikan dasar sanksi tersebut diterapkan;
2) jenis sanksi yang dikenakan;
3) jangka waktu pengenaan sanksi;
4) tata cara penetapan sanksi; dan
5) mekanisme pengguguran sanksi.

Mengingat masing-masing perizinan diatur dalam peraturan perundang-undangan tersendiri maka dalam proses penetapannya harus memperhatikan peraturan perundang-undangan yang menjadi dasarnya. Kewenangan untuk melaksanakan paksaan pemerintahan (*bestuurdwang*) adalah kewenangan bebas. Hal ini mengandung makna bahwa kewenangan tersebut merupakan hak dan kewajiban dalam melakukan tindakan hukum tertentu. Kebebasan kewenangan tersebut berarti bahwa pemerintah diberi kebebasan untuk mempertimbangkan menurut inisiatifnya sendiri apakah

menggunakan paksaan pemerintahan (*bestuurdwang*) atau tidak, bahkan menerapkan sanksi lainnya. Sebagai contoh pelaksanaan sanksi administratif dalam Peraturan Pemerintah Nomor 29 Tahun 2008 tentang Perizinan Pemanfaatan Sumber Radiasi Pengion dan Bahan Nuklir dan Peraturan Pemerintah No. 2 Tahun 2014 tentang Perizinan Instalasi dan Bahan Nuklir di BAPETEN.

20. Penyidikan dan pembuktian

Sebagai bagian dari penegakan hukum, penyidikan dan pembuktian merupakan bagian yang tidak terpisahkan. Penegakan hukum pidana menjadi kewenangan kepolisian dan kejaksaan. Penegakan hukum diperlukan tidak hanya sebagai upaya untuk melindungi pekerja, pengguna, maupun untuk melindungi lingkungan hidup, namun lebih jauh lagi adalah menunjukkan kehadiran dan keadilan negara dalam melindungi rakyatnya dalam pemanfaatan tenaga nuklir. Barang bukti berupa bahan nuklir dan zat radioaktif perlu disimpan di fasilitas tertentu dengan selamat dan aman.

Penyidikan dalam bidang ketenaganukliran membutuhkan penyidik dengan keahlian tertentu. Untuk itu, ketentuan PPNS perlu dicantumkan dalam RUUK guna mengefektifkan kegiatan penyidikan. UUK juga belum mengatur ketentuan pidana korporasi, pemblokiran pendanaan, penyimpanan barang bukti berupa zat radioaktif dan bahan nuklir, dan peranan forensik nuklir.

Selama ini, kewenangan untuk melakukan penyidikan terhadap tindak pidana ketenaganukliran dilaksanakan oleh penyidik kepolisian. Potensi bahaya yang dapat ditimbulkan dari tindak pidana ketenaganukliran bersifat khusus yang tidak sepenuhnya dapat dipahami oleh penyidik POLRI. Hal ini berpotensi untuk menghambat penyidikan dan berpengaruh terhadap efektivitas penegakan hukum terkait pidana ketenaganukliran karena penyidik POLRI tidak memiliki kompetensi terkait teknis ketenaganukliran. Oleh karena itu, untuk meningkatkan efektivitas penegakan hukum tersebut perlu mengangkat PPNS di lingkungan BAPETEN.

Penyidik, berdasarkan ketentuan KUHA,P memiliki kewenangan untuk melakukan penyidikan. Pengertian penyidikan sebagaimana diatur dalam Pasal 1 angka 2 KUHAP adalah "serangkaian tindakan penyidik dalam hal dan menurut cara yang diatur dalam Undang-Undang ini untuk mencari serta mengumpulkan bukti yang terjadi dan guna menemukan tersangkanya". Dari pengertian penyidikan tersebut dapat diketahui bahwa dalam penyidikan telah jelas tindak pidananya, barang buktinya dan guna menemukan tersangkanya.[103]

Masyarakat menghendaki penyidikan yang transparan. Tujuan penyidikan adalah rahasia, ialah menjaga praduga tak bersalah (lnggris: *presumption of innocence*, Belanda: *presumptie van onschuldig*, Perancis: *presumption d'innocence*). Di samping itu, juga untuk kepentingan penyidikan sendiri jangan sampai tersangka menghilangkan alat-alat bukti atau memengaruhi saksi.

Sesuai pengaturan Undang-Undang Nomor 8 Tahun 1981 tentang Hukum Acara Pidana (Kitab Undang-Undang Hukum Acara Pidana/KUHAP), penyelesaian suatu perkara tindak pidana sebelum masuk dalam tahap beracara di pengadilan, dimulai dari penyelidikan dan penyidikan, diikuti dengan penyerahan berkas penuntutan kepada Jaksa Penuntut Umum.

Dalam hal PPNS melakukan penyidikan, PPNS memberitahukan kepada penyidik polisi Negara Republik Indonesia dan penyidik pejabat POLRI memberikan bantuan guna kelancaran penyidikan. PPNS memberitahukan dimulainya penyidikan kepada penuntut umum dengan tembusan kepada penyidik pejabat POLRI. Hasil penyidikan yang telah dilakukan oleh PPNS disampaikan kepada penuntut umum.[115]

Selain penyidik POLRI dalam RUUK diatur juga:

a. pegawai negeri sipil tertentu di lingkungan instansi pemerintah yang lingkup tugas dan tanggung jawabnya di bidang pengawasan radiasi

[103] Didik Endro Purwoleksono, Hukum Acara Pidana, Airlangga University Press, Surabaya, 2015, hal. 59.

diberi wewenang sebagai penyidik sebagaimana dimaksud dalam KUHAP untuk melakukan penyidikan tindak pidana keselamatan, keamanan, dan garda-aman ketenaganukliran;

b. penyidik Tentara Nasional Indonesia Angkatan Laut (TNI AL).

Penyidik TNI AL perlu diatur dalam RUUK mengingat prosedur dan tata cara pemeriksaan tindak pidana di laut sebagai bagian dari penegakan hukum di laut mempunyai ciri dan cara yang khas serta mempunyai beberapa perbedaan dengan pemeriksaan tindak pidana di darat. Hal ini disebabkan karena di laut terdapat bukan saja kepentingan nasional, akan tetapi terdapat pula kepentingan-kepentingan internasional yang harus dihormati. Oleh karena itu penyidikan di laut termasuk untuk tindak pidana ketenaganukliran memerlukan juga peran dari penyidik TNI AL.

Pembuktian merupakan hal yang memegang peranan penting dalam proses pemeriksaan di sidang pengadilan. Pembuktian adalah ketentuanketentuan yang berisi penggarisan dan pedoman tentang cara-cara yang

[115]Draft Naskah Akademik Rancangan Undang-Undang Perubahan UndangUndang Nomor 15 Tahun 2003 tentang Pemberantasan Tindak Pidana Terorisme), BPHN, 2011, hal 43

dibenarkan undang-undang membuktikan kesalahan yang didakwakan kepada terdakwa[104].

Barang bukti yang bersifat radioaktif memerlukan tempat yang aman untuk penyimpanan agar tidak berbahaya bagi petugas yang melakukan penyimpanan. Hal ini perlu pengaturan dalam RUUK karena menjaga keamanan barang bukti sekaligus keselamatan publik di sekitarnya.

Kebijakan yang diusulkan dalam RUUK:

- barang bukti harus disimpan di badan pelaksana; atau

[104] M. Yahya Harahap, Pembahasan Permasalahan dan Penerapan KUHAP Pemeriksaan Sidang Pengadilan, Banding, Kasasi dan Peninjauan Kembali, Edisi Kedua, Sinar Grafika, Jakarta, 2009, Hal 273

- jika tidak dimungkinkan, badan pengawas menetapkan lokasi untuk penyimpanan barang bukti.

21. Sanksi pidana

Para ahli membagi hukum pidana berdasarkan beberapa hal. Salah satunya, hukum pidana dapat dibagi menjadi hukum pidana umum dan hukum pidana khusus. Dalam bukunya berjudul Dasar-Dasar Hukum Pidana, PAF Lamintang menjelaskan bahwa hukum pidana itu juga dapat dibagi menjadi dua bagian, yaitu hukum pidana umum (*algemeen strafrecht*) dan hukum pidana khusus (*bijzonder strafcrecht*). Hukum pidana umum adalah hukum pidana yang dengan sengaja telah dibentuk untuk diberlakukan bagi setiap orang pada umumnya, sedangkan hukum pidana khusus adalah hukum pidana yang dengan sengaja telah dibentuk untuk diberlakukan bagi orang-orang tertentu saja, misalnya, bagi anggota-anggota angkatan bersenjata, atau merupakan hukum pidana yang mengatur tindak pidana tertentu saja, misalnya, tindak pidana fiskal. Secara singkat, kita dapat melihat pembagian hukum pidana umum dengan hukum pidana khusus dengan peraturan yang ada, yakni bahwa hukum pidana yang diatur di dalam KUHP merupakan hukum pidana umum, karena ketentuan di dalamnya berlaku untuk semua orang. Sedangkan hukum pidana khusus, bisa dilihat dari peraturan perundang-undangan yang mengatur ketentuan pidana di luar KUHP, misalnya Undang-Undang Tindak Pidana Korupsi, Undang-Undang Tindak Pidana Pencucian Uang, Undang-Undang Perikanan, UUK, dan lainnya.

Syamsah (2011) berpendapat bahwa pengertian tindak pidana khusus harus dibedakan dari pengertian ketentuan pidana khusus. Pidana khusus pada umumnya mengatur tentang tindak pidana yang dilakukan dalam bidang tertentu atau khusus (di luar KUHP) seperti di bidang perpajakan, imigrasi, perbankan yang tidak diatur secara umum dalam KUHP atau yang diatur menyimpang dari ketentuan pidana umum. Tindak pidana khusus adalah tindak pidana yang diatur tersendiri dalam undang-undang khusus,

yang memberikan peraturan khusus tentang cara penyidikannya, tuntutannya, pemeriksaannya maupun sanksinya yang menyimpang dari ketentuan yang dimuat dalam KUHP yang lebih ketat atau lebih berat. Tetapi, jika tidak diberikan ketentuan yang menyimpang, ketentuan KUHP umum tetap berlaku.

Titik tolak kekhususan suatu peraturan perundang-undangan khusus dapat dilihat dari perbuatan yang diatur, masalah subjek tindak pidana, pidana dan pemidanaannya. Subjek hukum tindak pidana khusus diperluas, tidak saja meliputi orang pribadi melainkan juga badan hukum (korporasi). Sedangkan dari aspek masalah pemidanaan, dilihat dari pola perumusan ataupun pola ancaman sanksi, tindak pidana khusus dapat menyimpang dari ketentuan KUHP. Substansi tindak pidana khusus menyangkut 3 permasalahan yakni tindak pidana, pertanggungjawaban pidana, serta pidana dan pemidanaan. Ruang lingkup tindak pidana khusus tidak bersifat tetap, tetapi dapat berubah sesuai dengan apakah ada penyimpangan atau menetapkan sendiri ketentuan khusus dari undang-undang pidana yang mengatur substansi tersebut (Syamsuddin, 2013).

Pada umumnya, dalam suatu rumusan tindak pidana, setidaknya memuat rumusan tentang subjek hukum yang menjadi sasaran norma tersebut (*addressaat norm*); perbuatan yang dilarang (*strafbaar*), baik dalam bentuk melakukan sesuatu (*commission*), tidak melakukan sesuatu (*omission*) dan menimbulkan akibat (kejadian yang ditimbulkan oleh kelakuan); dan ancaman pidana (*strafmaat*), sebagai sarana memaksakan keberlakuan atau dapat ditaatinya ketentuan tersebut (Huda, 2010).

Tindak pidana pada dasarnya cenderung melihat pada perilaku atau perbuatan (yang mengakibatkan) yang dilarang oleh undang-undang. Tindak pidana khusus lebih pada persoalan-persoalan legalitas atau yang diatur dalam undang-undang. Tindak pidana khusus mengandung acuan kepada norma hukum semata atau *legal norm*, hal-hal yang diatur perundangundangan tidak termasuk dalam pembahasan.

Sebagai salah satu undang-undang yang mengatur tindak pidana khusus, UUK perlu diperluas cakupan pengaturan pidananya. Beberapa di antaranya adalah mengakomodasi pengaturan mengenai aspek keamanan dan kegiatan lain seperti pertambangan, ekspor dan impor, serta pengangkutan, yang tidak secara tegas diatur dalam ketentuan pidana dalam UUK. Selain itu, karena ketentuan pidana dalam UUK belum mengakomodasi tindakan perlawanan terhadap ketentuan yang mengakibatkan adanya ancaman keselamatan dan keamanan nuklir, maka penambahan ketentuan pidana dalam hal ini akan diakomodasi dalam RUUK.

Pengaturan ketentuan pidana dalam RUUK mencakup pengaturan mengenai pertambangan bahan galian nuklir, instalasi nuklir, fasilitas radiasi, ekspor impor, pengelolaan limbah radioaktif, pengelolaan bahan bakar nuklir bekas, penggunaan bahan nuklir, penggunaan senjata nuklir, sabotase, dan penggunaan informasi keamanan nuklir. Ruang lingkup yang diperluas memungkinkan RUUK memiliki pengaturan ketentuan pidana yang lebih komprehensif mengingat telah mengakomodasi 3 aspek utama dalam ketenaganukliran yaitu keselamatan, keamanan, dan garda-aman (*safeguards*).

Dalam RUUK diatur perbuatan-perbuatan yang dapat diancam pidana, yaitu:

a. setiap orang yang melakukan kegiatan pertambangan bahan galian nuklir tanpa izin dan menimbulkan kecelakaan;
b. setiap orang yang melakukan kegiatan tapak, desain, konstruksi, komisioning, operasi, dan dekomisioning instalasi nuklir karena kelalaiannya menimbulkan kerugian nuklir;
c. setiap orang yang melakukan kegiatan tapak, desain, konstruksi, komisioning, operasi, dan dekomisioning instalasi nuklir tanpa izin dan menimbulkan kerugian nuklir;
d. setiap orang yang melakukan kegiatan pada fasilitas radiasi karena kelalaiannya menimbulkan kecelakaan;

e. setiap orang yang melakukan kegiatan pada fasilitas radiasi tanpa izin dan menimbulkan kecelakaan;

f. setiap orang yang melakukan kegiatan pada ekspor impor karena kelalaiannya menimbulkan kecelakaan;

g. setiap petugas yang melaksanakan kegiatan pertambangan, mengoperasikan instalasi nuklir, fasilitas radiasi, melakukan pengelolaan limbah radioaktif karena kelalaiannya menimbulkan kecelakaan;

h. setiap petugas yang melaksanakan kegiatan pertambangan, mengoperasikan instalasi nuklir, fasilitas radiasi, melakukan pengelolaan limbah radioaktif tanpa izin bekerja dan menimbulkan kecelakaan;

i. setiap orang yang tidak melakukan pengelolaan bahan bakar nuklir bekas;

j. setiap orang yang tidak melakukan kegiatan pengelolaan limbah radioaktif;

k. setiap orang yang:

   1) membuat, menguji coba, atau menggunakan senjata radiologi;

   2) memiliki, menguasai, mengangkut, menyimpan, mentransfer, meneliti, atau mengembangkan senjata radiologi;

   3) memproduksi, memiliki, menyimpan, menggunakan, mentransfer, mengangkut, melakukan ekspor atau impor, dan melaksanakan penelitian dan pengembangan zat radioaktif secara tidak sah dan/atau untuk tujuan kejahatan terhadap keamanan nuklir;

   4) turut serta pada kegiatan militansi untuk menggunakan senjata radiologi; atau

   5) turut serta, membantu dan/atau membujuk orang lain dalam kegiatan.

l. setiap orang yang untuk tujuan pembuatan senjata nuklir:

1) melakukan penelitian dan pengembangan yang terkait dengan daur bahan bakar nuklir;
2) memproduksi, memiliki, menyimpan, menggunakan, dan mentransfer bahan nonnuklir dan peralatan terkait daur bahan bakar nuklir;
3) melakukan ekspor atau impor bahan nonnuklir dan peralatan terkait daur bahan bakar nuklir;

m. setiap orang yang:
1) melakukan penelitian dan pengembangan yang terkait dengan bahan nonnuklir dan peralatan terkait nuklir untuk tujuan pembuatan senjata nuklir;
2) memproduksi, memiliki, menyimpan, menggunakan, dan mentransfer bahan nonnuklir dan peralatan terkait nuklir untuk tujuan pembuatan senjata nuklir; atau
3) melakukan ekspor atau impor bahan nonnuklir dan peralatan terkait nuklir untuk tujuan pembuatan senjata nuklir;

n. setiap orang yang memiliki, menguasai, menggelarkan, membawa, mengangkut, menyimpan, mentransfer, meneliti, atau mengembangkan senjata nuklir;

o. setiap orang yang melakukan sabotase kegiatan dan fasilitas ketenaganukliran;

p. setiap orang yang meminta zat radioaktif dan bahan nuklir dengan kekerasan atau ancaman kekerasan;

q. setiap orang yang memiliki, mengalihkan, dan/atau menggunakan informasi keamanan nuklir untuk tujuan kejahatan terhadap keamanan nuklir.

Penerapan sanksi pidana dalam RUUK ini dilakukan berdasarkan pendekatan risiko. Perbuatan-perbuatan yang dapat mengakibatkan dampak serius seperti korban jiwa, pencemaran lingkungan dikenakan sanksi berat,

dan begitu pula sebaliknya. Oleh karenanya, sanksi pidana dalam RUUK dibagi ke dalam 3 (tiga) kategori yaitu ringan, sedang, dan berat.

Mengenai dasar pengenaan pidana, pada dasarnya tidak ada aturan tertentu untuk dapat menentukan seberapa berat atau ringannya pengenaan pidana terhadap suatu tindak pidana. Penyusunan ketentuan pidana lebih kepada memastikan agar ketentuan pidana tidak keluar dari marwah tujuan pengenaan pidana itu sendiri.

Tujuan dari pengenaan pidana di antaranya adalah sebagai upaya pencegahan terjadinya tindak pidana dan dalam hal tindak pidana itu telah terjadi maka pengenaan pidana bertujuan untuk dapat membina terpidana agar tindakan yang dilakukan oleh terpidana tidak terulang dan terpidana menjadi orang yang lebih taat hukum ketika pengenaan pidana terhadapnya telah selesai dilaksanakan.

Ketentuan pidana dalam RUUK telah mengakomodasi hal-hal yang diperlukan dalam merumuskan tindak pidana yang sudah sepatutnya mempertimbangkan banyak aspek. Faktor kesalahan yang dilakukan oleh pelaku, tujuan dilakukannya tindak pidana, keturutsertaan pihak-pihak yang melakukan tindak pidana, cara melakukan tindak pidana, dan efek dari tindak pidana yang dilakukan terhadap pihak lain yang tidak bersalah menjadi beberapa dari banyak faktor dan aspek yang wajib dipertimbangkan dalam peyusunan ketentuan pidana.

Perihal jangka waktu pengenaan pidana kurungan/penjara dan pengenaan nominal pidana denda yang disusun dalam ketentuan pidana dalam RUUK, selain mempertimbangkan faktor dan aspek yang telah disebutkan sebelumnya, juga menjadikan beberapa peraturan perundangundangan terkait sebagai acuan pengenaan pidana. Hal ini dilakukan untuk mengurangi subjektivitas pengenaan pidana bagi pelaku dan memastikan rumusan pidana dengan upaya yang seadil-adilnya.

Beberapa peraturan perundang-undangan terkait yang digunakan sebagai acuan pengaturan sanksi pidana dalam RUUK antara lain:

- Undang-Undang Nomor 9 Tahun 2008 tentang Penggunaan Bahan Kimia dan Larangan Penggunaan Bahan Kimia sebagai Senjata Kimia;
- Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup; dan
- Peraturan Pemerintah Pengganti Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2002 tentang Pemberantasan Tindak Pidana Terorisme yang telah ditetapkan menjadi Undang-Undang melalui Undang-Undang Nomor 15 Tahun 2003 sebagaimana telah diubah dengan Undang-Undang Nomor 5 Tahun 2018.

Adapun pengkategorian sanksi pidana ke dalam 3 kategori berbasis risiko dalam RUUK diberikan pada Tabel 6 berikut ini. Berdasarkan Tabel 6 dapat diketahui bahwa perbuatan melawan hukum di baris ketiga (kategori berat) pada dasarnya adalah sama dengan kedua kategori sebelumnya (kategori ringan dan sedang) yaitu "kegiatan konstruksi, komisioning, operasi, dan/atau dekomisioning instalasi nuklir" akan tetapi yang membedakan adalah kondisi atau dampak yang ditimbulkan dan status "tanpa otorisasi" dan "kelalaian yang menimbulkan kecelakaan". Di sinilah penentuan pengaturan sanksi pidana berbasis risiko berperan.

Tabel 6. Contoh perhitungan sanksi pidana.

Sanksi pidana (kategori)	Kurungan/ penjara	Denda	Perbuatan melawan hukum
Ringan	6 bulan sampai dengan 2 tahun	Rp. 2 miliar – Rp. 5 miliar	kegiatan konstruksi, komisioning, operasi, dan/atau dekomisioning instalasi nuklir tanpa otorisasi (pasal 189 ayat (1))
Sedang	2 sampai dengan 5 tahun	Rp 5 miliar —Rp 10 miliar	kegiatan konstruksi, komisioning, operasi, dan/atau dekomisioning instalasi nuklir, karena kelalaiannya menimbulkan kecelakaan (pasal 189 ayat (2)).

Berat	5—10 tahun	Rp 5 miliar —Rp 100 miliar	kegiatan konstruksi, komisioning, operasi, dan/atau dekomisioning instalasi nuklir tanpa otorisasi dan karena kelalaiannya menimbulkan kecelakaan (pasal 189 ayat (3)).

Sementara itu, tindak pidana yang diakomodasi dalam beberapa pengaturan dalam ketentuan pidana dalam RUUK selama ini dalam praktik di lapangan senantiasa terjadi terutama dalam kegiatan yang berkaitan dengan penggunaan fasilitas radiasi, ekspor impor, dan pengelolaan limbah radioaktif. Dalam satu dasawarsa terakhir, terdapat 44 kasus pemanfaatan tenaga nuklir (terdiri atas 5 kasus di bidang industri dan 16 kasus di bidang kesehatan) yang telah dilakukan penegakan hukum sampai dengan adanya putusan pengadilan yang berkekuatan hukum tetap (*inkracht van gewijsde*).

Dengan hampir seluruh kasus tersebut bermula dari pemanfaatan tenaga nuklir tanpa izin dan pada kenyataannya praktik di lapangan tetap terulang karena dari seluruh kasus tersebut diputuskan pidana denda paling banyak sebesar Rp15.000.000,- maka diharapkan ketentuan sanksi pidana yang lebih berat dalam RUUK dapat menjadi solusi dari permasalahan ini. Pasal 43 UUK yang mengatur pemanfaatan tenaga nuklir tanpa izin dipidana dengan pidana denda paling banyak Rp100.000.000,- telah terbukti mampu terap meskipun tidak menimbulkan efek jera. Kasus serupa senantiasa berulang mengingat ancaman pidana yang terlalu ringan dan secara nyata tidak menimbulkan efek jera.

Adapun mengenai perbuatan yang belum terjadi atau mungkin saja belum terdeteksi kegiatannya adalah mengenai pengenaan pidana terhadap kegiatan yang berkaitan dengan penggunaan senjata nuklir, sabotase, dan informasi keamanan nuklir. Tentu saja pengaturan mengenai kegiatan yang belum pernah terjadi dibutuhkan untuk disusun untuk menjamin pemenuhan asas legalitas: “tiada tindakan yang dapat dipidana jika tidak ada pengaturan mengenai tindakan itu sebelumnya”.

D. Dampak yang Timbul Berkaitan dengan Pengaturan Ketenaganukliran

Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2022 tentang Perubahan Kedua Atas Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2011 tentang Pembentukan Peraturan Perundang-Undangan juga telah mengubah ketentuan terkait teknik penyusunan naskah akademis. Perubahan terhadap teknik penyusunan naskah akademik rancangan undang-undang dilakukan terhadap ketentuan Bab II huruf D tentang kajian terhadap implikasi penerapan sistem baru yang akan diatur dalam undang-undang atau peraturan daerah terhadap aspek kehidupan masyarakat dan dampaknya terhadap aspek beban keuangan negara. Kajian terhadap implikasi penerapan sistem baru dilakukan dengan menganalisis dampak dari suatu norma dalam undang-undang untuk memperkirakan biaya yang harus dikeluarkan dan manfaat yang diperoleh dari penerapan suatu undang-undang kajian tersebut didukung dengan analisis yang menggunakan metode tertentu, antara lain metode *Regulatory Impact Analysis* (RIA) dan metode *Rule, Opportunity, Capacity, Communication, Interest, Process and Ideology* (ROCCIPI).

Berdasarkan ketentuan tersebut, dalam penyusunan naskah akademik RUUK, dilakukan kajian analisis dampak untuk memperkirakan biaya yang harus dilakukan dan manfaat yang diperoleh dari norma-norma dalam RUUK dengan metode *Regulatory Impact Assessment* sebagaimana diuraikan di bawah ini.

1. Konsepsi pemanfaatan

Pemanfaatan tenaga nuklir di dunia termasuk di Indonesia semakin berkembang di berbagai bidang dan telah diimplementasikan pada berbagai aspek kehidupan, antara lain untuk energi (pembangkit listrik dan baterai), industri, kesehatan, pertanian, pangan, sterilisasi, peternakan, barang konsumen, pertambangan, lingkungan hidup, penelitian dan pengembangan, dan lain-lain.

Sebagaimana diuraikan pada Subab II.C, definisi “pemanfaatan” dalam UUK meliputi penelitian, pengembangan, penambangan, pembuatan, produksi, pengangkutan, penyimpanan, pengalihan, ekspor, impor, penggunaan, dekomisioning, dan pengelolaan limbah radioaktif untuk meningkatkan kesejahteraan rakyat. Semantik yang digunakan seolah menunjukkan bahwa “pemanfaatan” hanya mencakup “kegiatan” yang berkaitan dengan tenaga nuklir, dan tidak secara eksplisit mencakup fasilitas yang terkait dengan tenaga nuklir. Selain itu, berbagai kegiatan yang juga berpotensi memberikan risiko radiasi belum tercakup dalam definisi ini, misalnya jasa perawatan, penyelenggaran pelatihan, konsultan penyedia thermoluminescent dosimeter (TLD). Oleh karena itu, konsep pemanfaatan harus diperluas dengan menggunakan istilah “fasilitas dan kegiatan ketenaganukliran”. Istilah ini juga sesuai dengan dokumen IAEA Safety Fundamental “fasilitas dan kegiatan' merupakan istilah umum yang mencakup kegiatan manusia yang dapat menyebabkan orang terpapar pada risiko radiasi yang timbul dari kejadian yang terjadi secara alami atau sumber buatan. 'fasilitas' meliputi: instalasi nuklir; fasilitas iradiasi; beberapa fasilitas penambangan dan pengolahan bahan baku seperti tambang uranium; fasilitas pengelolaan limbah radioaktif; dan setiap tempat lain di mana zat radioaktif diproduksi, diproses, digunakan, ditangani, disimpan atau dibuang, atau di mana pembangkit radiasi pengion dipasang yang menyebabkan perlunya proteksi dan keselamatan radiasi. 'kegiatan' meliputi: produksi, penggunaan, impor dan ekspor sumber radiasi untuk keperluan industri, penelitian dan medis; pengangkutan zat radioaktif; dekomisioning fasilitas; kegiatan pengelolaan limbah radioaktif seperti pembuangan limbah cair; dan beberapa aspek remediasi lokasi yang dipengaruhi oleh residu dari kegiatan masa lalu. Dengan penggunaan istilah fasilitas dan kegiatan, maka pemanfaatan dapat menjangkau bisnis inti, bisnis pendukung dan rantai pasokan yang terkait dengan ketenaganukliran. Selain itu juga pemanfaatan akan melingkupi sumber radiasi alam dan kegiatan yang terkait dengan sumber radiasi alam yang berpotensi memberikan risiko radiasi.

Dengan konsep pemanfaatan yang baru maka jangkauan pemanfaatan yang lebih luas akan meningkatkan daya guna dari pemanfaatan tenaga nuklir dan juga meningkatkan keselamatan terhadap risiko radiasi, keamanan, dan garda-aman dari pemanfaatan tersebut. Peningkatan keselamatan, keamanan, dan garda-aman dapat dicapai karena setiap pemanfaatan akan diawasi oleh Badan Pengawas. Kerugian yang dapat ditimbulkan oleh pemanfaatan yang tidak diawasi akan dapat dicegah dengan perluasan konsep pemanfaatan. Selain itu, negara juga berpotensi memperoleh penerimaan negara bukan pajak (PNBP) dari biaya izin yang timbul dari pengawasan yang dilakukan.

Perluasan konsep ”pemanfaatan” menjadi ”aktivitas” dan ”fasilitas” membuka peluang kegiatan usaha yang saat ini didominasi hanya oleh Pemegang Izin yang langsung memanfaatkan radiasi pengion, menjadi lebih luas untuk mencakup juga kegiatan yang tidak memanfaatkan radiasi pengion secara langsung, yakni kegiatan yang mendukung ketenaganukliran, misalnya jasa perawatan fasilitas, penyelenggaran pelatihan, konsultan penyedia dan evaluasi alat ukur radiasi seperti TLD. Contoh lain adalah kegiatan pemantauan dosis radiasi personel di bidang penerbangan, yang mana dosis radiasi di penerbangan merupakan dosis yang diterima dari radiasi sinar kosmik atau radiasi alam. Hal-hal tersebut sebelumnya belum ada pengaturan dalam UUK. Dengan perluasan ini keselamatan publik dari risiko radiasi lebih terjamin. Beberapa laboratorium yang melakukan jasa penyediaan dan evaluasi dosis yang telah mendapatkan penunjukan oleh BAPETEN sebagai berikut:

a. Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan (BPFK) Surabaya
b. Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan (BPFK) Makassar.
c. Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan (BPFK) Medan.
d. Loka Pengamanan Fasilitas Kesehatan (LPFK) Surakarta.
e. Loka Pengamanan Fasilitas Kesehatan (LPFK) Banjarbaru.
f. Maqass Techrad Indonesia.

g. PT Alypz International Indonesia.
h. Laboratorium Pemantauan Dosis Personel dan Lingkungan (PDPL), DPLFRKST-BRIN.

Pangsa pasar dari jasa penyediaan dan evaluasi dosis tersebut di atas cukup besar, mengingat saat ini terdapat sekitar 20.000 pekerja radiasi yang wajib menggunakan dosimeter personel (TLD). Jumlah ini dapat meningkat dengan perluasan pengawasan kegiatan dan fasilitas. Jumlah ini cukup besar dibandingkan dengan jumlah laboratorium yang tersedia saat ini, sehingga dengan dibukanya mekanisme penunjukan lembaga uji, akan mendorong pelaku usaha untuk melakukan kegiatan usaha di bidang jasa uji laboratorium.

Contoh jasa lainnya yang merupakan pengaturan baru dalam RUUK adalah MIR. MIR ini berpotensi memberikan risiko paparan radiasi sehingga termasuk dalam fasilitas dan kegiatan. Untuk menentukan tingkat konsentrasi radioaktif dari MIR tersebut diperlukan labotarorium analisis radioaktivitas lingkungan untuk pengujian sampel MIR.

Selain dampak ekonomi di atas, hal yang paling penting dari perluasan konsep menjadi fasilitas dan kegiatan adalah terjaminnya kesehatan dan keselamatan, pekerja, masyarakat, maupun lingkungan hidup dari potensi risiko paparan radiasi. Kondisi ini dapat dicapai karena semua hal yang termasuk dalam fasilitas dan kegiatan ketenaganukliran akan diawasi oleh badan pengawas dalam hal ini BAPETEN.

2. Kelembagaan

UUK telah mengamanatkan pembentukan beberapa lembaga yang terkait dengan ketenaganukliran, yaitu:

a. badan pelaksana yang bertugas melaksanakan pemanfaatan tenaga nuklir dengan menyelenggarakan penelitian dan pengembangan, penyelidikan umum, eksplorasi dan eksploitasi bahan galian nuklir, produksi bahan baku untuk pembuatan dan produksi bahan bakar

nuklir, produksi radioisotop untuk keperluan penelitian dan pengembangan, dan pengelolaan limbah radioaktif;

b. badan pengawas yang bertugas untuk melaksanakan pengawasan terhadap segala kegiatan pemanfaatan tenaga Nuklir dengan menyelenggarakan peraturan, perizinan, dan inspeksi;
c. majelis pertimbangan tenaga nuklir yang bertugas memberikan saran dan pertimbangan mengenai pemanfaatan tenaga nuklir;
d. badan usaha milik negara (BUMN) yang berkaitan dengan pemanfaatan tenaga nuklir secara komersial.

Tugas sebagai badan pelaksana sebelumnya diemban oleh Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN). Dengan diintegrasikannya BATAN ke BRIN terdapat beberapa perubahan tugas dan fungsi dalam kaitannya dengan ketenaganukliran. Oleh karena itu tugas dan fungsi sebagai badan pelaksana perlu diatur kembali sesuai dengan kondisi saat ini. Fungsi terkait penyelenggaraan ketenaganukliran yang diemban oleh BRIN ditetapkan dalam Peraturan Presiden Nomor 78 Tahun 2021 tentang Badan Riset dan Inovasi Nasional dan dirinci lebih lanjut dalam Peraturan BRIN Nomor 1 Tahun 2021 tentang Organisasi dan Tata Kerja Badan Riset dan Inovasi Nasional, antara lain:

a. perumusan dan penetapan kebijakan di bidang riset dan inovasi yang meliputi rencana induk pemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, dan peta jalan penelitian, pengembangan, pengkajian, penerapan, serta invensi dan inovasi, penyelenggaraan ketenaganukliran, dan penyelenggaraan keantariksaan;
b. perumusan, penetapan, dan pelaksanaan kebijakan di bidang pembinaan, pengembangan kompetensi, pengembangan profesi, manajemen talenta, dan pengawasan dan pengendalian sumber daya manusia ilmu pengetahuan dan teknologi, infrastruktur riset dan inovasi, fasilitasi riset dan inovasi, dan pemanfaatan riset dan inovasi;
c. pengintegrasian sistem penyusunan perencanaan, program, anggaran, kelembagaan, dan sumber daya penelitian, pengembangan,

pengkajian, dan penerapan, serta invensi dan inovasi, penyelenggaraan ketenaganukliran, dan penyelenggaraan keantariksaan;

d. penyelenggaraan penelitian, pengembangan, pengkajian, dan penerapan, serta invensi dan inovasi, penyelenggaraan ketenaganukliran, dan penyelenggaraan keantariksaan;
e. pengawasan dan pengendalian penelitian, pengembangan, pengkajian, dan penerapan, serta invensi dan inovasi, penyelenggaraan ketenaganukliran, dan penyelenggaraan keantariksaan secara menyeluruh dan berkelanjutan;
f. pelaksanaan koordinasi pengabdian kepada masyarakat berbasis penelitian, pengembangan, pengkajian, dan penerapan, serta invensi dan inovasi yang dihasilkan oleh kelembagaan ilmu pengetahuan dan teknologi;
g. pelaksanaan pembangunan, pengelolaan, dan pengembangan sistem informasi penelitian, pengembangan, pengkajian, dan penerapan, serta invensi dan inovasi, penyelenggaraan ketenaganukliran, dan penyelenggaraan keantariksaan;
h. pelaksanaan penelitian, pengembangan, invensi, dan inovasi kebijakan yang mengakui, menghormati, mengembangkan dan melestarikan keanekaragaman pengetahuan tradisional, kearifan lokal, sumber daya alam hayati dan nirhayati, serta budaya sebagai bagian dari identitas bangsa; dan
i. pemberian fasilitasi, bimbingan teknis, pembinaan, dan supervisi serta pemantauan dan evaluasi di bidang penelitian, pengembangan, pengkajian, dan penerapan, serta invensi dan inovasi, penyelenggaraan ketenaganukliran, dan penyelenggaraan keantariksaan.

Terkait tugas dan fungsi BRIN yang diuraikan di atas, perlu perluasan pengaturan mengenai fungsi badan pelaksana dalam RUUK, antara lain untuk mencakup pengkajian, penerapan, termasuk pembinaan. Analisis dampak perluasan fungsi badan pelaksana diuraikan lebih rinci pada bagian Penyelenggaraan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir.

Melihat perkembangan teknologi dan pemanfaatan tenaga nuklir dan dengan terbitnya Undang-Undang Nomor 6 Tahun 2023 tentang Penetapan Peraturan Pemerintah Pengganti Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2022 tentang Cipta Kerja Menjadi Undang-Undang, diberikan kesempatan seluasluasnya kepada pelaku usaha untuk melakukan kegiatan berusaha. Hal ini juga berlaku di sektor ketenaganukliran sehingga beberapa kewenangan yang sebelumnya hanya berada pada badan pelaksana kini dibuka juga untuk pelaku usaha. Beberapa kewenangan badan pelaksana yang kemudian dibuka untuk pelaku usaha antara lain:

- eksploitasi bahan galian nuklir;
- produksi bahan baku untuk pembuatan dan produksi bahan bakar nuklir;
- pengelolaan limbah radioaktif selain penyimpanan lestari; dan - fasilitas/kegiatan penelitian dan pengembangan.

Dengan dibukanya peluang kepada pelaku usaha, maka selain BUMN, pihak swasta juga dapat melakukan kegiatan-kegiatan tersebut di atas. Lembaga baru yang dapat terbentuk dari pihak swasta terkait fasilitas dan kegiatan di atas antara lain pengelola limbah radioaktif, lembaga penyedia jasa teknis seperti uji laboratorium, jasa konsultasi, jasa perawatan, jasa konstruksi dan lain-lain.

Selanjutnya dari sisi badan pengawas, dipandang perlu adanya penyidik dengan keahlian di bidang ketenaganukliran. Hal ini didasarkan pada pertimbangan bahwa ketenaganukliran mempunyai sifat bahaya yang berbeda yang membutuhkan keahlian khusus. Dengan demikian perlu penambahan kewenangan untuk menunjuk PPNS di BAPETEN. Saat ini, dalam proses penyidikan kasus terkait ketenaganukliran yang ditangani oleh POLRI, masih diperlukan koordinasi antara POLRI dan BAPETEN. Hal ini disebabkan perlunya kekhususan penanganan barang bukti terkait ketenaganukliran, dengan pengetahuan dan keterampilan yang spesifik. Dari sisi pengetahuan dan keterampilan khusus ini, serta beban kerja pihak kepolisian yang cukup besar, maka dengan dibentuknya PPNS yang memiliki

kewenangan langsung untuk melakukan penyidikan dapat mengefektifkan dan mengefisienkan proses penyidikan. Dengan PPNS dapat dilakukan penanganan kasus dengan cepat dan tepat.

Penambahan kewenangan berdampak pada perlunya peningkatan anggaran untuk menyediakan sarana/prasarana maupun untuk penambahan dan pengembangan kapasitas sumber daya manusia yang akan ditunjuk menjadi PPNS. PPNS juga bertugas untuk melakukan penyimpanan barang bukti selama proses penyelidikan berjalan maka fasilitas penyimpanan barang bukti perlu disediakan.

3. Rencana Induk Ketenaganukliran

Tantangan untuk mewujudkan Visi Indonesia 2045 dan target *Net Zero Emission* 2060 menyebabkan implementasi pemanfaatan ketenaganukliran yang sampai saat ini menerapkan "*business as usual*" atau pola yang biasa yang selama ini dilakukan, tidak dapat lagi menjadi strategi dalam menghadapi tatanan global yang berubah lebih cepat termasuk perubahan iklim dari yang diperkirakan sebelumnya.

Krisis ekonomi, kondisi pandemi, kenaikan harga komoditas energi, lebih seringnya terjadi cuaca ekstrim, dan kenaikan temperatur global yang diikuti penurunan fungsi lingkungan hidup, akan menimbulkan ancaman bagi penduduk. Hal - hal sebagian besar dipicu terutama oleh pola pikir yang menitikberatkan perencanaan dalam rentang waktu jangka pendek dan implementasi tata kelola yang buruk.

Oleh karena itu, upaya untuk mewujudkan Visi Indonesia 2045 dan target *Net Zero Emission* 2060 perlu berlandaskan pada konsep pembangunan yang berkelanjutan. Rencana Induk Ketenaganukliran (RIK) dibutuhkan untuk mendefinisikan pemanfaatan ketenaganukliran sebagai bagian dalam pembangunan berkelanjutan yang merupakan pembangunan yang dapat memenuhi kebutuhan generasi saat ini serta memiliki kemampuan kebutuhan generasi mendatang.

Rencana Induk Ketenaganukliran akan meletakkan pemanfaatan ketenaganukliran sebagai salah satu pilar pembangunan yang berkelanjutan dan mewujudkan peran yang cukup besar kepada pemerintah untuk mendorong tercapainya Visi Indonesia 2045 secara terencana. Peran tersebut diperlukan dalam mengarahkan pembangunan nasional untuk dapat tumbuh dan berkembang lebih cepat dan mengejar ketertinggalan dari negara lain yang lebih dahulu maju secara berkelanjutan.

Untuk memperkuat dan memperjelas peran pemerintah dalam pemanfaatan ketenaganukliran dalam pembangunan nasional yang berkelanjutan, perlu disusun perencanaan pemanfaatan ketenaganukliran yang sistematis, komprehensif, dan jangka panjang dengan tata kelola yang baik dalam wujud Rencana Induk Ketenaganukliran untuk rentang waktu 25 (dua puluh lima) tahun ke depan (2025 hingga 2050). Penyusunan Rencana Induk Ketenaganukliran dimaksudkan untuk mempertegas keseriusan pemerintah dalam mewujudkan pemanfaatan ketenaganukliran, yaitu:

a. mewujudkan keselamatan, keamananan dan garda-aman dalam pemanfaatan ketenaganukliran;
b. mewujudkan pemanfaatan ketenaganukliran menjadi pilar dan penggerak perekonomian nasional;
c. mewujudkan kedalaman dan kekuatan struktur pemanfaatan ketenaganukliran;
d. mewujudkan industri ketenaganukliran yang mandiri, berdaya saing, dan maju, serta berwawasan lingkungan hidup;
e. membuka kesempatan berusaha dan perluasan kesempatan kerja dalam pemanfaatan ketenaganukliran;
f. mewujudkan pemerataan pembangunan ke seluruh wilayah Indonesia yang dapat memperkuat dan memperkukuh kemandirian bangsa; dan
g. meningkatkan kemakmuran dan kesejahteraan masyarakat secara berkeadilan.

Dengan ditetapkannya rencana induk maka setiap unsur pemerintah dan pelaku usaha yang mempunyai peran dalam pemanfaatan

ketenaganukliran memiliki pedoman dalam perencanaan dan pembangunan ketenaganukliran, yang akan menjadi salah satu pilar ekonomi dan memberikan peran yang cukup besar kepada pemerintah untuk mendorong kemajuan nasional secara terencana. Rencana induk tersebut juga akan meningkatkan peran ketenaganukliran dalam perekonomian nasional untuk tumbuh lebih cepat dan mengejar ketertinggalan dari negara lain yang lebih dahulu maju.

Rencana induk merupakan konsep untuk mengoptimalkan sumber daya dalam mencapai target yang telah ditetapkan, selaras dengan visi Indonesia 2045 dan *net zero emission* 2060. Dengan adanya rencana induk maka kegiatan ketenaganukliran tidak tumpang tindih dengan kegiatan pemerintah lainnya, dengan kata lain akan selaras dengan rencana induk sektor lainnya misalnya rencana induk perindustrian. Dengan keselarasan ini akan menghindari tumpang tindih anggaran antar rencana induk ketenaganukliran dengan rencana induk sektor pemerintah lainnya.

4. Penyelenggaraan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir

Pengaturan dalam UUK ini belum sepenuhnya mendorong penyelenggaraan iptek nuklir karena hanya dapat dilakukan oleh institusi pemerintah, selain itu UUK hanya mengatur penelitian dan pengembangan iptek nuklir, belum mencakup pengkajian, penerapan, inovasi, dan pembinaan sebagaimana diatur dalam Undang-Undang Sinasiptek. Penelitian dan pengembangan iptek nuklir harus mampu terap dan dapat dihilirisasi agar hasilnya dapat dirasakan oleh masyarakat. Oleh karena itu penyelenggaraan iptek nuklir perlu diatur lebih luas dalam RUUK dengan mencakup juga pengkajian, penerapan, dan pembinaan sehingga dapat berperan dalam mewujudkan keselamatan, keamanan, ketenteraman, dan kesejahteraan rakyat. Selain itu, pengaturan ini mewujudkan harmonisasi kebijakan di bidang iptek.

Dalam RUUK, lingkup penyelenggaraan iptek mencakup:

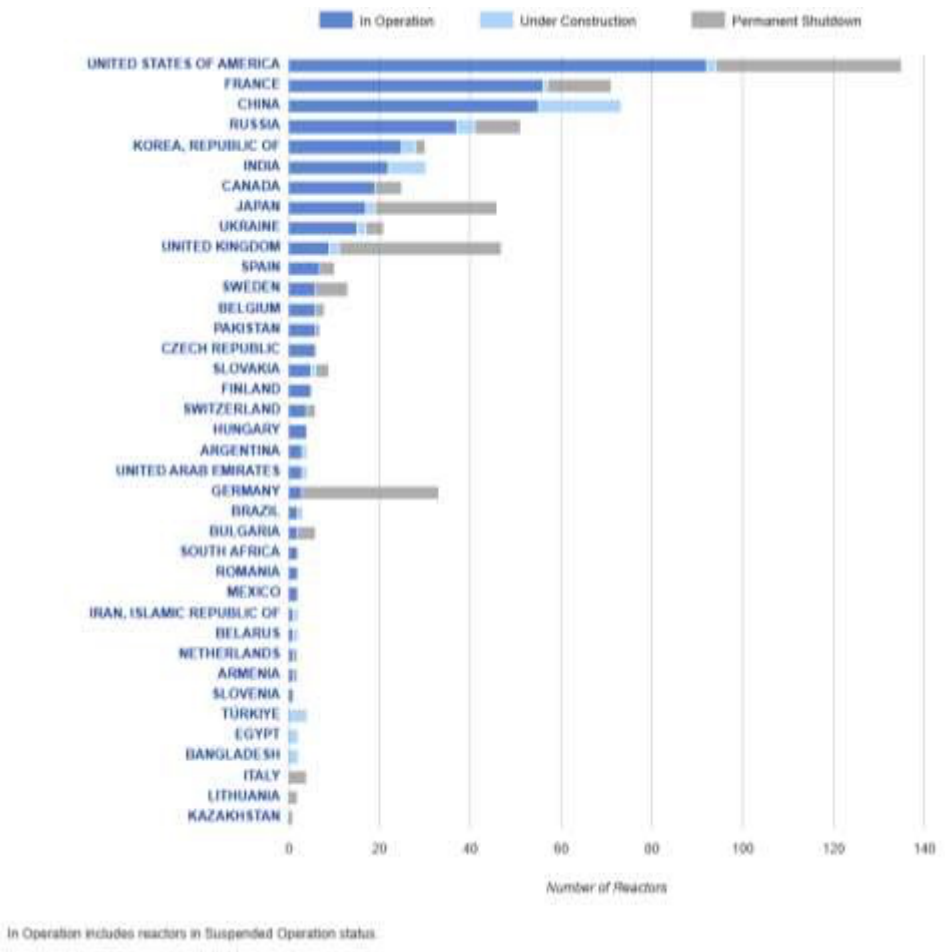
a. pertambangan bahan galian nuklir;
b. proses daur bahan nuklir;

c. tapak, desain, konstruksi, komisioning, operasi, dan dekomisioning instalasi nuklir dan fasilitas radiasi;
d. sistem dan komponen instalasi nuklir;
e. pengelolaan limbah radioaktif;
f. produksi radioisotop dan/atau radiofarmaka;
g. penggunaan zat radioaktif dan pembangkit radiasi pengion;
h. teknologi nuklir maju;
i. aplikasi isotop dan radiasi;
j. instrumentasi dan peralatan radiasi; dan
k. keselamatan nuklir dan keamanan nuklir.

Terkait dengan penyelenggaraan iptek tersebut, sesuai dengan Peraturan Menteri Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Nomor 38 Tahun 2019 tentang Prioritas Riset Nasional Tahun 2020-2024, BATAN menjadi koordinator atas 3 prioritas riset nasional (PRN) yaitu:

a. Teknologi pembangkit listrik tenaga nuklir (PLTN) skala komersial (RTT).

Prioritas riset nasional ini memiliki target capaian produk riset nasional berupa teknologi pembangkit listrik tenaga nuklir yang siap digunakan secara komersial dengan berbagai pertimbangan serta dokumen teknisnya, dan target inovasi nasional berupa prototipe PLTN. Rencana alokasi anggaran Prioritas Riset Nasional ini untuk 2020-2024 adalah sebesar 6,2 triliun rupiah. Hasil riset yang dikembangkan di dalam negeri selain untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri juga dapat diekspor ke luar negeri. Pengembangan PLTN dan bahan bakar nuklir yang melibatkan litbangjirap dalam negeri diharapkan ke depannya dapat diekspor ke luar negeri sebagaimana yang dilakukan oleh negara lain.



Gambar 36. Jumlah PLTN yang beroperasi di dunia.

Teknologi PLTN merupakan salah satu bentuk pemanfaatan terbesar dari tenaga nuklir. Di beberapa negara maju seperti Amerika Serikat, Inggris, Jepang, Perancis, dan Korea Selatan, PLTN digunakan sebagai salah satu sumber pembangkit listrik utama, dengan jumlah PLTN sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 36. Dengan jumlah PLTN yang ada, negara-negara maju tersebut tetap mengalokasikan anggaran yang besar untuk riset PLTN. Hal ini dilakukan karena teknologi PLTN tidak hanya ditujukan untuk memenuhi kebutuhan listrik dalam negeri melainkan juga untuk ekspor PLTN ke berbagai negara. Sebagai contoh di tahun 2022, Korea Selatan meningkatkan anggaran riset nuklir menjadi 2 triliun KRW (24 triliun rupiah) dengan anggaran sebesar 400 miliar KRW (4,8 triliun rupiah) untuk pengembangan *Small Modular Reactor*. Korea Selatan saat ini menjadi salah

satu negara pengekspor PLTN ke Uni Emirat Arab dan memiliki kerja sama SMR dengan Arab Saudi. Contoh lain adalah Inggris menganggarkan 460 juta poundsterling untuk riset nuklir untuk tahun 2016 hingga 2021. Nilai tersebut cukup sebanding dengan nilai anggaran riset Indonesia sebesar 6,2 triliun rupiah sebagaimana diuraikan di atas.

b. Produksi bahan baku obat radioisotop dan radiofarmaka

Prioritas riset nasional ini memiliki target capaian produk riset nasional berupa radioisotop dan radiofarmaka yang mampu mencukupi kebutuhan penduduk dalam negeri dan dapat diekspor, dan target inovasi nasional berupa radioisotop dan radiofarmaka. Rencana alokasi anggaran Prioritas Riset Nasional ini untuk 2020-2024 adalah sebesar 94 miliar rupiah. Hingga saat ini radioisotop dan kit radiofarmaka yang berhasil dikembangkan oleh BATAN/BRIN adalah sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 7 dan Tabel 8 berikut.

Tabel 7. Radioisotop hasil penelitian BATAN.

No.	Target Iradiasi	Radioisotop yang dihasilkan	Kegunaan
1.	Gas Argon	Ar-41 (gas)	Analisis kebocoran pada tangki proses atau *heat exchanger* di industri
2.	SM_2O_3	Sm-153	Pembuatan sediaan radiofarmaka (misal ^{153}Sm-particulate, ^{153}Sm-EDTPM untuk paliatif kanker tulang)
3.	H_2O (O-18 diperkaya 95%)	F-18	Pembuatan sediaan radiofarmaka misalnya ^{18}F-FDG untuk PET
4.	Jarum Iridium	Ir-192 (jarum iridium)	Brachytherapy di bidang kesehatan untuk terapi kanker (*low dose rate*)
5.	KCl	S-35	Penelitian hujan asam
6.	HgO	Hg-203	*Radiotracer* untuk penelitian radioekologi kelautan (lingkungan)

7.	Re logam (Re-185 diperkaya 94%)	Re-186	Pembuatan sediaan radiofarmaka (misalnya 186Re-EDTMP, 186ReHEDP)
No.	Target Iradiasi	Radioisotop yang dihasilkan	Kegunaan
8.	Ho2O3	Ho-166	Pembuatan sediaan radiofarmaka (misal 166Ho-DOTMP, 166HoChitosan)
9.	Rb2CO3	Rb-86	Penelitian penyerapan unsur pada tanaman
10.	ZnO	Zn-65	Penelitian tentang pupuk dan penyerapan unsur pada tanaman
11.	Au logam (kemurnian 99,9%	Au-198	Terapi kanker dan radiotracer untuk mempelajari distribusi dan sifat elemen pada suatu proses (hidrologi/industri)
12.	KBr anhydrous	Br-82	Perunut fluida untuk analisis kebocoran pada suatu bendungan atau pipa
13.	CaCo3	Ca-45	Penelitian proses sedimentasi
14.	Sc2O3	Sc-46	Penelitian proses sedimentasi
15.	Ce2O3	Ce-141	Radioisotop standar
16.	NiO, Co2O3	Co-58, Co-60 (sebagai HCC = hexacyano cobaltate)	Perunut fluida air untuk berbagai kegunaan termasuk analisis *interwell connection* pada pengembangan lapangan migas

Tabel 8. Kit Radiofarmaka yang telah dikembangkan oleh BATAN

No.	Kit Radiofarmaka Diagnosis	Kegunaan
1.	Kit MIBI	Diagnosis perfusi jantung
2.	Kit MAG3	Diagnosis perfusi ginjal
3.	Kit HMPAO	Diagnosis perfusi otak
4.	Kit EC	Diagnosis perfusi ginjal
5.	Kit MDP	Diagnosis kanker yang metastatis ke tulang
6.	Kit DTPA	Diagnosis fungsi ginjal
7.	Generator $^{99}Mo/^{99m}Tc$ berbasis PZC	Sumber radionuklida 99mTc untuk diagnosis
8.	Kit UBIQUICIDINE	Diagnosis infeksi

9.	Kit HYNIC-TOC	Diagnosis tumor endokrin
10.	Kit HYNIC-IgG	Diagnosis infeksi/inflamasi
	Kit Radiofarmaka Terapi	
11.	Larutan ^{153}Sm-EDTPM	terapi paliatif kanker tulang
12.	Larutan ^{131}I-MIBG	terapi neuroblastoma
13.	Larutan ^{186}Re-HEDP	terapi paliatif kanker tulang
No.	Kit Radiofarmaka Diagnosis	Kegunaan
14.	Larutan ^{131}I-lipiodol	terapi kanker hati
15.	^{177}Lu-DOTA-trastuzumab	terapi kanker payudara
16.	^{177}Lu-DOTA-nimotuzumab	terapi kanker glioma, leher rahim, kolon
	Kit RIA/IRMA	
17.	MAU	Untuk deteksi mikroalbumin dalam urin
18.	HBV	Untuk deteksi virus Hepatitis B, tersedia dalam kit untuk deteksi (HbsAG), dan penentuan titer antibodi dalam serum darah
19.	HCV	Untuk deteksi virus Hepatitis C dalam serum darah
20.	CA-15,3	Untuk deteksi kanker payudara
21.	CA-125	Untuk deteksi kanker ovarium
22.	T3/T4/TSH	Untuk penentuan kadar hormon tiroid
23.	Progesteron	(non klinis) deteksi progesteron dalam susu sapi

Sedangkan untuk prioritas riset nasional 2020-2024, terdapat 5 radioisotop dan radiofarmaka yang ditargetkan dikembangkan produksinya yaitu Generator Mo-99/Tc-99m yang menggunakan Mo-99 non fisi, radiofarmaka berbasis *Prostate Specific Membrane Antigen* (PSMA), Kit radiofarmaka Nanokoloid HAS, Kit radiofarmaka EDTMP, serta *contrast agent* berbasis gadolinium untuk MRI *contrast agent.*[105]

Prioritas riset nasional produksi radioisotop dan radiofarmaka ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri yang selama ini masih

[105] Fitri Wulandari, https://www.tribunnews.com/techno/2020/11/16/pengembangan-teknologi-radioisotop-danradiofarmaka-dorong-industri-farmasi-mandiri-dan-bersaing?page=4.

dipasok oleh produk impor. Produk impor tersebut mencapai hingga di atas 90 persen[118]. Radioisotop dan radiofarmaka digunakan untuk penanganan penyakit kanker baik untuk diagnosis maupun terapi. Beberapa zat radioaktif terbuka yang masih diimpor antara lain Tc-99m, I-131, Lu-177, dan I-125, sedangkan zat radioaktif tertutup yang dimpor adalah Brakhiterapi Ir-192 dan Brakhiterapi Co-60.

Selain untuk kebutuhan dalam negeri, produksi radioisotop dan radiofarmaka tersebut diharapkan dapat diekspor, sebagaimana telah dilakukan oleh PT Batan teknologi (PT INUKI) pada tahun 2007 yang mana dilakukan ekspor radioaktif jenis Mo-99 ke Bangladesh hingga 30 Curie, dan ekspor I-131 ke China per dua minggu.119

c. Teknologi Sistem Pemantauan Radiasi untuk Keselamatan dan Keamanan (RTM)

Prioritas riset nasional ini memiliki target capaian produk riset nasional berupa sistem pemantauan radiasi laik industri, prototipe alat pengukur radiasi lingkungan laik industri, dan kebijakan pendukungnya, dan target inovasi nasional berupa Sistem Pemantauan Radiasi Lingkungan. Rencana alokasi anggaran Prioritas Riset Nasional ini untuk 2020-2024 adalah sebesar 530 miliar rupiah.

Hasil litbang berupa sistem pemantauan radiasi laik industri ini sangat dibutuhkan di dalam negeri untuk keselamatan dan keamanan, termasuk keamanan dari potensi masuknya zat radioaktif secara ilegal dari luar negeri, melalui pelabuhan udara dan laut, dan daerah perbatasan. Selain itu juga dapat digunakan pada obyek vital nasional. Sistem pemantauan radiasi laik industri tentunya diharapkan dapat memenuhi kebutuhan pasar dalam negeri maupun untuk ekspor. Dengan riset ini diharapkan dapat mendukung industri nasional di bidang pemantauan radiasi lingkungan. Dengan produksi dalam negeri dapat dilakukan penghematan yang cukup besar dari sisi anggaran mengingat biaya peralatan sistem pemantauan radiasi misalnya berupa RPM mahal yakni sekitar 10 miliar rupiah per unit. Apabila dapat

diproduksi di dalam negeri, maka biaya dapat ditekan menjadi sekitar 2 miliar rupiah per unit RPM.

Penyelenggaraan iptek nuklir juga diharapkan dapat mendorong SDM iptek nuklir untuk lebih banyak melakukan penelitian, pengembangan, pengkajian, penerapan, dan inovasi di bidang nuklir. Dalam RUUK diatur bahwa SDM iptek nuklir meliputi:

a. pranata nuklir;

[114, 119] PT Batan Teknologi Ekspor Radioisotop ke Asia Pasifik - ANTARA News

b. pengawas radiasi;
c. pengembang teknologi nuklir;
d. peneliti;
e. perekayasa;
f. analis pemanfaatan ilmu pengetahuan dan teknologi; dan
g. sumber daya manusia ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir lainnya sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Pengaturan ini diharapkan dapat meningkatkan jumlah SDM iptek nuklir di Indonesia sehingga dapat mengatasi permasalahan masih sangat kecilnya rasio jumlah SDM iptek Indonesia dengan jumlah penduduk sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 22 di atas.

Melalui RUUK ini, penyelenggaraan iptek nuklir dibuka untuk setiap pihak baik pemerintah maupun non pemerintah, dengan batasan tertentu antara lain jika menggunakan bahan nuklir maka perlu kerja sama dan/atau pelaporan kepada badan pelaksana. Sebagai contoh produksi pesawat sinarX radiologi diagnostik telah dilakukan di dalam negeri dan dipasarkan pada e-katalog Lembaga Kebijakan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah (LKPP) yang merupakan hasil dari proses riset mandiri oleh pelaku usaha. Model pembiayaan riset dibuka juga untuk partisipasi pihak selain pemerintah misalnya melalui kerja sama sebagaimana diterapkan oleh BRIN saat ini. Dengan demikian beban pemerintah untuk biaya penyelenggaraan iptek dapat dibagi dengan pihak selain pemerintah. Pengaturan dalam RUUK juga

mengakui hak kekayaan intelektual termasuk paten. Penggunaan hasil riset menjadi royalti bagi pelaku riset.

Berdasarkan uraian tersebut di atas, diharapkan pengaturan penyelenggaraan iptek nuklir dalam RUUK akan mendorong Indonesia untuk berperan secara internasional di bidang ketenaganukliran.

5. Pertambangan Bahan Galian Nuklir

Bahan galian nuklir (BGN) terdiri atas mineral radioaktif dan MIR yang mencakup:

a. BGN sebagai produk utama, sebagai komoditas tambang yang mengandung uranium/thorium sebagai unsur utama dan memiliki nilai ekonomis yang paling dominan; dan
b. BGN sebagai produk ikutan, sebagai komoditas tambang yang mengandung uranium/thorium sebagai unsur ikutan.

Bahan galian nuklir adalah bahan dasar pembuatan bahan bakar nuklir, mengandung minimal 0.05% (500 ppm) unsur uranium, thorium, dan/atau anak luruhnya serta kombinasi seluruh unsur tersebut seperti yang terdapat dalam:

a. pitchblende, uraninit, carnotite, dan mineral lain yang mengandung uranium serta anak luruhnya; dan
b. thorianite, davidite, pasir monasit, dan mineral lain yang mengandung thorium serta anak luruhnya.

Eksplorasi uranium di Indonesia telah dilakukan selama lebih dari 50 tahun, dimulai sejak 1960. Salah satu tahap penting dalam eksplorasi tersebut adalah kerja sama eksplorasi antara BATAN dan Commissariat a l'energie atomique-CEA-Perancis, yang dilakukan selama kurun waktu 1969 hingga 1977, dengan wilayah eksplorasi di Gunung Schwaner, dan wilayah timur hingga barat Kalimantan. Ekplorasi ini menemukan daerah dengan deposit uranium yakni Kalan dan Mahakam Hulu, yang kemudian difokuskan pada wilayah Kalan dan Melawi-Mahakam. Pasca kerja sama dengan Perancis, BATAN melanjutkan riset eksplorasi, penambangan, dan *pilot plant*

pengolahan dengan fokus pada wilayah Kalan, yang mana dalam kurun waktu 10 tahun *pilot plant* di Lemanjung menghasilkan 740 kg *yellow cake* di tahun 1996. Eksplorasi juga dilakukan di beberapa wilayah lainnya.

Berdasarkan hasil ekplorasi tersebut, uranium dikelompokkan atas sumber daya uranium *identified* dan *undiscovered*. Sumber daya uranium *identified* sebesar 13.503 tonU dan sumber daya uranium *undiscovered* sebesar 62.330 tonU. Sedangkan berdasarkan karakteristik deposit dan potensi produksi, sumber daya uranium dikelompokkan dalam sumber daya uranium *conventional* dan sumber daya uranium *unconventional*. Sumber daya uranium *conventional* sebesar 48,388 tonU dan sumber daya uranium *unconventional* sebesar 27.445 tonU. Sumber daya uranium konvensional adalah sumber daya yang mana uranium dapat diambil sebagai produk utama, *co-product*, atau produk samping yang penting, sedangkan sumber daya uranium *unconventional* adalah sumber daya di mana uranium hanya dapat diambil sebagai produk samping minor. Secara garis besar sumber daya uranium *conventional* dan *unconventional* ditunjukkan pada Tabel 9, Tabel 10, dan Gambar 37.

Tabel 9. Sumber daya uranium *unconventional* (dalam satuan tonU.)[106]

No	Sektor	Identified Resources		Undiscovered Resources	
		RAR	Inferred	Prognosticated	Speculative
West Kalimantan					
1	Semelangan	-	-	624	-
Central Kalimantan					
2	Katingan	-	-	485	-
Tin Belt					
3	Bangka-Belitung	-	-	-	21,792
4	Bangka Selatan	-	-	293	-
5	Bangka Tengah & PKP	-	-	263	-
6	Tumbang Rusa	-	-	415	-
7	Cerucuk, Belitung	-	-	66	-
8	Bangka	2,407	-	-	-
9	Singkep	-	-	1,100	-
TOTAL		**2,407**	-	**3,246**	**21,792**

Mineral radioaktif yang terdiri atas uranium dan thorium, sebagai bahan baku nuklir di Indonesia, sendiri tersebar di tiga wilayah, yakni

[106] H Syaeful, I G Sukadana, Y S B Susilo, dkk, *Uranium Exploration, Deposit and Resources: The Key of Nuclear Power Plant Development Program in Indonesia*, 2021.

Sumatera, Kalimantan, dan Sulawesi. Sumatera memiliki 31.567 tonU dan 126.821 tonTh, Kalimantan sebanyak 45.731 tonU dan 7.028 tonTh, dan Sulawesi sebanyak 3.793 tonU dan 6.562 tonTh.[107]

Dalam 60 tahun terakhir, uranium telah menjadi salah satu mineral energi terpenting di dunia, yang ditambang dan dikonsentrasikan serupa dengan logam lain. Uranium adalah elemen alam yang konsentrasi rataratanya 2.8 *parts per million* (ppm) di lapisan bumi. Ini lebih kaya dari emas, perak, atau merkuri dan hampir sama dengan timah putih dan sedikit lebih banyak dari cobalt, timah hitam/timbal, atau molybdenum.

Sedangkan MIR merupakan sisa hasil samping berupa monasit dari pertambangan mineral dan batubara, *slag/scale* pipa/abu radioaktif dari pertambangan dan pengusahaan serta kegiatan pembangkitan minyak dan gas bumi, serta dihasilkan dari kegiatan industri. MIR dapat diolah untuk diambil logam/batuan/mineral lainnya (khususnya logam tanah jarang) atau dijadikan bahan baku dalam memproduksi barang jadi lain seperti baterai listrik, bahan industri, dan bahan yang digunakan untuk konstruksi seperti semen, beton, tiang penyangga jembatan/jalan, batako, keramik, dan *sandblasting* tanki kilang minyak/perkapalan/dan pengerjaan logam lainnya.

[107] Badan Tenaga Nuklir Indonesia (BATAN) & Redbook IAEA

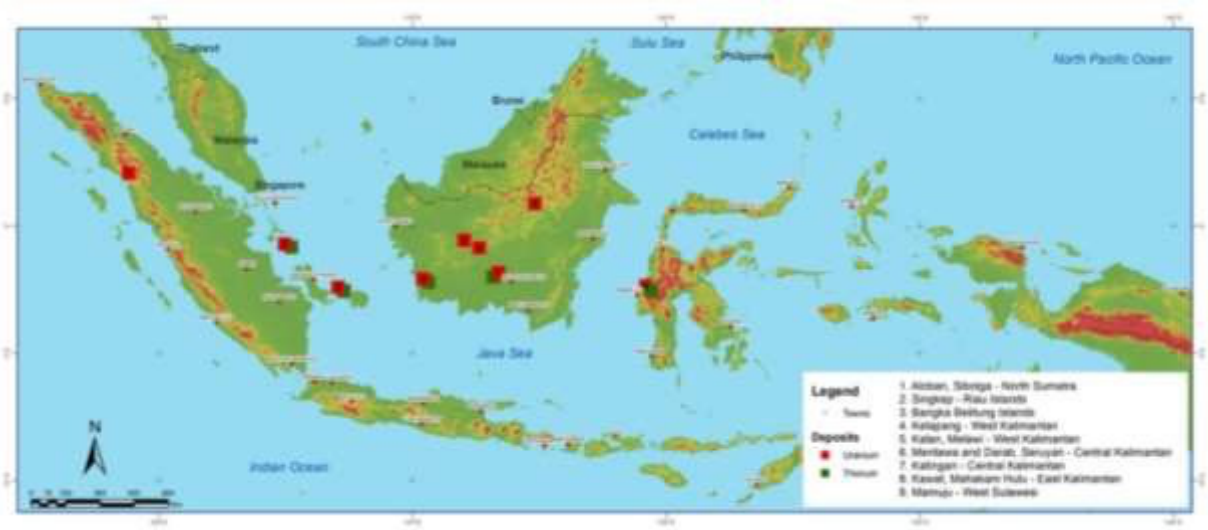
Tabel 10. Sumber daya uranium konvensional.[108]

No	Sector	Identified Resources		Undiscovered Resources	
		RAR	Inferred	Prognosticated	Speculative
West Kalimantan					
1	Eko-Remaja	3,220	-	-	-
2	Rabau	249	-	-	-
3	PC-15 (Kalan Ketungau)	42	-	-	-
4	Rirang	30	-	-	-
5	Lembah Hitam	1,994	-	-	-
6	Lemajung	769	-	-	-
7	Amir Engkala	319	462	-	-
8	Tanah Merah	210	-	525	-
9	Jeronang Hulu	-	775	-	-
10	Semut	197	-	-	-
11	Jumbang	-	-	3,336	-
12	Prembang Kanan	-	-	206	-
13	Dendang Arai	-	-	118	-
14	Bubu	-	-	93	-
15	Ririt	-	-	8	-
16	Sarana	-	775	-	-
17	Batu Bulan (Ella Ilir)	-	458	-	-
East Kalimantan					
18	Kawat	-	-	9,247	-
19	Paluq dan Nyaan	-	-	5,890	-
Central Kalimantan					
20	Mentawa	-	-	8,194	-
21	Darab	-	528	-	-
West Sulawesi					
22	Salumati, Takandeang	-	165	2,562	-
23	Rantedunia. Takandeang	-	56	-	-
24	Taan	-	431	-	-
25	Hulu Mamuju	-	-	-	1,096
26	Ampalas	-	-	-	6,017
North Sumatera					
27	Aloban, Sibolga	-	415	-	-
	TOTAL	**7,031**	**4,065**	**30,179**	**7,113**

RAR: *Reasonably Assured Resources*.

MIR yang dihasilkan pada kegiatan di sektor mineral dan batubara adalah bijih/konsentrat yang mengandung U/Th, sebagai contohnya terdapat di pertambangan timah: terak (*slag*), monasit, U/th, senotim, logam tanah jarang (LTJ). LTJ yang dihasilkan di daerah yang mengandung mineral radioaktif berkadar tinggi, seperti Mamuju, menghasilkan produk samping MIR di tambang logam dan non logam. Mamuju sendiri telah diteliti BATAN memiliki paparan latar tinggi.

[108] H Syaeful, I G Sukadana, Y S B Susilo, dkk, *Uranium Exploration, Deposit and Resources: The Key of Nuclear Power Plant Development Program in Indonesia*, 2021.



Gambar 37. Peta Distribusi Uranium dan Thorium di Indonesia[109]

Di era presidensi Joko Widodo, terdapat kebijakan larangan ekspor *raw materials* dari pertambangan dan migas. Kebijakan tersebut bertujuan untuk menaikkan nilai ekonomis dari hasil tambang nasional. Untuk mineral dan batuan di sektor ESDM, restriksi ekspor bahan mentah tersebut tertuang dalam Peraturan Menteri ESDM Nomor 5 Tahun 2017 tentang Peningkatan Nilai Tambah Mineral. Artinya perlu dilakukan kegiatan pengolahan dan pemurnian mineral di dalam negeri. Peraturan ini kemudian dicabut dengan Peraturan Menteri ESDM Nomor 25 Tahun 2018 tentang Pengusahaan Pertambangan Mineral dan Batubara yang juga tetap memasukan muatan pengaturan tentang itu.

Peningkatan nilai tambah mineral dan batubara diatur dalam Pasal 16 Peraturan Menteri ESDM Nomor 25 Tahun 2018, yang dilakukan melalui kegiatan: pengolahan dan/atau pemurnian untuk komoditas tambang mineral logam, pengolahan untuk komoditas tambang batubara, pengolahan untuk komoditas tambang mineral bukan logam, atau pengolahan untuk komoditas tambang batuan.

Pada sektor ketenaganukliran, akan diterapkan hal yang sama untuk mineral radioaktif MIR demi menjamin ketersediaan pasokan bahan baku

[109] H Syaeful, I G Sukadana, Y S B Susilo, dkk, *Uranium Exploration, Deposit and Resources: The Key of Nuclear Power Plant Development Program in Indonesia*, 2021.

bahan bakar nuklir (*yellowcake*) dan untuk produksi radioisotop dan radiofarmaka.

Untuk meningkatkan keekonomian bahan galian nuklir dilakukan pengolahan baik dari bijih mineral yang mengandung radioaktif maupun MIR untuk menghasilkan senyawa uranium, senyawa thorium sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 38. Berdasarkan informasi yang diberikan pada buku *Uranium 2020 Resources, Production and Demand*, dari sebaran bahan galian Nuklir di atas terdapat 1.500 ton yang dapat dihasilkan dengan biaya pengolahan <80 USD per kilogramU, 8.400 ton dengan biaya <130 USD per kilogramU, 8.400 ton dengan biaya <260 USD per kilogramU. Berdasarkan Gambar 38, setelah dilakukan pengolahan, senyawa uranium oksida berada pada kisaran 94 USD per kilogram. Harga per kilogram uranium dan senyawa oksida uranium (U_3O_8) dari beberapa negara ditunjukkan pada Gambar 39.

Gambar 38. Peningkatan nilai tambah mineral radioaktif dan logam tanah jarang.

Gambar 39. Harga uranium untuk pengadaan jangka pendek, jangka Panjang, dan ekspor di beberapa negara.

Kegiatan penyelidikan umum, eksplorasi, dan studi kelayakan adalah 3 tahap utama yang paling awal dalam kegiatan pertambangan. Tanpa hasil studi kelayakan, tidak dapat dilaksanakan penambangan dan pengolahan bahan galian nuklir. Oleh karena itu, swasta perlu didukung untuk dapat berinvestasi dan BUMN harus mampu menjalankan amanah peraturan. Jika biaya dianggap terlalu besar dan tidak menguntungkan negara apabila dilaksanakan oleh badan pelaksana dan BUMN, jalan keluar adalah melakukan pengusahaan oleh swasta. Begitu pula dengan laboratorium, tim riset, dan perguruan tinggi perlu diberi ruang untuk berpartisipasi aktif dalam kegiatan ini.

Sebagai perbandingan biaya yang dibayarkan selama investasi pertambangan bahan galian nuklir, berikut ini adalah biaya-biaya yang harus dibayarkan ke negara pada pertambangan batubara di antaranya:

a. jasa penyediaan sistem informasi data mineral dan batubara;
b. iuran tetap;
c. iuran produksi/royalti;
d. dana hasil produksi batubara (DHPB);
e. kompensasi data informasi;

f. bagian Pemerintah Pusat dari keuntungan bersih pemegang izin usaha pertambangan khusus (IUPK) operasi produksi;
g. jaminan kesungguhan lelang WIUP atau wilayah izin usaha pertambangan khusus (WIUPK) mineral logam atau batubara yang ditetapkan menjadi milik Pemerintah Pusat sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan;
h. jaminan kesungguhan pelaksanaan kegiatan eksplorasi yang ditetapkan menjadi milik Pemerintah Pusat sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan; dan/atau
i. jenis penerimaan negara lain yang diatur dengan ketentuan perundangundangan.

Merujuk pada Peraturan Pemerintah Nomor 26 Tahun 2022 tentang Tarif Atas Jenis Penerimaan Negara Bukan Pajak yang Berlaku pada Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, bagian Pemerintah Pusat sebesar 4% (empat persen) dari keuntungan bersih pemegang izin usaha pertambangan (IUP) dan IUPK sebagai kelanjutan operasi kontrak/perjanjian untuk mineral logam dan batubara.

Apabila pertambangan bahan galian nuklir dibandingkan dengan kegiatan pertambangan mineral dan batubara, maka potensi pendapatan negara dari pengusahaan BUMN atau swasta di antaranya:

- biaya pencadangan wilayah dan biaya pencetakan peta.
- biaya pembebasan lahan.
- biaya pajak dan retribusi daerah sesuai dengan aturan yang berlaku.
- biaya perizinan berusaha sesuai peraturan yang berlaku.
- royalti hasil penjualan komoditas bahan galian nuklir.
- iuran tetap dan iuran produksi
- operasi produksi wajib meningkatkan biaya program pengembangan dan pemberdayaan masyarakat.

- kompensasi data informasi WIUP atau WIUPK untuk mineral logam dan batubara, sebesar hasil lelang yang dilaksanakan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.
- jasa penyelenggaraan pelatihan ESDM sesuai kebutuhan pengguna jasa berdasarkan perjanjian kerja sama pelatihan ESDM.
- jasa penyelenggaraan pelatihan bidang tambang bawah tanah sesuai kebutuhan pengguna jasa berdasarkan perjanjian kerja sama pendidikan dan pelatihan ESDM, sesuai dengan nilai nominal yang tercantum dalam kontrak kerja sama.
- denda atas ketidakpatuhan pemenuhan kewajiban pengutamaan produk dan potensi dalam negeri dalam melakukan usaha ketenagalistrikan;
- jaminan kesungguhan lelang atau penawaran prioritas WIUP atau WIUPK mineral logam dan batubara dalam hal peserta lelang yang telah lolos prakualifikasi, namun tidak memasukkan surat penawaran harga atau peserta lelang yang ditetapkan sebagai pemenang lelang tidak mengajukan permohonan IUP atau IUPK.
- jaminan kesungguhan pelaksanaan kegiatan eksplorasi mineral logam, mineral bukan logam, batuan dan batubara dalam hal pemegang IUP atau IUPK tidak melaksanakan kegiatan eksplorasi.
- komitmen eksplorasi dari pihak lain yang diberikan penugasan survei pendahuluan dan eksplorasi yang tidak melakukan pengeboran sumur eksplorasi dalam jangka waktu 3 tahun sejak penugasan survei pendahuluan dan eksplorasi diberikan.

Bentuk PNBP dari poin-poin di atas, adalah:

- iuran tetap;
- iuran produksi/royalti; - biaya pelayanan:
    - pencadangan WIUP;
    - jasa peralatan teknik untuk alat berat, alat ukur, alat geofisika, alat perbengkelan, alat survei;

- jasa laboratorium untuk geokronologi, petrologi, mineralogi, sedimentologi, paleontologi, kimia, geofisika;
- laboratorium kimia mineral batubara untuk analisis mineral; ○ laboratorium fisika mineral batubara; ○ jasa perbantuan tenaga ahli;
- jasa teknologi/konsultasi untuk eksplorasi; ○ pengeboran (biaya pengintian);
- jasa penyelidikan geofisika mineral batubara; ○ jasa penyelidikan, penelitian, dan pemetaan geologi; dan ○ jasa pelayanan produk geologi berupa peta potensi sumber daya alam.

Per 31 Desember 2022, realisasi investasi sektor minerba mencapai 5,69 miliar US dollar (sekitar 85 triliun rupiah). PNBP yang disetor ke negara sejumlah 183,35 triliun rupiah. Komoditas batubara menyumbang 80 persen dari nilai royalti PNBP. Kementerian ESDM di tahun 2023 memantau pembangunan fasilitas pengolahan pemurnian mineral dalam negeri dan diharapkan dapat terbangun 17 smelter baru.

Dalam pertambangan bahan galian nuklir, termasuk MIR saat ini sedang digalakkan *circular economy* yakni mengeliminasi limbah dan menggunakan semua hasil tambang dan produk samping. Hasil samping dari mineral yang ditambang dan diolah biasanya berupa unsur mineral, logam, atau batuan lain. Hasil samping ini harus juga dimanfaatkan untuk produksi produk lainnya. Perlu dilakukan peningkatan nilai tambah juga dengan pengolahan lanjutan di smelter lain.

Pemanfaatannya harus dilakukan penambang secara baik dan penuh, jika perlu melakukan program *recovery* (penambangan tak bersisa/*total mining*) sesuai kaidah teknik pertambangan yang baik. Produk tambang dari pertambangan mineral radioaktif (berupa unsur uranium dan thorium) harus bisa diolah menjadi berbagai *end product*, tidak hanya dijual sebagai *raw ores*/bijih mentah yang nilainya tidak seberapa. Sebaiknya sudah dinaikkan

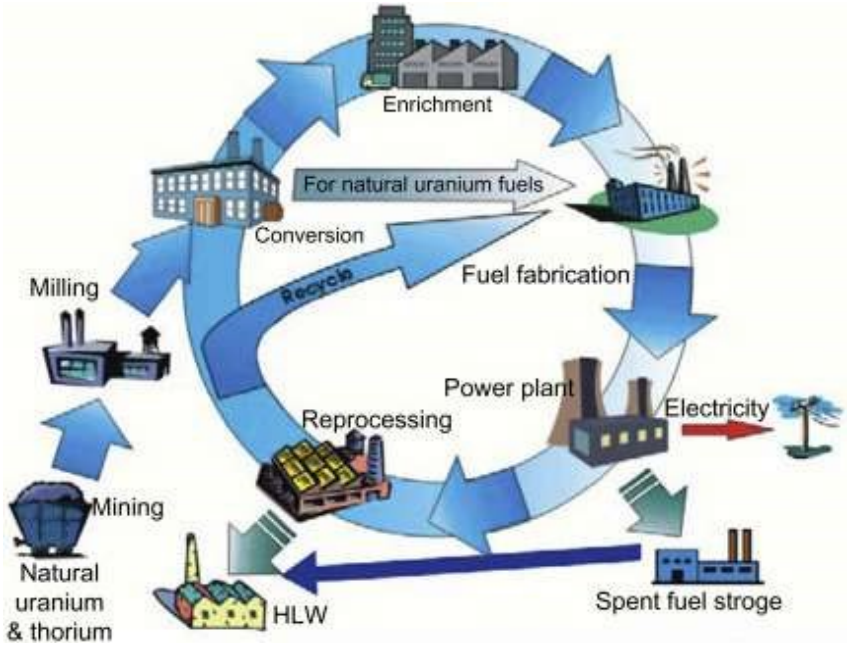
nilainya, atau dibentuk menjadi butiran ataupun konsentrat yang siap digunakan untuk industri lain di bidang agrikultur, pertahanan, transportasi, kesehatan, konstruksi/pembangunan, dan ketenagalistrikan.

Bahkan, dari sudut pandang *circular economy*, penggunaan MIR (dari pertambangan lainnya yang biasanya juga memproduksi unsur non-uranium dan thorium yang melekat pada mineral radioaktif) juga dapat diperoleh manfaatnya seperti di penggunaan *fly ash* radioaktif dari PLTG/PLTU untuk semen atau beton konstruksi sipil, sebagai bahan campuran *paving block* untuk rumah, dan sebagainya.

Pembiayaan pada awal kegiatan pertambangan BGN (penyelidikan umum, eksplorasi, dan studi kelayakan) ditanggung oleh Pemerintah. Namun, dalam pelaksanaan kegiatan ini pemerintah dapat menugaskan badan usaha. Penugasan tersebut dapat mengurangi beban keuangan pemerintah namun harus disertai dengan pengaturan yang memadai. Berdasarkan praktik pada pertambangan batubara, pendapatan yang diperoleh oleh badan usaha maupun yang diserahkan kepada Pemerintah sebagai royalti masih jauh lebih besar dibandingkan dengan biaya investasi yang dikeluarkan.

6. Instalasi Nuklir

Instalasi nuklir mencakup reaktor nuklir dan INNR. Reaktor nuklir terdiri atas reaktor daya dan reaktor nondaya, sedangkan INNR terdiri atas instalasi pemurnian, pengolahan, konversi, pengkayaan, fabrikasi, pengolahan ulang bahan bakar nuklir bekas, penyimpanan sementara dan penyimpanan lestari bahan bakar nuklir bekas, dan instalasi lainnya yang menggunakan bahan nuklir selain reaktor nuklir.



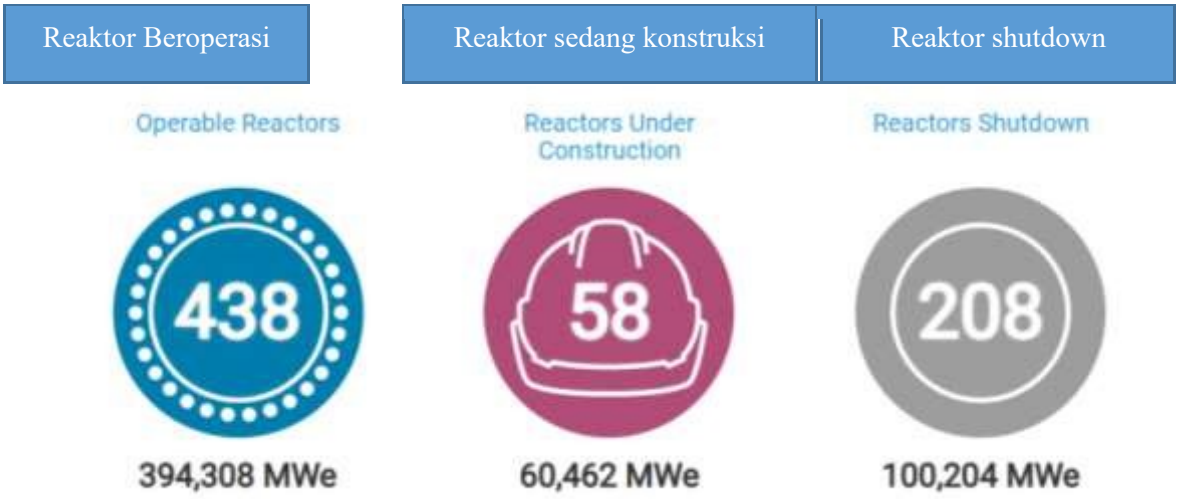
Gambar 40. Siklus daur bahan bakar nuklir.

Pada reaktor daya, panas yang dihasilkan digunakan untuk pembangkit listrik atau keperluan industri misalnya produksi hidrogen dan amonia, sedangkan pada reaktor nondaya yang digunakan adalah neutronnya untuk keperluan seperti produksi radioisotop, penelitian, pengujian material, dan pengujian bahan bakar nuklir.

Pengaturan terkait instalasi nuklir dalam RUUK ini mencakup tahapan instalasi nuklir dari tapak hingga dekomisioning. Hal ini dimaksudan untuk memastikan keselamatan, keamanan, dan garda-aman dari instalasi nuklir dalam setiap tahapan tersebut. Dengan adanya pengaturan ini instalasi nuklir dapat dimaksimalkan perannya dalam mendukung kemajuan Indonesia dan menjamin kesejahteraan masyarakat.

Reaktor daya adalah reaktor nuklir yang panasnya dimanfaatkan baik untuk listrik maupun untuk keperluan lain misalnya kogenerasi untuk menghasilkan energi panas, *process steam*, dan listrik pada kilang minyak. Energi panas diperlukan untuk menjalankan proses yang beroperasi pada temperatur tinggi (400-800^{o}C), sedangkan *process steam* dan listrik digunakan untuk menjalankan proses yang beroperasi pada temperatur rendah. Hingga saat ini PLTN yang sedang beroperasi, yang sedang konstruksi

dan yang telah *shutdown* di dunia ditunjukkan pada Gambar 41, yang mana PLTN komersial pertama kali beroperasi pada tahun 1950an.

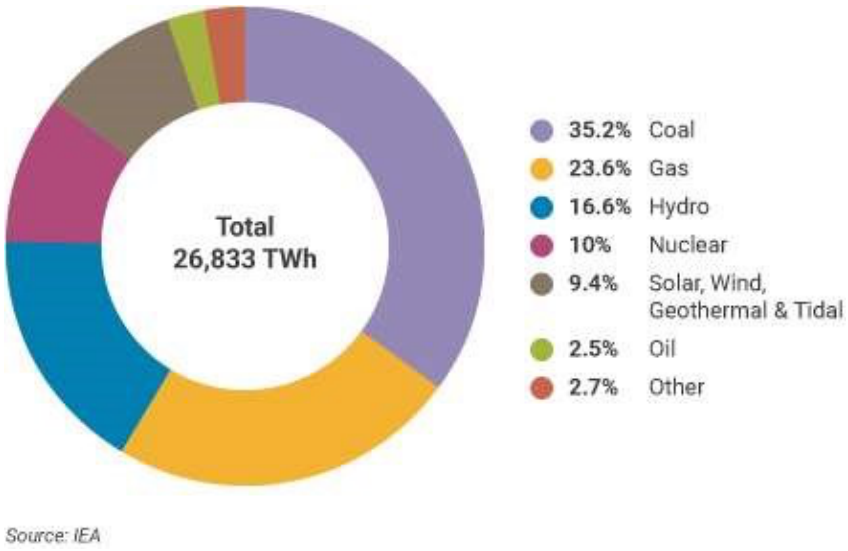


Gambar 41. Jumlah PLTN di dunia dan jumlah daya yang dihasilkan.[110]

PLTN berkontribusi sekitar 10% listrik dunia dari sekitar 440 PLTN sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 42. Beberapa alasan PLTN menjadi pilihan untuk pembangkit listrik adalah sebagai berikut:

a. PLTN merupakan sumber tenaga rendah karbon, bahkan terbesar kedua (28% dari total energi terbarukan);
b. biaya PLTN relatif bersaing dengan jenis pembangkit listrik lainnya, kecuali jika ada akses terhadap bahan bakar fossil yang murah; dan
c. pembiayaan sistem (transmisi dan distribusi) untuk PLTN (sama halnya dengan pembangkit listrik batubara dan gas) jauh lebih murah dibanding dengan energi terbarukan yang bersifat intermitten.

[110] Nuclear Power Today | Nuclear Energy - World Nuclear Association (world-nuclear.org)



Gambar 42. Kontribusi berbagai sumber energi pada pembangkitan listrik dunia.[118]

Secara keseluruhan PLTN pada dasarnya cukup murah dibandingkan dengan pembangkit lain, kecuali jika dibandingkan dengan bahan bakar fosil (batubara dan gas). Namun apabila biaya karbon, kesehatan, dan lingkungan hidup dipertimbangkan maka PLTN cukup bersaing dengan pembangkit listrik fosil tersebut. Biaya pembangunan PLTN dapat dikelompokkan sebagai berikut:

a. biaya investasi (*capital costs*), mencakup biaya penyiapan tapak, konstruksi, manufaktur, dan komisioning, termasuk pembiayaan PLTN (bunga atau model pembiayaan). Pembangunan PLTN skala besar menyerap ribuan tenaga kerja, baja dan beton dalam jumlah yang besar, ribuan komponen, dan sejumlah sistem untuk menyediakan listrik, pendingin, ventilasi, informasi, kendali dan komunikasi.
b. biaya pengoperasian, mencakup biaya bahan bakar, operasi dan perawatan, dan ketentuan untuk jaminan keuangan dekomisioning, dan pengelolaan limbah radioaktif dan bahan bakar nuklir bekas. Biaya pengoperasian dikelompokkan atas biaya tetap dan biaya tidak tetap. Biaya tetap adalah biaya yang timbul baik saat PLTN beroperasi untuk membangkitkan listrik maupun saat tidak beroperasi. Biaya tidak tetap adalah biaya yang bervariasi tergantung output. Biaya ini biasanya

dinyatakan dalam $sen/kilowatt. Untuk menghitung biaya pengoperasian pembangkit selama umurnya (termasuk biaya dekomisioning dan pengelolaan limbah radioaktif dan bahan bakar bekas) maka perlu menentukan LCoE (*levelized cost of energy*). LCoE adalah harga di mana energi listrik yang dibangkitkan dari sumber energi tertentu dapat mencapai *break even* selama jangka waktu tertentu. Biasanya jangka waktunya ditentukan berdasarkan waktu pakai (*lifetime*) dari sistem pembangkit tersebut (dengan mempertimbangkan semua biaya selama umur pakai, inflasi, dan peluang untuk biaya investasi melalui penerapan *discount rate*). Perbandingan LCoE untuk beberapa jenis pembangkit dapat dilihat pada Tabel 11.

c. biaya eksternal adalah biaya sosial dari pengoperasian, yang mana biasanya untuk PLTN diasumsikan nilainya adalah nol. Untuk PLTN biaya ini mencakup biaya untuk menangani kecelakaan parah yang melampaui batas asuransi. Pada praktiknya biaya ini ditanggung oleh pemerintah. Peraturan untuk PLTN sudah mengatur mengenai kewajiban pemegang izin PLTN untuk mengelola limbah sehingga biaya ini termasuk dalam biaya pengoperasian. Berbeda halnya dengan pembangkit listrik berbahan bakar fosil yang mana biaya emisi gas rumah kaca, partikulat, dan gas lainnya tidak dimasukkan dalam biaya pengoperasian.

Di atas menunjukkan bahwa LCoE untuk pembangkit listrik tenaga nuklir di berbagai negara lebih murah dibanding pembangkit listrik lainnya. Tabel 11 tersebut juga menunjukkan bahwa LCoE masing-masing negara berbeda-beda tergantung kondisi dari negara tersebut. Hal ini antara lain juga dipengaruhi oleh pengeluaran terhadap tenaga kerja, yang mana di Amerika Serikat gaji tenaga kerja PLTN cukup tinggi. Sebagai pembanding LCoE untuk pembangkit listrik tenaga uap batubara dan pembangkit listrik tenaga gas di Indonesia diberikan pada Gambar 43.

Tabel 11. Perbandingan LCOE pembangkit listrik pada berbagai negara (US dollar/MWh) Tahun 2020.[111]

Negara	Batubara	Gas	Nuklir	Surya	Angin (*offshore*)	Angin (*Onshore*)	Hidro	Panas Bumi
Amerika Serikat	88,13 - 146,49	44,98 - 70,34	33,25 - 71,25	34,59 - 156,35	59,37 - 119,21	35,19 - 155,13	87,2 - 128,67	61,83 - 93,54
China	74,67	84	66,01	50,78	81,86	58,43	-	-
Perancis	-	-	30,65 - 71,1	33,94 - 123,65	89,82	56,08	-	-
Jepang	99,84	92,52	86,67	172,05 - 223,3	200,18	140,17	142,4	-
Korea Selatan	75,59	86,76 - 95,89	53,3	96,57-98,13	160.99	113,33		-
Rusia	42,02	67,35	72,29	-	-	67,25-72,29	-	-
Slowakia	-	-	61,01 - 61,97	101,84	-	-	-	-
Swedia	-	-	28,18 - 31,36		-	-	-	-
Swiss	-	-	29,6 - 33,53		-	-	-	-

Meskipun **Error! Reference source not found.**menunjukkan bahwa energi terbarukan lainnya juga cukup bersaing dengan PLTN, namun untuk Indonesia, pembangkit listrik energi terbarukan lainnya tidak dapat dibandingkan dengan PLTN, karena PLT energi terbarukan tersebut sifatnya spesifik hanya berada di wilayah tertentu di Indonesia sedangkan PLTN dan PLTU bisa dibangun di wilayah manapun di Indonesia. Untuk pembangkit listrik tenaga air (PLTA), KHE yang merupakan pemrakarsa dan pengembang proyek PLTA Kayan Cascade yang terletak di Provinsi Kalimantan Utara tepatnya di Kecamatan Peso, Kabupaten Bulungan dengan kapasitas 9.000 Megawatt (MW) menyatakan bahwa biaya yang diperlukan untuk PLTA ini

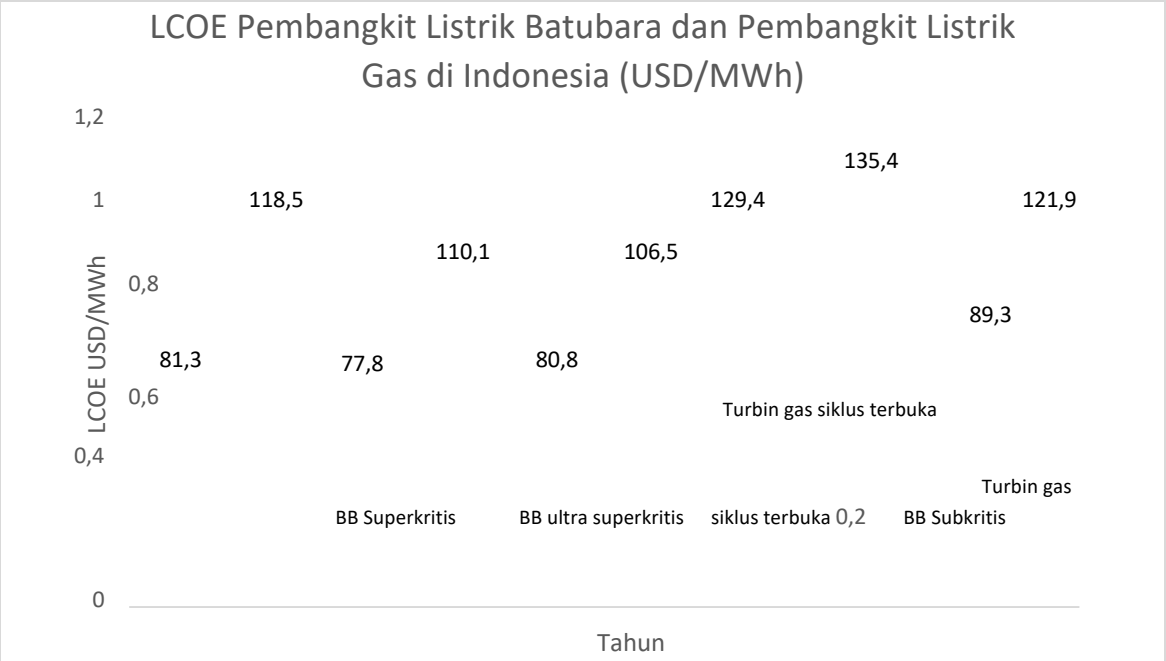
[111] https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/levelised-cost-of-electricity-calculator

adalah Rp 258,3 Triliun. PLTA hanya dapat dibangun pada daerah yang memiliki curah hujan tinggi sehingga akan dapat menampung banyak air hujan.

Demikian pula halnya dengan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang membutuhkan wilayah yang luas untuk membentangkan panel surya yang akan mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. PLTS membutuhkan daerah yang terik/panas dengan curah hujan yang minim dan kelembapan rendah. Sama halnya dengan pembangkit listrik tenaga bayu (PLTB) yang membutuhkan daerah yang memiliki angin kontinyu dan debit yang cukup besar. PLTS dan PLTB apabila tidak mendapatkan energi primer (cahaya matahari dan angin) yang cukup maka penyedia jasa listrik wajib memiliki pembangkit lain sebagai *base load* untuk menggantikan PLTS dan PLTB yang sedang tidak memproduksi listrik, misalnya pada malam hari maka PLTS tidak bisa digunakan karena tidak memproduksi listrik begitu pula dengan PLTB apabila daerah pembangkitannya sedang tidak memiliki debit angin yang mencukupi untuk memutar bilah PLTB maka listrik harus di-*backup* dengan pembangkit lain. Permasalahan juga terjadi bila PLTS dan PLTB kelebihan kapasitas listrik maka muatan listrik harus disimpan ke dalam media penyimpanan listrik seperti baterai dalam jumlah besar. Media penyimpanan ini yang akan meningkatkan biaya produksi PLTS dan PLTB.

Secara spesifik, perbandingan ekonomi PLTN dan PLTU berdasarkan penelitian Rachmat Sentosa bekerja sama dengan Pusat Pengembangan Energi Nuklir (PPEN) BATAN, dengan daya output reaktor 1000 MWe pada tahun 2016 diberikan pada Tabel 12. Berdasarkan tabel tersebut, secara finansial, biaya pembangkitan listrik PLTN OPR-1000 lebih menguntungkan dibandingkan dengan PLTU batubara yakni sebesar 6.83 cents/KWh sedangkan untuk PLTU sebesar 6.43 cents/KWh tanpa memperhitungkan pajak karbon. Jika perhitungan pajak karbon untuk batubara diperhitungkan, maka terdapat biaya sebesar 8,8 USD per ton emisi karbon yang dihasilkan sehingga perhitungan akhir dari biaya pembangkitan

batubara adalah 1.455,2 cents/KWh.[112] Selain itu umur operasi PLTN saat ini umumnya adalah sampai 60 tahun bahkan lebih sedangkan umur layan PLTU hanya 30 tahun.



Gambar 43. LCOE Pembangkit listrik batubara dan pembangkit listrik gas di Indonesia (USD/MWh).[113]

Tabel 12. Perbandingan biaya pembangkitan listrik.[120]

No.	Keterangan	Satuan	PLTN-OPR1000	PLTU Batubara
1.	Biaya Bahan Bakar	Million US$/Tahun	74,79	130,7
2.	Biaya Operasional dan *Maintenance* (O&M)	Million US$/Tahun	74,01	41,68
3.	NPV (*Net Present Value*)	Million US$	7.196,6	5.987,3
4.	IRR (*Internal Rate of Return*)	%	3,6	5,2

[112] Rachmat Santosa, Kelayakan Ekonomis Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir jika Dibangun di Wilayah Negara Republik Indonesia, 2016.

[113] IESR (2023). Making Energy Transition Succeed: A 2023's Update on The Levelized Cost of Electricity and

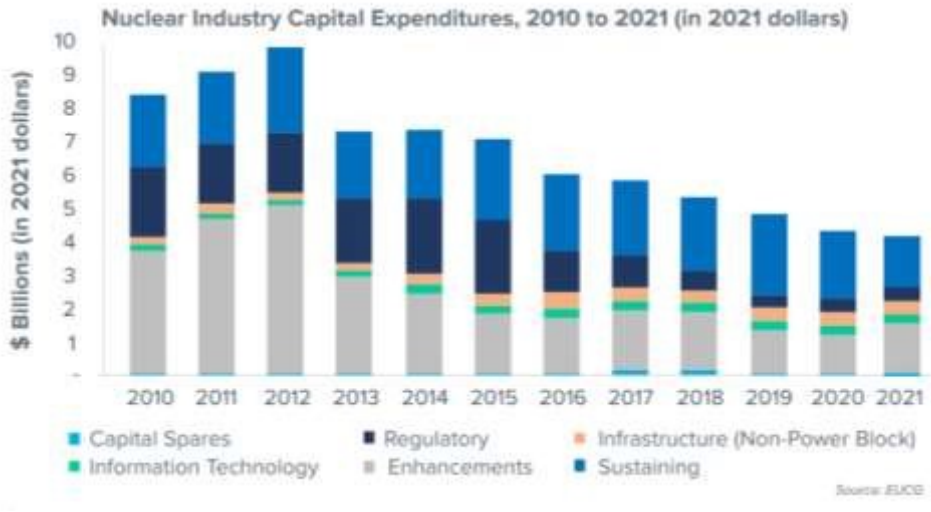
Levelized Cost of Storage in Indonesia. Jakarta: Institute for Essential Services Reform (IESR)

5. Biaya pembangkitan sebelum pajak karbon	$ sen/kWh	6,83	6,43
6. Biaya karbon	Million US$/Tahun	-	54.127,34
7. Biaya pembangkitan setelah pajak karbon	$ sen/kWh	6,83	1.455,2

Dengan komitmen dunia untuk *net zero carbon emission*, PLTN menjadi salah satu opsi pembangkit bebas emisi karbon yang dapat mengisi beban dasar. Sebagai contoh di Amerika Serikat, PLTN telah diakui dari sisi sosial dan lingkungan hidup, karena dapat menyediakan sebanyak 10.000 lapangan kerja langsung. PLTN merupakan sumber energi bersih terbesar di Amerika Serikat yang telah menghindari 16,7 triliun ton karbon sejak tahun 1995. Industri nuklir di Amerika Serikat memberikan keuntungan ekonomi sebesar 60 triliun USD terhadap *Gross Domestic Product* dan membayar 2,2 triliun US dollar pajak. PLTN adalah pembangkit listrik yang menghasilkan pajak terbesar dan menyediakan 100.000 lapangan kerja berkualitas, jangka panjang dengan gaji dua kali upah minimum.

Sebagai gambaran, biaya modal, pengoperasian, dan bahan bakar nuklir dari total 55 PLTN yang beroperasi di Amerika Serikat ditunjukkan pada

Gambar 44, Gambar 45, dan Gambar 46.



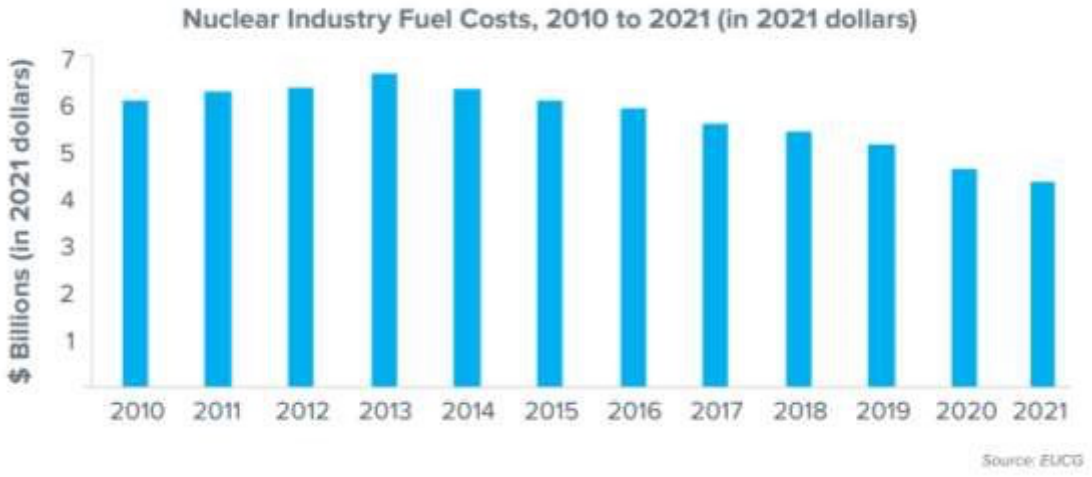
Gambar 44. Biaya Modal PLTN tahun 2010 hingga 2021 di Amerika

Serikat.[114]

Berdasarkan uraian di atas maka dengan adanya pengaturan terkait PLTN akan mendorong pembangunan PLTN yang selanjutnya dapat menggerakkan ekonomi di Indonesia, baik dari sisi tenaga kerja, pelaksanaan konstruksi yang membutuhkan material beton dan baja dalam jumlah besar, yang diharapkan dapat meningkatkan nilai tingkat kandungan dalam negeri (TKDN), dan listrik yang dihasilkan akan mendorong semakin berkembangnya industri manufaktur dalam negeri. Selain itu juga akan menghasilkan transfer teknologi yang menjadi stimulan bagi peneliti dan perekayasa untuk mengembangkan teknologi nuklir, dan yang paling penting dari PLTN adalah pembangkit bebas dari emisi karbon. Adapun perkiraan biaya investasi dari 3 jenis PLTN adalah sebagai berikut.

Gambar 45. Biaya Pengoperasian PLTN tahun 2010 hingga 2021 di Amerika Serikat (55 PLTN).[121]

[114] NEI, Nuclear Costs in Context, 2022



Gambar 46. Biaya bahan bakar nuklir di Amerika Serikat.[121]

Tabel 13. Perbandingan perkiraan biaya investasi (*capital cost*) 3 jenis PLTN

	Cost Estimate ($/kWe)	Similar reference cost estimates ($/kWe)	Similar realized costs ($/kWe)
Large Passive Safety PWR (LPSR)	4,328 (FOAK - US) 1,700-2,200 (FOAK – China)	4,300 [2] (AP1000 - Vogtle) 2,044 [2] (AP1000 – Sanmen)	8,600 [2] (Vogtle) 3,154 [2] (Sanmen)
Large Active Safety PWR (LASR)	5,337 (First 4-unit average)	4,358 [39] (APR1400 4-unit average - Barakah)	
Multi-module SMR (MMNC)	3,856 (10^{th}-OAK)	3,600 [40] (NuScale, NOAK)	

Selain untuk pembangkit listrik, reaktor nuklir juga dapat dimanfaatkan untuk kogenerasi. Sebagai contoh reaktor nuklir dengan karakteristik panas tinggi dengan daya 250 MWt (HTR-PM 250) dapat dimanfaatkan panasnya untuk keperluan operasi pada kilang minyak adalah 41,23 MWt untuk memproduksi uap kukus 1 (385^{o}C, 40 kg/cm2, 55,6 ton/jam), 101,47MWt untuk memproduksi uap kukus 2 (360^{o}C, 15 kg/cm^{2}, 131,1 ton/jam), dan 60 MWt untuk memproduksi listrik untuk kebutuhan sendiri sebesar 24 MWe. Energi panas yang tersisa sebesar 22,3 MWt dikonversi menjadi listrik sebesar 8,93 MWe untuk disambungkan ke jaringan PLN. Penggunaan reaktor nuklir ini dapat menggantikan sebagian bahan bakar fosil pada kilang minyak dengan kapasitas 126 MBSD (*million barrel steam per day*) dengan penghematan bahan bakar fosil sebesar 64,8 ribu ton/tahun, yang setara dengan pengurangan laju emisi gas CO_2 sebesar 182,4

ribu ton/tahun[115]. Panas dari reaktor nuklir juga dapat digunakan untuk produksi ammonia pada pabrik pupuk.

Pengaturan terkait instalasi nuklir sangat penting untuk memastikan keselamatan, keamanan, dan garda-aman bahan bakar nuklir. Di samping manfaat nuklir untuk peradaban manusia misalnya PLTN sebagai sumber daya listrik yang bisa menjadikan sebuah negara menjadi negara industri yang membutuhkan sumber daya listrik yang besar, PLTN ini juga memiliki potensi kebocoran radiasi jika tidak dilakukan pengawasan yang ketat dalam pengoperasiannya. Sebagai contoh kasus kecelakaan PLTN Chernobyl 1986 dengan jenis reaktor tanpa struktur pengungkung sehingga saat kecelakaan melepaskan zat radioaktif yang berbahaya (plutonium, iodium, strontium and cesium) ke udara dan terbawa angin sehingga menyebar ke area yang cukup luas. Ribuan orang harus dievakuasi dan setidaknya ada 1.800 kasus kanker tiroid pada anak anak yang berusia antara 0 dan 14 tahun ketika kecelakaan itu terjadi. Isotop Strontium-90 dan Cesium-137 masih ada di daerah tersebut hingga tahun 2005. Iodium menyebabkan kanker tiroid, strontium dapat menyebabkan leukemia. Cesium adalah isotop yang bertahan paling lama karena memiliki umur paruh 30 tahun. Unsur ini memengaruhi seluruh tubuh dan terutama dapat membahayakan hati dan limpa jika terhirup. Sekitar 150.000 km persegi di Belarus, Rusia, dan Ukraina terkontaminasi radioaktif pada kecelakaan ini. Sekitar 600 orang diterjunkan untuk melakukan dekontaminasi, membangun permukiman dan kota untuk pekerja PLTN dan pengungsi. Mereka juga membangun gudang limbah, bendungan, sistem penyaringan air, dan "sarkofagus", yang mengubur seluruh reaktor keempat untuk menampung bahan radioaktif yang tersisa. Mutasi juga terjadi pada tumbuhan dan hewan setelah kecelakaan. Daun berubah bentuk dan beberapa hewan terlahir dengan cacat fisik. Pelajaran yang diambil dari kecelakaan ini adalah peningkatan dilakukan pada semua unit RBMK untuk

[115] Sunardi, Djati H Salimy, Edwaren Liun, Sahala M Lumbanraja, Energi Nuklir Sebagai Sumber Energi Panas
Alternatif pada Kilang Minyak, Jurnal Pengembangan Energi Nuklir Vol. 14 No. 2 Desember 2012

menghilangkan kekurangan desain yang berkontribusi pada kecelakaan Chernobyl seperti kewajiban untuk menggunakan struktur pengungkung serta sistem otomatisasi, dan meningkatkan mekanisme kesadaran operator dalam mengendalikan dan melakukan perawatan PLTN. Sehingga BAPETEN pun telah membuat peraturan pedomana laporan analisis keselamatan PLTN yang memasukkan sistem pengungkung pada salah satu bab yang harus dievaluasi.[116]

Karena instalasi nuklir khususnya PLTN merupakan objek strategis dan vital maka diperlukan pengaturan terkait dengan keamanannya. Tujuan dari keamanan nuklir adalah melindungi instalasi nuklir dari sabotase dan mengantisipasi pemindahan bahan nuklir yang tidak sah. Dalam hal ini beberapa upaya dilakukan seperti menerapkan metode deteksi penyusupan misalnya dengan menggunakan sensor, CCTV, menunda misalnya dengan menggunakan pintu akses, pagar, jarak perimeter yang jauh, dan respon dari petugas internal maupun perespon keamanan seperti kepolisian dan TNI untuk menetralisir ancaman jika proses deteksi dan penundaan telah ditembus. Prinsip *detect, delay* dan *respons* ini juga diterapkan untuk keamanan siber.

Safeguards/garda-aman merupakan upaya akuntansi bahan nuklir yang mencatat/merekam semua bentuk jenis dan berat bahan nuklir termasuk perpindahannya. Hal ini dilakukan demi tujuan damai. Karena bahan nuklir khususnya plutonium yang dihasilkan dari uranium yang telah digunakan di reaktor nuklir dapat menjadi senjata pemusnah massal. Sifat plutonium yang bereaksi fisi dengan menghasilkan neutron lebih banyak dibandingkan uranium menjadikannya lebih potensial untuk dijadikan bom atom dengan reaksi fisi tak terkendali. Karena itu IAEA sangat ketat dalam melakukan pencatatan bahan nuklir ini di mana 1 gram pun uranium harus terekam keberadaannya dan dilaporkan ke IAEA supaya tidak digunakan untuk keperluan lain yang tidak damai. Inspektur IAEA selalu melakukan

[116] https://www.iaea.org/newscenter/focus/chernobyl/faqs

inspeksi *safeguards* tiap tahun ke Indonesia guna memastikan/memverifikasi keberadaan bahan nuklir dan memastikan bahwa bahan nuklir tetap digunakan untuk tujuan damai.

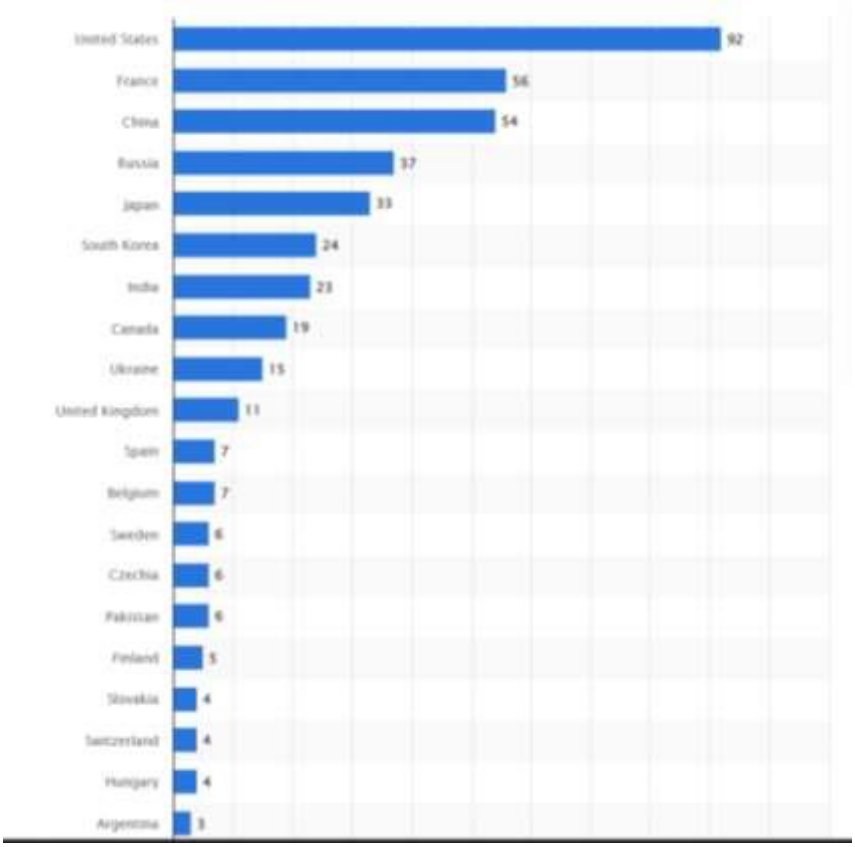
Dengan pengaturan instalasi nuklir diharapkan menjadi payung hukum bagi pelaku usaha dalam menjalankan bisnisnya dan mendorong penggunaan tenaga nuklir di bidang energi dan bidang lainnya untuk kesejahteraan rakyat dan tujuan damai. Terkait hal tersebut, saat ini sudah ada rencana untuk melakukan pembangunan PLTN oleh pihak swasta. Dengan PLTN manfaat yang diperoleh adalah memenuhi kebutuhan masyarakat akan energi, dan merupakan hal penting dalam upaya untuk mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan dan pengentasan kemiskinan. Salah satu pengaruh listrik dalam kehidupan masyarakat adalah menambah devisa negara dengan semakin berkembangnya kegiatan industri. Dengan beragam sumber energi listrik dari konvensional sampai dengan energi baru dan energi terbarukan termasuk nuklir akan menjadikan Indonesia negara yang kuat terhadap ketahanan energi.

Dengan listrik yang melimpah diharapkan bangsa Indonesia bisa menjadi lebih kreatif dan tidak mengekspor lagi bahan mentah dalam bentuk mineral keluar negeri karena proses peleburan dengan smelter yang membutuhkan listrik besar sudah tersedia di dalam negeri sehingga akan sangat meningkatkan devisa negara. Beberapa negara pengguna PLTN terbanyak di dunia hingga Mei 2022 ditunjukkan pada Gambar 47 dan pendapatan domestik bruto ditunjukkan pada Gambar 48. berdasarkan kedua gambar tersebut dapat dilihat bahwa negara yang memiliki jumlah dan daya dari PLTN yang besar pada umumnya juga memiliki pendapatan domestik bruto yang besar.

Selain itu untuk daerah yang menjadi tempat pengoperasian PLTN maka pendapatan asli daerahnya akan meningkat dikarenakan pajak penjualan listrik, dan pajak bumi dan bangunan akan masuk ke kas pemerintah daerah. Begitu pula dengan masyarakat sekitar PLTN akan memperoleh dana *Corporate Social Responsibility* (CSR) yang wajib disediakan

oleh industri bagi masyarakat, yang pada akhirnya akan berdampak pada peningkatan pendapatan perkapita masyarakat sekitar.

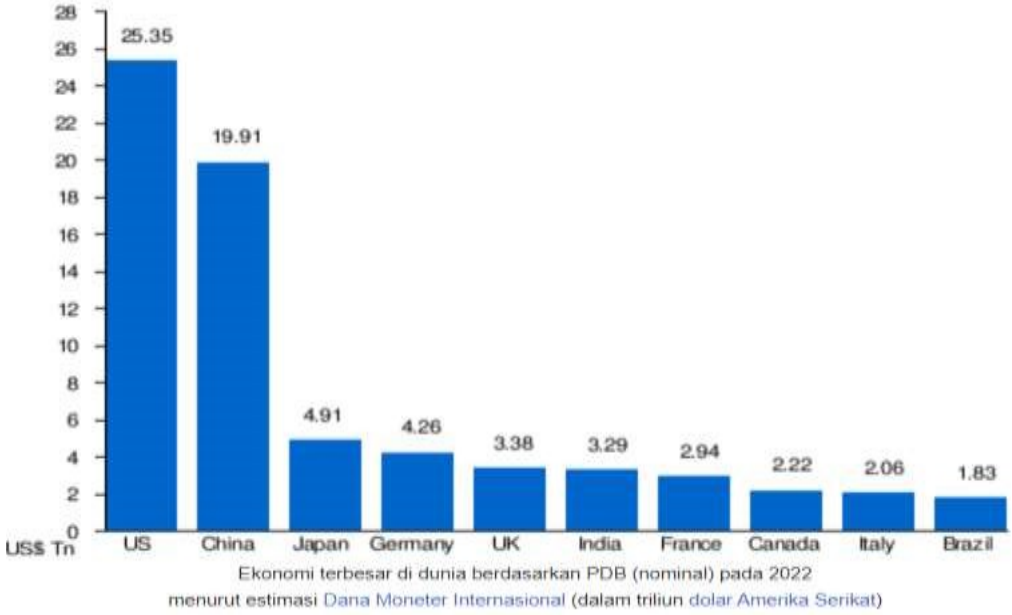
Selain pemanfaatan panas yang dihasilkan oleh reaktor nuklir, pada reaktor nondaya, neutron yang dihasilkan digunakan untuk produksi radioisotop. Radioisotop yang dihasilkan dapat digunakan untuk berbagai aplikasi misalnya untuk pertanian, hidrologi, industri dan radiofarmaka untuk keperluan pengobatan. BRIN sebagai pengguna reaktor nuklir telah mampu menghasilkan sejumlah radioisotop hasil penelitian sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 7. Produksi radioisotop dari reaktor nuklir di Serpong sudah pernah dilakukan ekspor, namun saat ini produksi radioisotop mengalami kendala sehingga lebih banyak impor. Dengan pengaturan terkait instalasi nuklir diharapkan dapat mendukung optimalisasi reaktor yang ada untuk kembali memproduksi radioisotop sehingga dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri maupun untuk ekspor. Radioisotop tersebut diperoleh melalui iradiasi neutron atau iradiasi partikel bermuatan. Hingga saat ini terdapat sekitar 220 reaktor nondaya yang beroperasi pada sekitar 53 negara, 3 di antaranya di Indonesia. Selain untuk produksi radioisotop, reaktor nondaya ini juga digunakan untuk pelatihan dan pengujian material. Salah satu reaktor nondaya yang ada di Indonesia bahkan digunakan untuk pelatihan calon petugas reaktor dari beberapa negara seperti Uni Emirat Arab, dan juga untuk universitas di seluruh Indonesia secara daring.



Gambar 47. Jumlah PLTN yang beroperasi pada berbagai negara.[117]

Selanjutnya untuk beroperasinya reaktor nuklir maka diperlukan instalasi daur/siklus bahan bakar nuklir mulai dari pemurnian, konversi, pengayaan, fabrikasi hingga diperoleh bahan bakar nuklir yang akan digunakan untuk mengoperasikan reaktor nuklir. Kemudian bahan bakar nuklir yang telah digunakan di reaktor nuklir ini karena tidak ekonomis untuk mengoperasikan reaktor nuklir dilakukan pemrosesan ulang untuk dapat digunakan di reaktor nuklir jenis lain atau juga dapat disimpan pada penyimpanan lestari. Siklus bahan bakar nuklir hingga penyimpanan lestari ditunjukkan pada Gambar 40.

[117] https://www.statista.com/statistics/267158/number-of-nuclear-reactors-in-operation-by-country/



Gambar 48. Pendapatan domestik bruto pada berbagai negara.

Melihat manfaat yang besar dari pengoperasian PLTN terhadap perekonomian nasional maupun daerah, maka untuk mendorong pembangunan PLTN, Pemerintah Pusat dapat memfasilitasi penyediaan tapak. Fasilitasi tersebut dapat berupa pemberian insentif untuk evaluasi tapak, penyediaan dan/atau pembebasan lahan. Dengan adanya insentif ini maka perlu penganggaran khusus untuk tapak. Kegiatan evaluasi tapak PLTN telah dilaksanakan oleh BATAN pada 3 lokasi yaitu, Kalimantan Barat, Bangka Barat, dan Semenanjung Muria.

Berdasarkan uraian di atas, manfaat yang diperoleh bagi Indonesia dari penggunaan instalasi nuklir untuk energi adalah sebagai berikut.

- memenuhi *target net zero emission*;
- pembiayaan lebih murah dibanding pembangkit tenaga listrik lain;
- energi panas untuk produksi hidrogen dan desalinasi;
- menunjukkan kemampuan Indonesia dalam penguasaan teknologi;
- mendorong tumbuhnya infrastruktur rantai pasok untuk reaktor nuklir termasuk industri lokal untuk daur bahan bakar nuklir, industri komponen mekanik, elektrik dan lain-lain; dan peningkatan kemampuan SDM dalam negeri.

Sedangkan untuk non energi, beberapa manfaat yang diperoleh antara lain:

- produksi radioisotop untuk bidang kesehatan dan industri sehingga dapat mengurangi impor;
- pemuliaan tanaman;
- uji material; dan
- pengembangan kompetensi SDM dalam dan luar negeri untuk pengoperasian reaktor nuklir.

Selain itu, manfaat dari penggunaan instalasi nuklir untuk energi dan non energi adalah menunjukkan kemampuan Indonesia dalam penguasaan teknologi.

7. Fasilitas Radiasi

Fasilitas radiasi di Indonesia dimanfaatkan pada berbagai bidang antara lain industri, kesehatan, pertanian, pangan, pengolahan air, dan lainlain. Fasilitas radiasi dalam implementasinya dapat menggunakan zat radioaktif maupun pembangkit radiasi pengion. Fasilitas radiasi juga mencakup fasilitas yang memproduksi zat radioaktif maupun radiofarmaka. Fasilitas radiasi dan pemanfaatan zat radioaktif dan pembangkit radiasi pengion perlu pengaturan mengingat selain besarnya manfaat yang diperoleh juga dapat menimbulkan bahaya radiasi. Pemanfaatan fasilitas radiasi dan zat radioaktif dapat dikelompokkan atas bidang kesehatan dan industri.

a. Bidang kesehatan

Pemanfaatan fasilitas radiasi dan zat radioaktif pada bidang kesehatan adalah antara lain untuk keperluan radioterapi, radiologi diagnostik dan intervensional, dan kedokteran nuklir. Pemanfaatan tersebut menggunakan pembangkit radiasi pengion, radioisotop dalam bentuk sumber terbungkus, dan radiofarmaka pada kedokteran nuklir. Pemanfaatan radionuklida dalam bidang kedokteran nuklir dapat digunakan untuk tujuan diagnostik *in-vivo*, *in-vitro*, dan terapi dengan menggunakan sumber radioaktif terbuka untuk memberikan informasi perubahan fisiologi dan biokimia pada organ tertentu, atau untuk terapi terhadap organ tersebut. Pada kedokteran nuklir, radioisotop dapat dimasukan ke tubuh pasien (diagnostik *in-vivo*) atau

direaksikan dengan bahan biologis, antara lain darah, cairan lambung, dan urin yang diambil dari tubuh pasien (diagnostik *in-vitro*). Pada studi *in-vivo,* setelah radiofarmaka dimasukan ke tubuh pasien dengan cara parenteral, maka akan diperoleh informasi berupa citra atau gambar organ dengan bantuan peralatan gamma kamera SPECT atau kamera positron (PET).

Dengan menggunakan teknik kedokteran nuklir, informasi tentang keadaan organ pasien dan diagnosis penyakit pasien yang dapat diperoleh secara akurat dalam waktu relatif singkat. Diagnosis dengan teknik kedokteran nuklir menggunakan radiofarmaka digolongkan pada diagnosis secara noninvasif sehingga pasien tidak merasa sakit atau tetap merasa nyaman. Teknik ini juga memiliki kemampuan untuk mengamati fungsi organ yang sangat sensitif. Teknik kedokteran nuklir banyak digunakan untuk menunjang diagnosis berbagai penyakit seperti penyakit jantung koroner, penyakit kelenjar tiroid, gangguan fungsi ginjal, hati dan paru, menentukan tahapan penyakit kanker dengan mendeteksi penyebarannya pada tulang, mendeteksi perdarahan pada saluran pencernaan makanan dan menentukan lokasinya, dan berbagai diagnosa lainnya.

Di Indonesia, penggunaan radiofarmaka untuk penanganan kanker berada pada kisaran 30 ribuan prosedur per tahun. Jumlah ini sangat kecil dibandingkan dengan penggunaan di seluruh dunia yang mencapai 40 juta prosedur per tahun, yang terdiri atas sekitar 20 juta prosedur per tahun di Amerika Serikat, 10 juta prosedur di Eropa, sekitar 2 juta lebih per tahun di Jepang, dan 560.000 prosedur per tahun di Australia.

Kanker merupakan salah satu penyakit tidak menular yang menjadi beban kesehatan di seluruh dunia. Data dari Global Burden of Cancer (GLOBOCAN) yang dirilis oleh Badan Kesehatan Dunia (WHO) menyebutkan bahwa jumlah kasus dan kematian akibat kanker sampai dengan tahun 2018 sebesar 18,1 juta kasus dan 9,6 juta kematian. Kematian akibat kanker diperkirakan akan terus meningkat hingga lebih dari 13,1 juta pada tahun 2030. Selanjutnya berdasarkan laporan International Agency for Research on Cancer (IARC), pada tahun 2040, diperkirakan kasus kanker akan mencapai

angka 27,5 juta di seluruh dunia dan 16,3 juta kematian akibat kanker akibat pertumbuhan penduduk dan penuaan. Sebagian besar yakni sekitar 70% dari kematian tersebut terjadi pada negara-negara dengan pendapatan rendah dan menengah. Karena hal tersebut, peningkatan penggunaan radiofarmaka pada negara-negara berkembang, seperti Indonesia, diperkirakan akan lebih besar.[118,119] GLOBOCAN menyebutkan bahwa negara-negara di Asia memiliki kontribusi terbesar terhadap kasus kanker di seluruh dunia. Hal ini bisa disebabkan karena memang sebagian negara dengan populasi besar seperti Cina, India, dan Indonesia berada di Asia.

Kanker di Indonesia juga berkontribusi terhadap transisi epidemiologi dan beban ganda permasalahan kesehatan masyarakat. Kejadian kanker menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan setiap tahun. Data hasil riset kesehatan daerah tahun 2013 dan tahun 2018 menunjukkan adanya peningkatan prevalensi kanker di Indonesia dari 1,4‰ menjadi 1,49‰. Data dari Rumah Sakit Kanker Dharmais pada tahun 2018 menunjukkan bahwa kasus kanker terbanyak adalah kanker payudara sebesar 19,18%, kanker serviks sebesar 10,69%, dan kanker paru-paru sebesar 9,89%.

Kebutuhan radioisotop dan radiofarmaka di dalam negeri dipasok oleh produk impor yang mencapai hingga di atas 90%. Hal ini disebabkan masih terbatasnya fasilitas produksi radioisotop dan radiofarmaka baik yang menggunakan teknologi produksi radioisotop dari reaktor nuklir maupun dari siklotron. Siklotron yang sudah beroperasi di Indonesia adalah siklotron yang dimiliki oleh MRCCC Siloam Hospital, Rumah Sakit Gading Pluit Jakarta, dan Rumah Sakit Kanker Dharmais, dan yang sedang dalam tahap pengajuan izin operasi adalah di RSUD Abdul Wahab Sjahranie, sedangkan reaktor nuklir yang dapat memproduksi radioisotop adalah Reaktor Serba Guna GA Siwabessy di Serpong dan Reaktor TRIGA 2000 di Bandung. Siklotron umumnya memproduksi radionuklida Fluorine-18, Ga-68, dan NH3-13,

[118] https://www.portonews.com/2020/laporan-utama/misi-kemanusiaan-batan-merevitalisasi-industri-radioisotopdan-radiofarmaka/

[119] Nuclear Medicine Radioisotopes Market Analysis - Industry Report - Trends, Size & Share (mordorintelligence.com)

sedangkan dari reaktor nuklir dapat dihasilkan berbagai radionuklida, misalnya I-131, P-32, Br-82 yang diproduksi di reaktor TRIGA 2000 dan yang diproduksi di Reaktor Serba Guna GA Siwabessy seperti Mo-99, I-125, I-131 untuk medis; Co-60, Ir-192 untuk industri; dan C-14, P-32, dan Zn-64 untuk tracer. Selanjutnya radioisotop tersebut diolah oleh BRIN pada Instalasi Teknologi Radioisotop dan Radiofarmaka atau di Instalasi Produksi Radioisotop dan Radiofarmaka PT INUKI untuk menghasilkan radiofarmaka. BRIN dan Kimia Farma telah bekerja sama untuk lima produk radiofarmaka yang sudah mendapatkan izin dari Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) dan persetujuan registrasi nomor izin edar dari Kementerian Kesehatan. Produk radiofarmaka tersebut adalah Kit MIBI untuk mendiagnosis fungsi jantung, Kit MDP untuk diagnosis penyebaran kanker di dalam tulang, DTPA untuk diagnosis fungsi ginjal, radiofarmaka senyawa bertanda 153 Sm-EDTMP atau samarium yang digunakan untuk terapi paliatif atau mengurangi rasa nyeri kepada penderita kanker, dan yang terakhir adalah radiofarmaka senyawa bertanda 131 I-MIBG, digunakan untuk mendiagnosis kanker neuroblastoma atau sistem saraf pada anakanak. Adapun radioisotop dan radiofarmaka yang dapat diproduksi oleh PT INUKI adalah sebagai berikut:

Radioisotop untuk kebutuhan medis

^{99}Mo bulk	Sebagai bahan baku pembuatan generator **Tc-99^{m}**
^{131}I bulk	Sebagai bahan baku pembuatan senyawa bertanda **I-131**

Radiofarmaka

^{99}Mo/**^{99m}Tc** Generator	Untuk diagnosa kelainan fungsi organ tubuh
Larutan **^{131}NaI** oral	Untuk terapi kelenjar gondok
Larutan **^{131}NaI** injeksi	Untuk diagnosa fungsi kelenjar gondok
Hippuran **^{131}I**	Untuk diagnosa fungsi ginjal
Kapsul **^{131}I**	Untuk terapi kelenjar gondok

Selain untuk kebutuhan dalam negeri, PT INUKI sebelumnya telah mampu mengekspor radioisotop Mo-99/Tc-99 Generator dan I-131 Oral Solution ke beberapa negara tetangga yaitu Malaysia, Vietnam, China,

Bangladesh, Korea, Jepang, dan Philipina. Namun karena permasalahan teknis pada fasilitas, produksi radioisotop dari PT INUKI bekerja sama dengan BATAN (sekarang BRIN) terhenti. Padahal nilai pasar untuk radioisotop untuk medik dan permintaan sangat tinggi.

Sebagai perbandingan, pasar radioisotop dan radiofarmaka di dunia nilainya mencapai 5,9 miliar US dollar pada tahun 2022 dan meningkat menjadi 6,17 miliar US dollar pada tahun 2023 (sekitar 103 triliun rupiah), dengan peningkatan sekitar 4,6% per tahun. Jumlah ini diperkirakan akan terus meningkat dengan sebesar 4% sampai 9% per tahun hingga 2027 dengan nilai pada tahun 2027 diperkirakan antara 8,25 miliar US dollar hingga 11 miliar US dollar (sekitar 168,5 triliun rupiah). Peningkatan terbesar diperkirakan terjadi di Amerika Utara dan Asia Pasifik. Perkiraan peningkatan kebutuhan radiofarmaka ini disebabkan meningkatnya penderita kanker dan penyakit kardiovaskuler di masa mendatang.

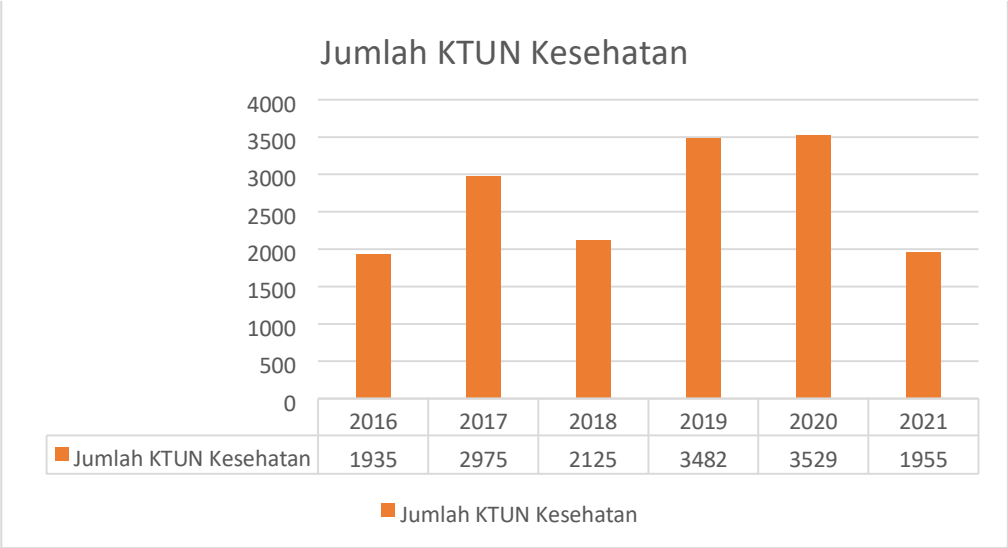
Saat ini terdapat 14 rumah sakit yang memiliki fasilitas kedokteran nuklir di Indonesia baik untuk terapi maupun diagnostik sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 14. Selain itu terdapat 3 izin yang telah diterbitkan untuk konstruksi fasilitas kedokteran nuklir terapi dan dan 5 izin untuk konstruksi fasilitas kedokteran nuklir diagnostik *in-vivo*. Jumlah ini juga masih sangat kecil dibandingkan dengan negara maju seperti Jepang yang memiliki sekitar 1.300 fasilitas kedokteran nuklir dan Korea Selatan sekitar 600 fasilitas kedokteran nuklir. Padahal perbandingan jumlah penduduk antara Indonesia dan Jepang adalah sekitar 2:1, yang mana Indonesia memiliki jumlah penduduk sekitar 272,25 juta penduduk dan Jepang memiliki 125,9 juta penduduk.

Tabel 14. Fasilitas Kedokteran Nuklir di Indonesia

No.	Rumah Sakit/Instansi	Jenis Kegiatan Kedokteran Nuklir
1.	Bhakti Husada	Diagnostik In Vivo
2.	BLU RSUP Dr. Kariadi Semarang	Diagnostik In Vivo dan Terapi
3.	Pertamina Bina Medika	Diagnostik In Vivo, Diagnostik In-Vitro, dan Terapi

4.	PT Mandaya Sehat Utama	Diagnostik In Vivo dan Terapi
5.	RS Kanker Dharmais	Diagnostik In Vivo dan Terapi
6.	RSPAD (RSPAD) Gatot Soebroto	Diagnostik In Vivo dan Terapi
7.	RSUD Abdul Wahab Sjahranie	Diagnostik In Vivo, Diagnostik In-Vitro, dan Terapi
8.	RSUD Dr. Soetomo	Diagnostik In Vivo dan Terapi
9.	RSUP Dr. Hasan Sadikin	Diagnostik In Vivo dan Terapi
10.	RSUP Dr. Sardjito	Diagnostik In Vivo, Diagnostik In-Vitro, dan Terapi
11.	RSUP H. Adam Malik	Diagnostik In Vivo
12.	RSUPN Dr. Cipto Mangunkusumo	Diagnostik In Vivo dan Terapi
13.	Sanbe Prakasa Husada (RS Santosa Kopo)	Diagnostik In Vivo dan Terapi
14.	Siloam International Hospital	Diagnostik In Vivo dan Terapi

Secara statistik jumlah izin yang telah diterbitkan oleh BAPETEN bidang kesehatan termasuk untuk rumah sakit yang memiliki fasilitas kedokteran nuklir untuk dapat dilihat pada Gambar 49. Pada gambar tersebut terlihat adanya penurunan jumlah izin di tahun 2021, hal ini disebabkan karena adanya penyederhanaan izin dari sisi masa berlaku dan jumlah zat radioaktif yang digunakan, yang mana masa berlaku diperpanjang dari 1 tahun menjadi 5 tahun dan per fasilitas bukan per jumlah zat radioaktif yang digunakan. Hingga triwulan I tahun 2023 terdapat sejumlah 4.403 izin yang berlaku untuk bidang kesehatan.



Gambar 49. Data perizinan BAPETEN di bidang kesehatan hingga tahun 2021.

Adapun biaya pelayanan kedokteran nuklir di salah satu rumah sakit tersebut (Rumah Sakit Hasan Sadikin) diberikan pada Tabel 15 dan biaya pelayanan radioterapi diberikan pada Tabel 16. berikut.

Tabel 15. Biaya Pelayanan Kedokteran Nuklir di Rumah Sakit Hassan Sadikin[120]

RAWAT JALAN UMUM				
No	Jenis Pemeriksaan/Tindakan	Jasa Sarana	Jasa Pelayanan	Jumlah
		(Rp.)	(Rp.)	(Rp.)
A	DIAGNOSIS *IN-VIVO*			
1	Sidik Tulang	1,100,000	300,000	1,400,000
2	Sidik Kelenjar Gondok (SKG)/*Uptake*	350,000	250,000	600,000
3	SST MIBI	925,000	725,000	1,650,000
4	GFR	425,000	350,000	775,000
5	Renografi	425,000	350,000	775,000
6	Studi Lintas Pertama	425,000	350,000	775,000
7	Sidik Hati	950,000	350,000	1,300,000
8	Ventrikulografi (MUGA)	825,000	400,000	1,225,000
9	Skintimamografi	1,100,000	600,000	1,700,000
10	Sidik Ventilasi/Inhalasi paru	2,100,000	1,000,000	3,100,000
11	Sidik Perfusi Paru	1,000,000	400,000	1,400,000

[120] http://web.rshs.or.id/tarif/kedokteran-nuklir/

12	Dakriosistografi (DSG)	350,000	250,000	600,000
13	Sidik Limpa	700,000	525,000	1,225,000
14	Sidik Kelenjar saliva/Sidik Kelenjar parotis	700,000	300,000	1,000,000
15	Sidik Sistem Hepatobilaris	950,000	550,000	1,500,000
16	Sidik Divertikulum Meckels	450,000	350,000	800,000
17	Sidik Pooling darah Hati	650,000	350,000	1,000,000
18	Sidik Plebiografi/Venografi	850,000	650,000	1,500,000
19	Sistografi	500,000	450,000	950,000
20	Deteksi refluks esofagus	550,000	350,000	900,000
21	Lokasi Pendarahan Interstinal (LPI)	900,000	400,000	1,300,000
22	Waktu Pengosongan Lambung	575,000	475,000	1,050,000
23	Waktu Transit Esofagus	550,000	350,000	900,000
24	Sidik infeksi/Etambutol	970,000	580,000	1,550,000
25	Sidik Perfusi Miokard	2,250,000	1,000,000	3,250,000
26	Sidik Otak HMPAO	2,650,000	1,000,000	3,650,000
27	SST-131	600,000	450,000	1,050,000
28	Sentinel node, gamma probe detection	2,700,000	1,000,000	3,700,000
29	Sidik testis	500,000	450,000	950,000
30	PET Ga-68	5,500,000	1,500,000	7,000,000
31	Laju Filtrasi Glomerulus	365,000	250,000	615,000
B	DIAGNOSIS IN-VITRO			
1	T3	97,000	45,000	142,000
2	FT4	97,000	45,000	142,000
3	TSHs	105,000	65,000	170,000
4	Anti Tiroglobulin	267,500	142,500	410,000
5	Tiroglobulin	267,500	142,500	410,000
6	Skrining hipotiroid kongenital	41,000	14,000	55,000
C	TERAPI			
1	Hemangioma kulit	600,000	500,000	1,100,000
2	Terapi Keloid denga P-32	600,000	800,000	1,400,000
3	Terapi Kecil Iodium 131<10 mCi	1,200,000	500,000	1,700,000
4	Terapi Kecil Iodium 131 10-20 mCi	2,250,000	500,000	2,750,000

5	Terapi Paliatif Samarium 50 mCi	4,960,000	800,000	5,760,000
RAWAT JALAN SPESIALIS				
A	DIAGNOSIS *IN-VIVO*			
1	Sidik Tulang	1,350,000	350,000	1,700,000
2	Sidik Kelenjar Gondok (SKG)/Uptake	450,000	300,000	750,000
3	SST MIBI	1,150,000	850,000	2,000,000
4	GFR	525,000	425,000	950,000
5	Renografi	525,000	425,000	950,000
6	Studi Lintas Pertama	525,000	425,000	950,000
7	Sidik Hati	1,150,000	425,000	1,575,000
8	Ventrikulografi (MUGA)	1,000,000	475,000	1,475,000
9	Skintimamografi	1,325,000	725,000	2,050,000
10	Sidik Ventilasi/Inhalasi paru	2,525,000	1,200,000	3,725,000
11	Sidik Perfusi Paru	1,225,000	475,000	1,700,000
12	Dakriosistografi (DSG)	425,000	300,000	725,000
13	Sidik Limpa	850,000	625,000	1,475,000
14	Sidik Kelenjar saliva/ Sidik Kelenjar parotis	850,000	350,000	1,200,000
15	Sidik Sistem Hepatobilaris	1,150,000	650,000	1,800,000
16	Sidik Divertikulum Meckels	550,000	425,000	975,000
17	Sidik Pooling darah Hati	775,000	425,000	1,200,000
18	Sidik Plebiografi/Venografi	1,025,000	775,000	1,800,000
19	Sistografi	600,000	550,000	1,150,000
20	Deteksi refluks esofagus	675,000	425,000	1,100,000
21	Lokasi Pendarahan Interstinal (LPI)	1,100,000	475,000	1,575,000
22	Waktu Pengosongan Lambung	700,000	575,000	1,275,000
23	Waktu Transit Esofagus	675,000	425,000	1,100,000
24	Sidik infeksi/Etambutol	1,175,000	700,000	1,875,000
25	Sidik Perfusi Miokard	2,700,000	1,200,000	3,900,000
26	Sidik Otak HMPAO	3,200,000	1,200,000	4,400,000
27	SST-131	725,000	550,000	1,275,000
28	Sentinel node, gamma probe detection	3,250,000	1,200,000	4,450,000
29	Sidik testis	600,000	550,000	1,150,000
30	PET Ga-68	5,500,000	1,500,000	7,000,000
31	Laju Filtrasi Glomerulus	475,000	275,000	750,000

B	DIAGNOSIS IN-VITRO			
1	T3	115,000	55,000	170,000
2	FT4	115,000	55,000	170,000
3	TSHs	135,000	75,000	210,000
4	Anti Tiroglobulin	325,000	175,000	500,000
5	Tiroglobulin	325,000	175,000	500,000
6	Skrining hipotiroid kongenital	41,000	14,000	55,000
C	TERAPI			
1	Hemangioma kulit	725,000	600,000	1,325,000
2	Terapi Keloid denga P-32	750,000	1,000,000	1,750,000
3	Terapi Kecil Iodium 131<10 mCi	1,450,000	600,000	2,050,000
4	Terapi Kecil Iodium 131 10-20 mCi	2,700,000	600,000	3,300,000
5	Terapi Paliatif Samarium 50 mCi	5,925,000	1,000,000	6,925,000

Tabel 16. Biaya pelayanan Radioterapi di Rumah Sakit Hasan Sadikin.[121]

A. RAWAT JALAN UMUM				
No	Pelayanan	Jasa Sarana	Jasa Pelayanan	Jumlah
1	Prosedur radioterapi eksternal kuratif definitif	12.500.000	5.800.000	18.300.000
2	Prosedur radioterapi eksternal kuratif adjuvan	9.850.000	5.125.000	14.975.000
3	Prosedur radioterapi eksternal paliatif	9.200.000	4.100.000	13.300.000
4	Prosedur radioterapi eksternal booster	400.000	325.000	725.000
5	Brakiterapi superficial/booster	640.000	510.000	1.150.000
6	Tindakan lain (perawatan luka/infus/transfusi/suntik radiosensitiser) per kali tindakan	80.000	120.000	200.000
B. RAWAT JALAN SPESIALIS				
1	Prosedur radioterapi eksternal kuratif definitif	13.750.000	7.850.000	21.600.000
2	Prosedur radioterapi eksternal kuratif adjuvan	10.850.000	7.100.000	17.950.000

[121] Tarif Radioterapi | Rumah Sakit Dokter Hasan Sadikin Bandung (rshs.or.id)

3	Prosedur radioterapi eksternal paliatif	10.150.000	5.600.000	15.750.000
4	Prosedur radioterapi eksternal booster	450.000	350.000	800.000
5	Brakiterapi superficial/booster	800.000	600.000	1.400.000
6	Tindakan Lain (perawatan luka/ infus/transfusi/suntik radiosensitiser) per kali tindakan	125.000	175.000	300.000
C. RAWAT INAP				
1	Brakiterapi intracaviter / Ovoid			
	Kelas III	5.300.000	2.275.000	7.575.000
	Kelas II	6.600.000	2.550.000	9.150.000
	Kelas I	7.950.000	2.750.000	10.700.000
	VIP / Utama	9.250.000	3.000.000	12.250.000
2	Brakiterapi intracaviter / Ovoid			
	Kelas III	7.150.000	4.550.000	11.700.000
	Kelas II	8.900.000	5.000.000	13.900.000
	Kelas I	10.700.000	5.500.000	16.200.000
	VIP / Utama	11.575.000	6.000.000	17.575.000
3	Brakiterapi Microselectron Implan/Intrakaviter/Intraluminal			
	Kelas III	10.860.000	4.840.000	15.700.000
	Kelas II	13.525.000	5.675.000	19.200.000
	Kelas I	16.250.000	6.100.000	22.350.000
	VIP / Utama	17.600.000	6.600.000	24.200.000

Terkait kebutuhan radioisotop dan radiofarmaka tersebut, pengaturan terkait fasilitas radiasi diharapkan dapat mendorong pembangunan dan pengoperasian fasilitas produksi radioisotop dan radiofarmaka serta penggunaan radioisotop pada pusat-pusat kedokteran nuklir yang selamat dan aman. Pemerintah Pusat dan Pemerintah Daerah dapat menyediakan fasilitas radiasi. Kementerian Kesehatan dan beberapa pelaku usaha berencana untuk membangun siklotron dalam rangka memenuhi kebutuhan radiofarmaka dalam negeri. Hal ini diharapkan juga dapat menurunkan jumlah pasien dalam negeri yang berobat ke negara tetangga seperti Malaysia,

Singapura, Thailand, dan beberapa negara lainnya. Dengan peningkatan kemampuan pengobatan di dalam negeri khususnya bidang radioterapi dan kedokteran nuklir untuk pengobatan kanker dan penyakit jantung diharapkan dapat menurunkan jumlah pengeluaran untuk berobat keluar negeri yang mencapai 11,5 miliar US dollar per tahun (sekitar 174 triliun rupiah).[122]

b. Bidang industri

Pemanfaaatan radiasi pada bidang industri cukup luas baik yang menggunakan zat radioaktif maupun yang menggunakan pembangkit radiasi pengion. Pemanfaatan tersebut antara lain mencakup *gauging* menggunakan zat radioaktif baik dengan aktivitas tinggi maupun aktivitas rendah, gauging dengan pembangkit radiasi pengion energi rendah, *well logging*, radiografi industri fasilitas terbuka (gamma, *crawler*, pesawat sinar-X, dan betatron), radiografi industri fasilitas tertutup, perunut, iradiator kategori I dengan pembangkit radiasi pengion, iradiator kategori II dengan pembangkit radiasi pengion, iradiator dengan zat radioaktif terbungkus, fluoroskopi bagasi, uji tak merusak, dan lain-lain.

Beberapa kelebihan dari penggunaan zat radioaktif pada kegiatan industri misalnya *gauging* adalah sebagai berikut:

- Pengukuran dapat dilakukan tanpa memerlukan kontak fisik dengan bahan atau produk yang sedang diukur.
- Perawatan yang diperlukan pada zat radioaktif sangat minim
- Rasio biaya dan keuntungan sangat baik, bahka beberapa instrumen sudah dapat mencapai harga modal dalam waktu hanya beberapa bulan.

Radioisotop yang sering digunakan untuk industri dapat diperoleh dari alam maupun yang diproduksi melalui reaktor nuklir dan akselerator. Beberapa di antara radioisotop yang digunakan pada bidang industri sebagai berikut:

[122] https://katadata.co.id/timpublikasikatadata/infografik/5e9a5033b820a/infografik-berobat-ke-luar-negerifavorit-masyarakat-indonesia

a. Americium-241 (waktu paruh: 432 tahun)

   Digunakan dalam *backscatter gauging*, detektor asap, detektor ketinggian volume, dan pengukuran kandungan abu pada batubara.

b. Caesium-137 (30.17 tahun)

   Digunakan untuk teknik perunut pada identifikasi sumber erosi tanah dan endapan, juga untuk pengukur level ketinggian volume, dan sterilisasi gamma intensitas rendah.

c. Cobalt-60 (5.27 tahun):

   Digunakan untuk sterilisasi gamma, radiografi industri, pengukur ketinggian volume dan densitas.

d. Iridium-192 (73.8 hari):

   Digunakan pada radiografi gamma untuk mengetahui lokasi cacat pada komponen logam.

e. Krypton-85 (10.756 tahun):

   Digunakan untuk *gauging*.

f. Selenium-75 (120 hari), Ytterbium-169 (32 d):

   Digunakan untuk radiografi dan uji tak merusak.

g. Stronsium-90 (28.8.tahun), Thallium-204 (3.78 yr Digunakan untuk *gauging*.

h. Zinc-65 (244 hari):

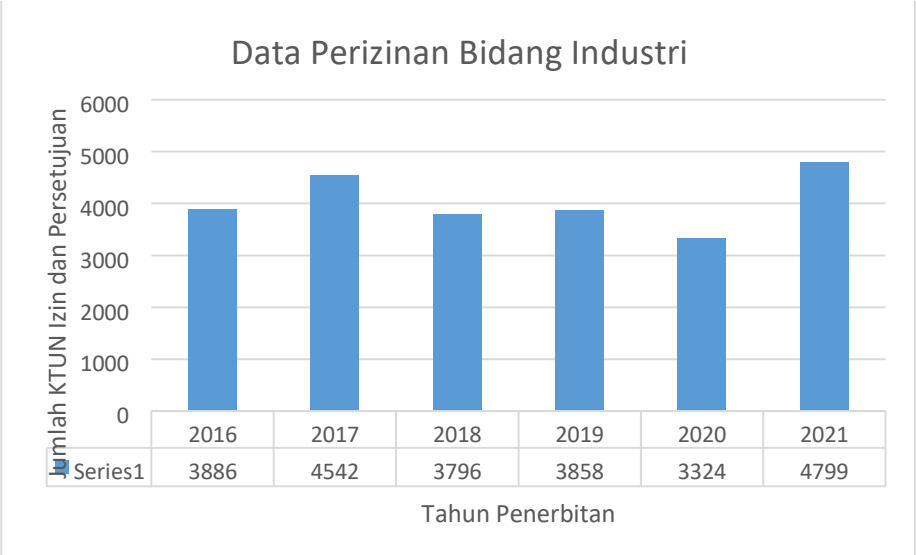
   Digunakan untuk memprediksi perilaku komponen logam berat dalam efluen dari limbah cair pertambangan.

Untuk radioisotop dalam negeri, PT INUKI sebelumnya juga telah mampu memproduksi radioisotop Ir-192 untuk kebutuhan dalam negeri, namun sama halnya dengan radioisotop untuk bidang kesehatan, produksi Ir-192 ini juga terhenti karena kendala teknis pada fasilitas. Oleh karena itu, saat ini semua kebutuhan radioisotop untuk industri saat ini diperoleh dari impor. Beberapa pelaku usaha internasional yang bergerak di bidang industri radioisotop dan radiofarmaka saat ini adalah:

- Eckert & Ziegler Strahlen - Jerman
- NTP Radioisotopes – Afrika Selatan

- IRE - Belgia
- Nordion - Kanada
- Mayak - Rusia
- Polatom - Polandia
- Curium Pharma - Perancis
- NRG - Belanda
- ANSTO - Australia
- China Isotope & Radiation Corporation (CIRC) - China

Selain radioisotop, pembangkit radiasi pengion baik untuk bidang kesehatan maupun industri juga sebagian besar masih impor, karena masih terbatasnya produksi dalam negeri. Saat ini hanya ada satu perusahaan yang memproduksi pembangkit radiasi pengion di dalam negara dan telah mendapatkan izin dari BAPETEN. Meskipun sebagian bahan baku untuk produksi tersebut juga masih impor. Saat ini mulai dikembangkan juga pembangkit radiasi untuk fluoroskopi bagasi. Salah satu produk pembangkit radiasi pengion yang diproduksi dalam negeri adalah *mobile X-ray system* untuk medik. Produk ini telah mendapat sertifikat TKDN dari Kementerian Perindustrian dengan nilai pada kisaran 40% TKDN. Perkiraan harga untuk *mobile X-ray* produk dalam negeri tersebut adalah Rp. 200.000.000,- hingga Rp. 2.200.000.000,-. Sedangkan untuk sumber radioaktif seperti iridium-192 berkisar pada harga Rp. 36.000.000 sampai Rp. 65.000.000,-. Data perizinan untuk fasilitas radiasi dan zat radioaktif di bidang industri diberikan pada Gambar 50.



Gambar 50. Data Perizinan Bidang Industri

Berdasarkan data izin pemanfaatan tenaga nuklir bidang kesehatan dan industri, diperkirakan diperoleh PNBP untuk tahun 2019 sampai dengan tahun 2022 dengan jumlah sebagaimana diberikan pada Tabel 17. berikut.

Tabel 17. Data KTUN Perizinan FRZR dan Penerimaan PNBP 2019 – 2022

Nomor	Tahun	Jumlah Permohonan	Jumlah KTUN	Jumlah PNBP (Rp)
1.	2019	19345	16514	15,462,942,864
2.	2020	18896	16312	13,475,040,000
3.	2021	17999	15144	14,847,007,550
4.	2022	17133	9918	22,957,185,337

8. Ekspor Impor

Ekspor dan impor merupakan suatu hal yang tidak dapat dihindarkan dalam ketenaganukliran. Ekspor dan impor dilakukan terhadap bahan nuklir, zat radioaktif, pembangkit radiasi pengion, serta bahan nonnuklir dan peralatan terkait nuklir. Sebagaimana diuraikan di atas kebutuhan dalam negeri untuk bahan nuklir, zat radioaktif, dan pembangkit radiasi pengion sebagian besar masih dipasok dari impor. Berdasarkan data perizinan BAPETEN, jumlah ekspor dan impor yang mendapatkan persetujuan ekspor

dan impor untuk zat radioaktif dan pembangkit radiasi pengion mengalami peningkatan dari tahun ke tahun, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 51 berikut ini.

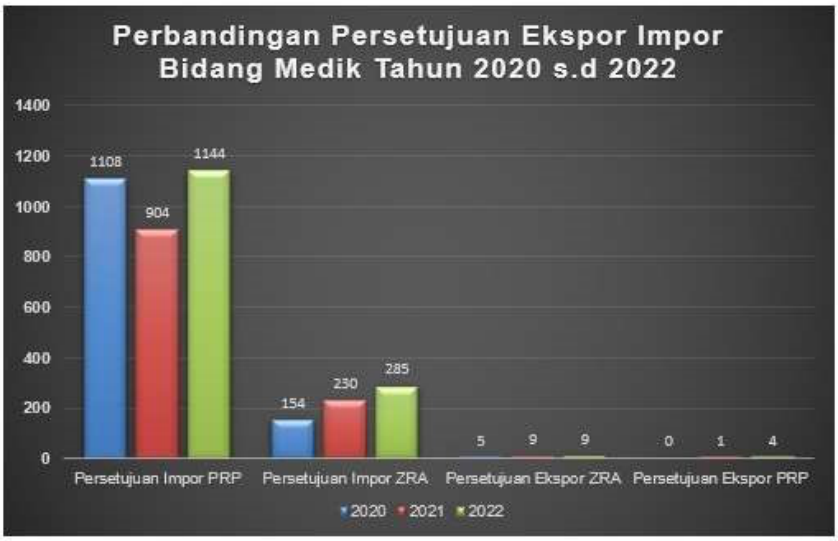
Gambar 51. Jumlah izin, persetujuan ekspor/impor, persetujuan pengiriman, dan penetapan penghentian untuk fasilitas radiasi dan zat radioaktif tahun 2018 hingga 2022.

Selanjutnya, untuk bidang kesehatan jumlah persetujuan ekspor, dan persetujuan impor selama tahun 2020 hingga 2022 diberikan pada Gambar 52, yang juga menunjukkan adanya peningkatan jumlah ekspor dan impor pembangkit radiasi pengion dan zat radioaktif dari tahun ke tahun. Ekspor yang dilakukan untuk zat radioaktif pada tahun 2020 hingga tahun 2022 adalah untuk pengembalian ke negara asal untuk zat radioaktif maupun pembangkit radiasi pengion yang sudah tidak digunakan lagi. Indonesia melalui PT INUKI pada dasarnya mampu dan telah melakukan ekspor zat radioaktif berupa Mo-99 dan I-131 hingga tahun 2015, namun fasilitas PT INUKI mengalami kendala teknis pada fasilitas dan juga karena kemampuan utilisasi reaktor nuklir yang juga menurun menyebabkan kegiatan ekspor ini terhenti. Oleh karena itu, saat ini Indonesia mengimpor sebagian besar zat radioaktif maupun pembangkit radiasi pengion untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Padahal harga zat radioaktif maupun pembangkit radiasi pengion yang diimpor tersebut cukup mahal. Sebagai contoh beberapa harga impor diberikan dalam Tabel 19 dengan kisaran dari 180.229.500 hingga Rp.

5.905.599.390 untuk pembangkit radiasi pengion, Rp. 108.122.805 hingga Rp. 1.126.111.050 untuk zat radioaktif tertutup, dan Rp. 1.042.650 hingga Rp. 17.129.250.

Tabel 18. Jumlah persetujuan ekspor, persetujuan impor, persetujuan re-ekspor, dan persetujuan pengiriman untuk bidang kesehatan Tahun 2022.

Jenis Persetujuan	Jumlah KTUN
Pernyataan Bukan Sumber Radiasi Pengion untuk Keperluan Medik (Negative Statement)	578
Persetujuan Ekspor	4
Persetujuan Impor	1429
Persetujuan Re-Ekspor	5
Persetujuan Pengiriman	929



Gambar 52. Persetujuan ekspor dan impor pembangkit radiasi pengion dan zat radioaktif untuk bidang kesehatan tahun 2020 hingga tahun 2022

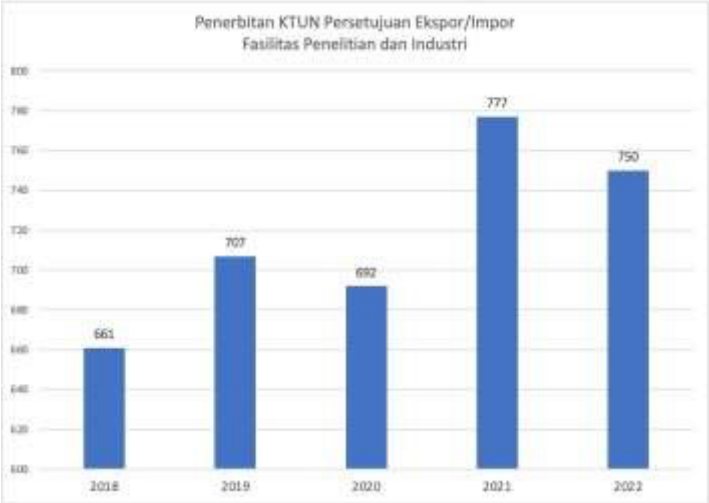
Jumlah persetujuan ekspor dan impor untuk bidang penelitian dan industri untuk tahun 2018 hingga 2022 diberikan pada Gambar 53. Gambar tersebut menunjukkan bahwa jumlah ekspor dan impor yang diberikan persetujuan berada pada kisaran 600 hingga 700-an persetujuan per tahun.

Selanjutnya pada Gambar 54 diberikan rincian jumlah persetujuan ekspor dan persetujuan impor untuk zat radioaktif, pembangkit radiasi pengion, dan peralatan yang mengandung zat radioaktif untuk barang konsumen.

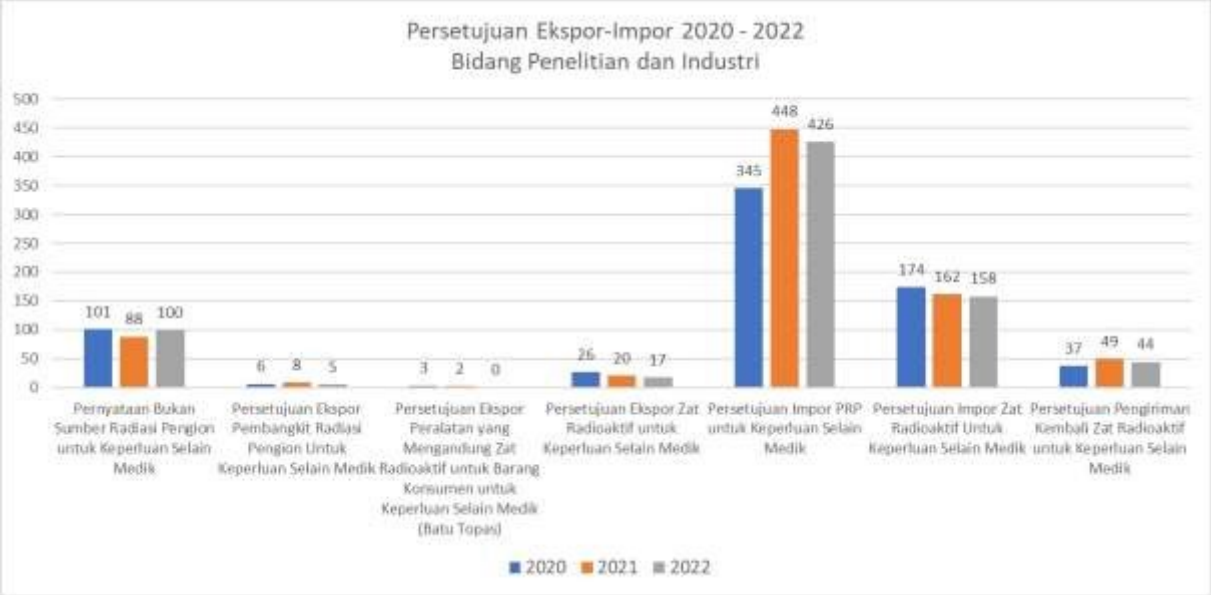
Tabel 19. Data impor zat radioaktif dan pembangkit radiasi pengion bidang kesehatan

No	Jenis SRP	Perkiraan Harga	Perkiraan Jumlah Unit yang diimpor 2022
1	Pembangkit Radiasi Pengion	C-arm : USD 62.432,01 Dental : EUR 22.334,66 Radiografi Mobile : USD 12.100,3 Radiografi Terpasang Tetap : USD 16.411,17 CT-scan : USD 396.482,80 Mammografi : USD 127.166,85	1144
2	ZRA Terbuka	Tc-99m 7,4 GBq : USD 1.550 I-131 3700 MBq : EUR 118 Lu-177 3700 MBq : USD 850 I-125 799 kBq : USD 70	265
	ZRA Terbungkus	Brakhiterapi Ir-192 : USD 7.259 Brakhiterapi Co-60 : EUR 69.000	10

Adapun nilai impor untuk pembangkit radiasi pengion, zat radioaktif terbuka, dan zat radioaktif tertutup diberikan pada Tabel 20. Berdasarkan tabel tersebut, ditunjukkan contoh harga pembangkit radiasi pengion untuk radiografis industri sebesar Rp. 226.719.463 dan pembangkit radiasi pengion untuk iradiasi sekitar Rp. 23.789.738.122, sedangkan untuk zat radioaktif tertutup berkisar pada Rp. 16.783.171,42 hingga Rp. 12.240.326.750.



Gambar 53. Jumlah persetujuan ekspor/impor zat radioaktif dan pembangkit radiasi pengion untuk penelitian dan industri tahun 2018 hingga 2022.



Gambar 54. Persetujuan ekspor dan impor tahun 2020 – 2022 untuk bidang penelitian dan industri.

Untuk bahan nuklir yang digunakan untuk memproduksi bahan bakar Reaktor Serba Guna GA Siwabessy, Indonesia mengimpor bahan nuklir dalam orde puluhan kilogram sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 21.

Tabel 20. Perkiraan harga dan jumlah unit yang diimpor untuk sumber radiasi pengion di bidang penelitian dan industri.

No	Jenis Sumber Radiasi Pengion	Perkiraan Harga Impor per unit (dalam Rp., USD, EUR)	Perkiraan Jumlah Unit yang diimpor Tahun 2022
1.	PRP Bidang Industri a. PRP untuk Gauging b. PRP untuk Well Logging c. PRP untuk Radiografi Industry d. PRP untuk Analisa Unsur e. PRP untuk Iradiasi	a. IMAL PSD400 EUR 331.500 b. Tidak ada Yxlon/YTU-160-D0 c. EUR 13.914 d. Bruker S8-Tiger EUR 147.274 e. Vanform 10 MeV USD 1.460.000	a. 30 Unit b. Tidak ada 40 Unit c. d. 100 Unit e. 2 Unit

2.	Zat Radioaktif Bidang Industri a. Zat Radioaktif Tertutup b. Zat Radioaktif Terbuka	a. Ir-192 = EUR 1.149 Se-75 = SGD 5.410 H-3 = USD 64.888 Cs-137 = USD 3.304 Co-60 = EUR 1.030 b. Co-60 for Iradiator = CAD 1.102.492 Tidak ada	a. Ir-192 = 350 Unit Se-75 = 10 Unit H-3 = 50 Unit Cs-137 = 25 Unit Co-60 = 15 Unit b. Co-60 for Iradiator = 1 Unit Tidak ada

Tabel 21. Jumlah ekspor dan impor bahan nuklir ke dan dari Indonesia

Tahun	Impor		Ekspor	
	Bahan Nuklir (kilogram)	Fission Chamber (gram)	Bahan Nuklir (kilogram)	Bahan Bakar Nuklir (gram)
2017	28,075	-	-	-
2018	28,142	-	-	-
2019	41,687	0,823+0,000118	-	-
2020	27,996	-	-	-
2021	24,387	-	-	-

Dengan jumlah pembangkit radiasi pengion dan zat radioaktif yang diimpor dengan harga yang cukup tinggi tersebut maka cukup besar pengeluaran Indonesia untuk impor. Oleh karena itu, pengaturan dalam RUUK, selain untuk memastikan keselamatan, keamanan, dan garda aman dari ekspor dan impor, juga diharapkan dapat mendukung pelaku Usaha di Indonesia untuk mampu memproduksi zat radioaktif dan pembangkit radiasi pengion baik untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri maupun untuk ekspor.

Dari sisi garda aman, RUUK juga memberikan pengaturan pengawasan barang dwiguna (*dual used item*) yaitu barang atau komponen yang dapat digunakan untuk tujuan komersial nonnuklir maupun untuk tujuan pemanfaatan di ketenaganukliran. Pengawasan ini diperlukan untuk

menghindari penyalahgunaan komponen atau barang untuk tujuan nondamai, misalnya untuk senjata pemusnah massal (*weapon for mass destruction*). Pengawasan ini dapat memiliki dampak ekonomi jika disertai penerapan konsep *strategic trade management* (STM). Apabila suatu negara telah menerapkan STM, di tingkat dunia, negara tersebut dipercaya untuk memproduksi komponen atau barang dwiguna, yang akan meningkatkan perekonomian nasional. Pengaturan mengenai barang dwiguna ini berimplikasi terhadap perlunya segera disusun daftar barang dwiguna dan kemudian dilakukan pengkodean barang dwiguna tersebut yang diselaraskan dengan HS *code*.

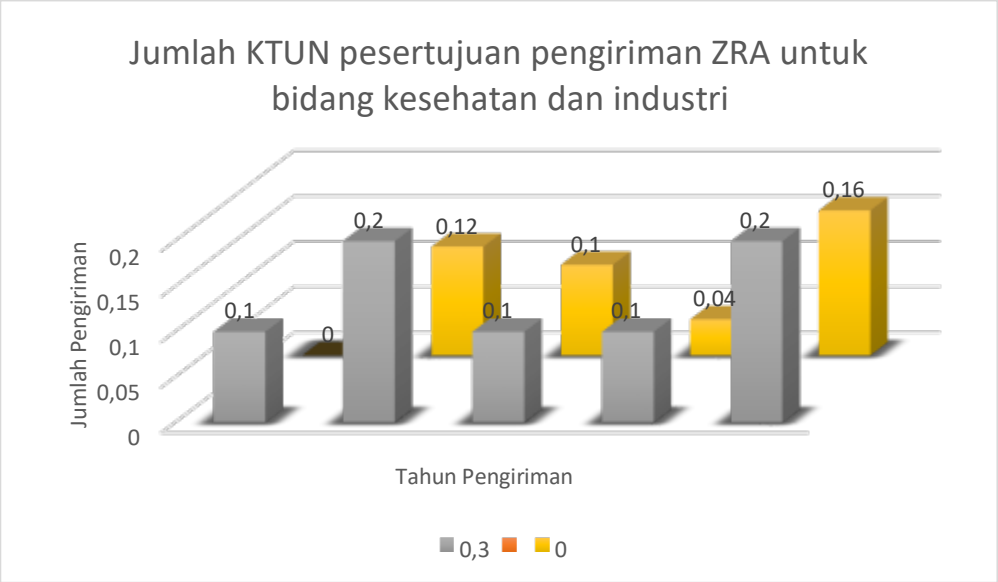
9. Pengangkutan Zat Radioaktif

Dalam UUK pengangkutan menjadi salah satu bagian dari pemanfaatan tenaga nuklir. Selanjutnya dalam peraturan pelaksana dinyatakan bahwa pengangkutan zat radioaktif adalah pemindahan zat radioaktif yang memenuhi ketentuan teknis keselamatan radiasi dan teknis keamanan, dari suatu tempat ke tempat lain melalui jaringan lalu lintas umum, dengan menggunakan sarana angkutan darat, air, atau udara. Dalam UUK belum ada pengaturan secara detil untuk pengangkutan sehingga perlu diatur lebih rinci dalam RUUK khususnya terkait persyaratan keselamatan, persyaratan keamanan, dan ketentuan untuk pengiriman yang melalui Wilayah Negara dan/atau singgah di daerah pabean Negara Kesatuan Republik Indonesia.

Untuk memenuhi persyaratan dan ketentuan tersebut tentunya diperlukan infrastruktur seperti penyedia bungkusan, jasa uji bungkusan, dan alat angkut yang memenuhi persyaratan keselamatan dan keamanan. Jumlah pengiriman zat radioaktif yang semakin meningkat dari tahun ke tahun, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 55, memberikan peluang bagi pelaku usaha untuk membuka usaha di bidang penyedia bungkusan, jasa uji bungkusan, dan alat angkut.

Untuk memastikan tingkat keselamatan bungkusan zat radioaktif yang diproduksi oleh penyedia bungkusan dan yang akan digunakan oleh

pengirim, maka setiap bungkusan yang akan diangkut wajib memiliki sertifikat uji bungkusan sebagai persyaratan persetujuan pengangkutan. Uji bungkusan hanya dilakukan terhadap prototipe bungkusan zat radioaktif untuk selanjutnya diproduksi oleh penyedia bungkusan. Saat ini fasilitas uji bungkusan di Indonesia tersedia pada laboratorium uji bungkusan milik BRIN.



Gambar 55. Jumlah KTUN pengiriman zat radioaktif untuk bidang industri dan kesehatan.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 8 Tahun 2019 tentang Jenis dan Tarif Atas Jenis Penerimaan Negara Bukan Pajak yang Berlaku pada Badan Tenaga Nuklir Nasional, dan Peraturan Menteri Keuangan Nomor 129/PMK.02/2022 tentang Perubahan Atas Peraturan Menteri Keuangan Nomor 210/PMK.02/2021 tentang Jenis dan Tarif Atas Jenis Penerimaan Negara Bukan Pajak Kebutuhan Mendesak yang Berlaku Pada BRIN, biaya jasa uji bungkusan saat ini tersedia pada BRIN adalah sebagai berikut:

a. analisis tingkat kontaminasi benda uji (bungkusan, kontainer) per item Rp. 750.000,00
b. uji bungkusan tipe A (8 jenis uji) kontainer per item Rp. 2.500.000,00
c. uji bungkusan tipe B (8 jenis uji) kontainer per item Rp. 3.300.000,00.

Berdasarkan uraian di atas, meskipun diperlukan biaya, uji bungkusan akan memberikan jaminan keselamatan terhadap pengangkutan zat radioaktif baik bagi pengirim, pengangkut, penerima, maupun masyarakat.

10. Pengelolaan Bahan Bakar Nuklir Bekas

Bahan bakar nuklir bekas dihasilkan dari pengoperasian semua jenis reaktor nuklir, termasuk riset, produksi isotop, dan PLTN. Pengaturan baru terkait pengelolaan bahan bakar nuklir bekas harus memenuhi semua aspek keselamatan, keamanan, dan garda-aman.

Dalam rencana pembangkitan PLTN waktu dekat maupun jangka panjang, ada beberapa opsi untuk pengelolaan bahan bakar bekas nuklir:

a. strategi siklus terbuka atau 'pembuangan langsung', terdiri dari dua tahap: penyimpanan sementara dan penyimpanan permanen. Dalam siklus terbuka bahan bakar bekas dianggap sebagai limbah, disimpan selama beberapa dekade (20–90 tahun) sebelum penyimpanan permanen untuk memungkinkan panas peluruhan dikurangi. Setelah periode penyimpanan sementara, bahan bakar bekas akan dienkapsulasi dalam wadah yang kuat dan tahan korosi, stabil secara mekanis, untuk memenuhi kriteria penerimaan pembuangan dan akan dibuang ke dalam penyimpanan geologi yang dalam (*Deep Geological Repositories*/DGR). Negara-negara yang telah memilih kebijakan pembuangan langsung antara lain Belgia, Kanada, Finlandia, Jerman, Hongaria, Jepang, Lituania, Slovakia, Slovenia, Korea Selatan, Spanyol, Swedia, dan Inggris Raya. Gambar 56 memberikan contoh tabung bahan bakar bekas yang akan disimpan di DGR Finlandia.

   Sebagian besar bahan bakar bekas disimpan sementara di lokasi reaktor, sebelum ke proses olah ulang (daur tertutup) atau dipindahkan ke fasilitas penyimpanan sementara lain. Terdapat dua jenis lokasi penyimpanan sementara yaitu di lokasi reaktor (*at the reactor* /AR) atau jauh dari reaktor (*away from reactor* /AFR). Dalam pengaturan RUUK penyimpanan sementara di luar tapak reaktor bisa dilakukan oleh

pihak swasta, sehingga hal ini membuka peluang usaha baru, selain yang sudah ada saat ini di Serpong.

Gambar 56. Tabung pembuangan bahan bakar bekas, Posiva, Finlandia

b. Strategi siklus tertutup (pengolahan ulang atau siklus tertutup sebagian), di mana bahan bakar bekas diproses ulang untuk mendapatkan bahan fisil yang berharga (uranium dan plutonium), yang komposisinya sekitar 96–97% bahan yang dapat didaur ulang, 94–96% di antaranya adalah uranium (kira-kira 1% dari U-235) dan 1–1,5% adalah plutonium. Dalam proses ulang bahan bakar bekas dipisahkan menjadi beberapa komponen utama yaitu uranium, plutonium dan limbah radioaktif tingkat tinggi (mengandung aktinida minor, produk fisi dan aktivasi). Uranium dan plutonium dapat didaur ulang sebagai bahan bakar nuklir untuk reaktor, sedangkan aktinida minor, produk fisi dan aktivasi saat ini dianggap sebagai produk limbah. Bahan bakar nuklir bekas mungkin melalui satu atau lebih siklus pemrosesan ulang untuk mendapatkan kembali bahan yang berharga. Saat ini, negara yang mengoperasikan fasilitas pemrosesan ulang berskala besar adalah Prancis, India, China dan Rusia.

   Selain itu, Jepang telah merencanakan dan membangun fasilitas pemrosesan ulangnya sendiri selama dua dekade di Rokkasho, tetapi

masih belum beroperasi.[123] Negara-negara yang mengekspor bahan bakar nuklir bekasnya adalah Belgia (ekspor ke Prancis), Bulgaria (ekspor ke Rusia), Italia (ekspor ke Prancis), Belanda (ekspor ke Prancis), dan Ukraina (ekspor ke Rusia).

c. Mengikuti kebijakan “tunggu dan lihat”; ini berarti menyimpan bahan bakar nuklir bekas dalam penyimpanan sementara basah atau kering dan menunggu waktu yang tepat untuk membuat keputusan akhir. Kebijakan ini dipraktikkan oleh Argentina, Armenia, Brasil, Korea Selatan, Afrika Selatan, Amerika Serikat, dan semua negara yang telah memilih opsi pembuangan langsung (karena saat ini tidak ada lokasi pembuangan yang beroperasi).

Gambar 57. Penyimpanan AFR basah bahan bakar bekas di Central Interim Storage Facility for Spent Nuclear Fuel (CLAB), Swedia

[123] https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Rokkasho-reprocessingplant-completion-delayed-aga

Gambar 58. Ruang penyimpanan kering di Zwilag Zwischenlager Wurenlingen.¨

Kebijaksaan Pemerintah Indonesia yang sampai saat ini adalah menganut siklus bahan bakar nuklir secara terbuka, artinya, bahan bakar bekas yang keluar dari reaktor nuklir setelah digunakan akan dikembalikan ke negara asal bahan bakar (repatriasi) atau di simpan sementara sambil menunggu proses penyimpanan permanen. Pertimbangan dalam pemilihan opsi pengelolaan bahan bakar bekas dapat ditentukan berdasarkan asal bahan bakar yang digunakan. Jika bahan bakar yang digunakan berasal dari negara lain (diimpor) maka perlu dipastikan bahwa bahan bakar nuklir bekas yang dihasilkan dapat dikirim kembali ke negara asal. Sedangkan untuk bahan bakar yang dihasilkan (difabrikasi) oleh fasilitas yang dimiliki oleh badan pelaksana/swasta, maka badan pelaksana/swasta perlu menyiapkan instalasi penyimpanan sesuai ketentuan yang berlaku.

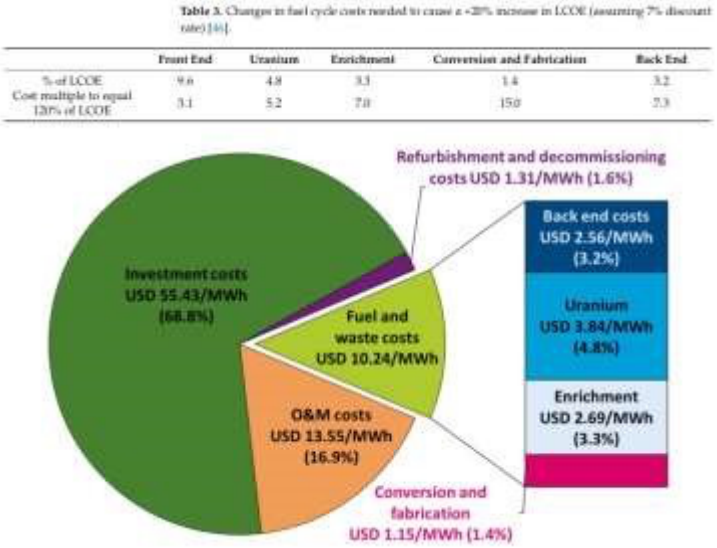
Pada tahun 1999 repatriasi bahan bakar nuklir bekas pertama ke AS, yang mencakup 47 elemen bahan bakar nuklir bekas dari reaktor riset Serpong. Tahun 2004, 111 elemen bahan bakar nuklir bekas dari reaktor riset Bandung, 71 elemen dari reaktor riset Yogyakarta, dan 111 elemen dari reaktor riset Serpong dikirim ke AS. Pada tahun 2009, 42 elemen bahan bakar nuklir bekas dari reaktor riset di Serpong dikirim ke Savannah River Site (SRS) di AS. Namun Sejak tahun 2001, sebagian besar uranium di reaktor Serpong diperoleh dari Perancis dan Rusia, yang tidak memiliki perjanjian kontrak

untuk repatriasi bahan bakar nuklir bekas. Di Serpong terdapat fasilitas Kanal Hubung – Instalasi Penyimpanan Bahan Bakar Nuklir Bekas (KHIPSB3) yang dirancang untuk menampung bahan bakar nuklir bekas yang timbul dari 25 tahun operasi reaktor pada daya maksimum dengan kapasitas penyimpanan adalah 1.448 elemen nuklir bekas, termasuk batang kendali elemen bekas. Sejak pertama kali reaktor RSG-GAS beroperasi, pada tahun 1987 hingga tahun 2020, jumlah elemen bakar nuklir bekas yang disimpan di kolam KHIPSB3 hanya 287, termasuk 244 elemen bahan bakar nuklir bekas dan 43 elemen batang kendali, dan dengan reaktor RSG-GAS yang belum beroperasi dengan daya maksimal, maka KHIPSB3 dapat digunakan selama 80 tahun operasi.

Pengaturan baru dalam RUUK yang menguntungkan negara adalah membuka opsi pengolahan ulang bahan bakar nuklir bekas sehingga dapat dimanfaatkan dengan mengambil uranium dan plutoniumnya. Manfaat lain dari pengolahan ulang selain memperpanjang umur uranium yang tersedia, dipandang sebagai penggunaan energi yang sangat efisien dan meningkatkan keamanan pasokan energi karena 1 gram plutonium daur ulang dapat menghasilkan jumlah listrik yang sama dengan satu ton minyak. Bagi negara yang khawatir dengan banyaknya bahan bakar bekas yang dihasilkan oleh reaktor nuklir, pengolahan ulang juga merupakan cara yang efektif untuk mengurangi jumlah limbah yang harus dibuang secara signifikan, yaitu setelah diproses ulang, hanya sekitar 3% (tiga persen) dari jumlah awal bahan nuklir yang tidak dapat digunakan menjadi limbah tingkat tinggi, serta mengurangi durasi limbah tetap radioaktif dan perlu di simpan dalam jangka waktu jutaan tahun. [124] Dalam opsi pengolahan ulang juga akan meningkatkan pengawasan dari IAEA. Dalam Laporan Nasional ke-6 *under the Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management*, Perancis dalam kaitannya dengan kebijakan nasional daur ulang bahan bakar bekas menyatakan bahwa

[124] https://www.yuccamountain.org/int2.htm

uranium alami yang dibutuhkan untuk mengoperasikan reaktor 17% lebih sedikit daripada tanpa daur ulang.[125]



Gambar 59. Kontribusi biaya pengelolaan limbah radioaktif dan bahan bakar bekas pada LCoE PLTN.

Dalam kaitannya dengan pembiayaan bahan bakar nuklir bekas dan limbah radioaktif dalam pengoperasian PLTN, biaya modal reaktor nuklir mendominasi LCoE PLTN, sedangkan biaya siklus bahan bakar *back-end* (bahan bakar bekas sebagai limbah dan langsung disimpan lestari, atau mendaur ulang) biasanya diperkirakan kurang dari 5% hingga maksimum 20%, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 59. Pilihan siklus bahan bakar terbuka atau tertutup tidak mempengaruhi keekonomian secara signifikan. Meskipun demikian, siklus tertutup diasumsikan membutuhkan biaya yang diterapkan bersamaan dengan pembangkit listrik, membutuhkan investasi modal jangka pendek yang substansial di pabrik daur ulang, sedangkan penyimpanan lestari secara langsung menawarkan periode penyimpanan sementara yang relatif murah sebelum biaya penyimpanan lestari dikeluarkan.

Sementara itu, meskipun dampak dari pilihan *back-end* pada LCoE tidak signifikan, terdapat konsensus umum bahwa pemrosesan ulang jangka pendek dan daur ulang bahan bakar nuklir bekas menyebabkan biaya

[125] France's Efficiency in the Nuclear Fuel Cycle: What Can 'Oui' Learn? | IAEA

pengoperasian yang lebih tinggi bagi operator reaktor. Hal ini dapat mempengaruhi profitabilitas PLTN. Di sisi lain, ada manfaat sosial-ekonomi yang bertambah terkait dengan penciptaan lapangan kerja terampil dan peningkatan pendapatan.[126]

11. Pengelolaan Limbah Radioaktif

Pengelolaan limbah radioaktif telah diatur sebelumnya dalam UUK dan Peraturan Pemerintah Nomor 61 Tahun 2013. Dalam Undang-Undang dan Peraturan Pemerintah tersebut dinyatakan bahwa pengelolaan limbah radioaktif dilaksanakan oleh penghasil limbah radioaktif dan BATAN selaku badan pelaksana. Penghasil limbah radioaktif hanya diperbolehkan melakukan pengumpulan dan pengelompokan, untuk selanjutnya dikirim ke BATAN. Sedangkan pengolahan dan penyimpanan limbah radioaktif dilakukan oleh BATAN. Oleh karena itu hingga saat ini institusi yang melakukan pengolahan dan penyimpanan limbah radioaktif adalah BATAN (saat ini menjadi BRIN).

Dengan memberikan peluang bagi pelaku usaha untuk melaksanakan kegiatan yang sebelumnya menjadi kewenangan badan pelaksana, akan lebih mendorong perkembangan industri nuklir di Indonesia dan diharapkan dapat memberikan keuntungan bagi pihak swasta maupun pemerintah. Apabila pengelolaan limbah radioaktif sebagian dilakukan oleh pihak swasta, maka dapat mengurangi beban anggaran pengelolaan limbah radioaktif yang mana saat ini PNBP yang dipungut dari penghasil limbah hanya cukup untuk biaya sampai pengolahan. Sebagai informasi pendapatan penerimaan PNBP BRIN di tahun 2022 untuk pengelolaan limbah radioaktif adalah sebesar Rp. 1.535.000.000 untuk limbah industri, kesehatan, dan lain-lain, dengan rincian sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 22.

[126] Robin Taylor1, William Bodel, and Gregg Butler - A Review of Environmental and Economic Implications ofClosing the Nuclear Fuel Cycle—Part Two: Economic Impacts, 2022

Penerimaan ini tidak akan mencukupi untuk penyimpanan akhir atau penyimpanan lestari limbah radioaktif. Selain itu, fasilitas penyimpanan dan pengolahan limbah radioaktif yang dimiliki oleh BRIN saat ini diperkirakan hanya mampu menampung limbah hingga tahun 2027 dengan asumsi tanpa tambahan limbah dari kejadian yang tidak diperkirakan. Kecilnya biaya yang dipungut oleh BRIN didasarkan pada pertimbangan agar pihak penghasil menyerahkan limbah ke badan pelaksana, yang pada akhirnya akan mencegah dampak buruk ke lingkungan hidup akibat limbah radioaktif yang tidak dikelola dengan baik.

Tabel 22. Penerimaan PNBP dari penerimaan limbah radioaktif[127]

Penerimaan PNBP BRIN dari Pengelolaan Limbah Radioaktif		
PNBP Rupiah Murni		1.535.000.000,-
	Penerimaan Limbah	1.390.000.000,-
	Penitipan	55.000.000,-
	Reuse	90.000.000,-

Mekanisme pembiayaan penerimaan limbah di BRIN diatur melalui PNBP BRIN untuk penerimaan limbah radioaktif dengan tarif sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 23. Penerimaan PNBP tersebut pada dasarnya tidak mampu membiayai pengelolaan limbah hingga tahap akhir (penyimpanan akhir). Sehingga hal tersebut memberikan beban biaya kepada Pemerintah untuk penyimpanan akhir. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan keselamatan pekerja, masyarakat, dan lingkungan hidup, mengingat apabila limbah radioaktif ini tidak ditangani dengan baik maka akan memberikan risiko bagi masyarakat dan lingkungan hidup.

Tabel 23. Tarif PNBP jasa pengelolaan limbah radioaktif di BATAN.[128]

JASA PENGOLAHAN LIMBAH RADIOAKTIF	SATUAN	TARIF (RUPIAH)

[127] Bahan presentasi DPFK BRIN pada rapat RIA RUUK tanggal 7 Januari 2023 di BAPETEN.

[128] Lampiran Peraturan Pemerintah No. 8 Tahun 2019 tentang Jenis dan Tarif Atas Jenis Penerimaan Negara Bukan Pajak yang Berlaku Pada Badan Tenaga Nuklir Nasional

A. Limbah cair aktivitas rendah dan sedang pemancar β dan γ	Per liter	5.000,-
B. Limbah semi cair (resin) aktivitas rendah dan sedang pemancar β dan γ	Per liter	75.000,-
C. Limbah padat aktivitas rendah dan sedang pemancar β dan γ		
1. Terbakar	Per 100 liter	2.500.000,-
2. Terkompaksi	Per 100 liter	1.750.000,-
3. Terbakar dan Terkompaksi	Per 100 liter	1.750.000,-
D. Limbah cair aktivitas rendah pemancar α	Per liter	20.000,-
E. Limbah padat aktivitas rendah pemancar α	Per 100 liter	1.750.000,-
F. Limbah aktivitas > 6 Ci	per drum 60 liter	9.000.000,-
G. Sumber Radioaktif Bekas		
1. Detektor Asap	per buah	450.000,-
2. Penangkal Petir	per buah	830.000,-
3. Sumber Bekas Ir-192 dengan waktu paro T½ ≤ 150 hari	per buah	1.000.000,-
4. Sumber Bekas A ≤ 0,1 Ci dengan waktu paro T½ ≥ 150 hari	per buah	3.000.000,-
5. Sumber Bekas 0,1 Ci < A ≤ 1 Ci dengan waktu paro T½≥ 150 hari	per buah	4.500.000,-
6. Sumber Bekas 1 Ci < A ≤ 6 Ci dengan waktu paro T½≥ 150 hari	per buah	5.500.000,-
7. Sumber Bekas 6 Ci < A ≤ 1000 Ci dengan waktu paro T½≥ 150 hari	per buah	6.750.000,-
8. Sumber Bekas 1000 Ci < A ≤ 2000 Ci dengan waktu paro T½ ≥ 150 hari	per buah	8.000.000,-
9. Sumber Bekas 2000 Ci < A ≤ 3000 Ci dengan waktu paro T½ ≥ 150 hari	per buah	8.500.000,-
10. Sumber Bekas 3000 Ci < A ≤ 4000 Ci dengan waktu paro T½ ≥ 150 hari	per buah	8.900.000,-
11. Sumber Bekas 4000 Ci < A ≤ 5000 Ci dengan waktu paro T½≥ 150 hari	per buah	10.000.000,-
12. Sumber Bekas 5000 Ci < A ≤ 6000 Ci dengan waktu paro T½≥ 150 hari	per buah	11.100.000,-

13. Sumber Bekas A > 6000 Ci dengan waktu paro T½ ≥ 150 hari	per buah	12.000.000,-
H. Limbah Bahan Nuklir Spesifik	per liter	42.000,-

Terkait hal tersebut maka pengelolaan limbah radioaktif yang sebelumnya hanya dapat dilakukan oleh badan pelaksana kini juga dapat dilakukan oleh Pelaku Usaha dengan mengintroduksi konsep pengelola limbah radioaktif.

Berdasarkan data yang diperoleh dari BRIN untuk tahun 2022 dan proyeksi limbah hingga tahun 2027, penambahan limbah untuk setiap tahun dapat diperkirakan seperti pada Gambar 60 berikut. Perhitungan limbah tersebut belum memperkirakan limbah dari industri, sehingga kemungkinan jumlah limbah yang diperkirakan akan lebih besar.

Gambar 60. Proyeksi penerimaan limbah radioaktif DPFK BRIN[129]

Negara-negara di dunia menerapkan filosofi pengumpulan jaminan finansial untuk meng-*cover* biaya dekomisioning, bahan bakar bekas, dan penyimpanan akhir limbah radioaktif. Sebagai contoh Perancis menetapkan biaya dekomisioning dan penyimpanan akhir limbah radioaktif sebesar 1,4 EUR/MWh. Swedia menetapkan biaya sebesar 2,2 sampai dengan 2,7 EUR/MWh untuk dekomisioning, penyimpanan bahan bakar bekas, limbah tingkat sedang, dan limbah tingkat rendah. Sedangkan di Swiss biaya ditetapkan dalam 2 kelompok yaitu biaya dekomisioning termasuk limbah sedang dan rendah dari dekomisioning sebesar 1.6 EUR/MWh), dan penyimpanan bahan bakar bekas dan limbah tingkat sedang dan rendah dari tahap operasi sebesar 6.4 EUR/MWh. Nilai-nilai ini sebanding dengan yang ditetapkan di Amerika Serikat yakni 1 USD/MWh (DOE, 2013). Berdasarkan nilai-nilai tersebut, pengelolaan limbah radioaktif memberikan potensi ekonomi bagi pengelola limbah radioaktif baik Pemerintah maupun swasta.

12. Keamanan Nuklir

Tenaga nuklir di Indonesia sudah dimanfaatkan secara luas baik oleh pemerintah maupun swasta dalam bidang kesehatan, penelitian, dan industri. Pemanfaatan zat radioaktif di bidang kesehatan digunakan untuk radioterapi, kedokteran nuklir dan radiologi diagnostik dan intervensional. Pemanfaatan zat radioaktif di bidang industri di antaranya digunakan untuk radiografi, *logging* dan *gauging*. Pemanfaatan zat radioaktif di bidang penelitian di antaranya digunakan untuk perunut, pertanian, peternakan, dan produksi radioisotop. Sedangkan bahan nuklir digunakan dalam pengoperasian instalasi nuklir. Semua kegiatan tersebut mempunyai potensi disalahgunakan oleh pelaku kejahatan. Zat radioaktif dapat disalahgunakan untuk membuat senjata radiologi. Sedangkan bahan nuklir dapat disalahgunakan untuk membuat senjata nuklir. Senjata radiologi dan senjata

[129] Bahan presentasi DPFK BRIN pada rapat RIA RUUK tanggal 7 Januari 2023 di BAPETEN.

nuklir dapat digunakan dengan target fasilitas umum, obyek vital, penyelenggaraan kegiatan yang bersifat massal dan sebagainya. Di samping itu, pelaku kejahatan dapat melakukan sabotase terhadap fasilitas nuklir, instalasi nuklir, fasilitas radiasi, atau pengangkutan zat radioaktif dengan memanfaatkan informasi keamanan nuklir.

Kondisi geografis Indonesia yang sangat luas dan terdiri dari ribuan pulau dapat menjadi akses yang sangat mudah terhadap keluar-masuknya zat radioaktif dan bahan nuklir secara ilegal untuk disalahgunakan oleh pihak-pihak yang tidak bertanggung jawab yang dapat menimbulkan ancaman terhadap keamanan. Di samping itu, di Indonesia ditengarai adanya jaringan teroris yang memiliki hubungan dengan jaringan teroris internasional yang diduga terlibat pada beberapa kejadian pengeboman di wilayah Indonesia, sehingga menimbulkan kekhawatiran di mana zat radioaktif, bahan nuklir, bahan terkait nuklir, instalasi nuklir dan fasilitas radiasi disalahgunakan atau disabotase oleh teroris.

Dalam rangka mengantisipasi dampak kejahatan terhadap keamanan nuklir dan memberikan kepastian hukum bagi terwujudnya keamanan nuklir, diperlukan pengaturan mengenai keamanan nuklir. Keamanan nuklir bertujuan untuk mencegah pemanfaatan tenaga nuklir untuk tujuan non damai; mencegah, mendeteksi, dan merespons kejahatan terhadap keamanan nuklir; mengurangi risiko dan memitigasi dampak radiologi terhadap masyarakat dan lingkungan hidup dalam hal terjadi kejahatan terhadap keamanan nuklir; dan memberikan jaminan hukum dan memperkuat penguasaan teknologi serta penggunaan bahan nuklir dan zat radioaktif untuk tujuan damai.

Negara harus menangani secara tepat segala tindakan yang berdampak buruk pada keamanan nuklir. Salah satu cara yaitu dengan menetapkan sistem keamanan nuklir nasional. Sistem ini ditujukan untuk mencegah, mendeteksi, dan merespons kejahatan terhadap keamanan nuklir; mengurangi risiko dan memitigasi dampak radiologi terhadap masyarakat dan lingkungan hidup dalam hal terjadi kejahatan terhadap keamanan nuklir;

serta menemukan dan mengembalikan bahan nuklir dan zat radioaktif yang hilang.

Sistem keamanan nuklir nasional dilakukan melalui pengamanan berlapis yang meliputi upaya pencegahan, deteksi, dan respons terhadap kejahatan atau tindakan yang sengaja dilakukan dengan melibatkan bahan nuklir atau zat radioaktif atau sabotase terhadap instalasi nuklir, fasilitas radiasi, atau pengangkutan zat radioaktif. Upaya untuk mewujudkan keamanan nuklir dilakukan oleh masing-masing lembaga/badan ataupun instansi yang berwenang dengan cara kerja sama dan koordinasi sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Lembaga/kementerian/badan/instansi terkait upaya keamanan nuklir antara lain POLRI, kementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang pertahanan; TNI; kementerian/lembaga pemerintah nonkementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang keamanan laut; kementerian/lembaga pemerintah nonkementerian yang menyelenggarakan pemerintahan di bidang intelijen; kementerian/lembaga pemerintah nonkementerian yang menyelenggarakan pemerintahan di bidang penanggulangan terorisme; dan Badan Pengawas Tenaga Nuklir. Tugas, fungsi, dan kewenangan masing-masing lembaga/instansi tersebut telah diatur dalam undang-undang terkait. Namun demikian, guna memperlancar koordinasi dan mekanisme pelaksanaan sistem keamanan nuklir nasional diperlukan pengaturan mengenai peran dan kewenangan masing-masing lembaga/instansi dalam RUUK.

Negara harus menetapkan jalur koordinasi dan mekanisme yang jelas untuk memastikan masing-masing instansi yang berwenang mempunyai peran dan tanggung jawab secara jelas. Secara khusus, perlu ditetapkan strategi deteksi nasional, rencana respons, prosedur, dan tersedianya infrastruktur untuk kegiatan masing-masing, serta pelatihan di tingkat nasional.

Dengan terbentuknya sistem keamanan nuklir nasional yang efektif diharapkan keamanan nasional terwujud. Keamanan nuklir mendorong

tingkat kepercayaan terhadap pemanfaatan tenaga nuklir sehingga membuka peluang investasi yang lebih luas. Dengan demikian pemanfaatan tenaga nuklir dapat berdampak langsung bagi penguatan ekonomi di Indonesia. Keamanan nuklir meliputi keamanan nuklir terhadap bahan nuklir/zat radioaktif di bawah kendali pengawasan termasuk proteksi fisik fasilitas nuklir/radiasi, dan keamanan nuklir terhadap bahan nuklir/zat radioaktif di luar kendali pengawasan (*Material out of Regulatory Control*/MORC).

Untuk keamanan nuklir di bawah kendali pengawasan terdapat perjanjian internasional berupa Konvensi Proteksi Fisik Bahan Nuklir (*Convention on the Physical Protection of Nuclear Material* (CPPNM) dan perubahannya yaitu *Amendment to the Convention on the Physical Protection of Nuclear Material* (*Amendment to the CPPNM*) yang memberikan kewajiban hukum bagi negara-negara pihak terkait dengan proteksi fisik bahan nuklir untuk keperluan damai selama penyimpanan dan pengangkutan internasional, mengkriminalisasi pelanggaran tertentu terkait penggunaan dan pemilikan tidak sah bahan nuklir seperti pencurian dan perampokan bahan nuklir, dan kerja sama internasional. Konvensi tersebut beserta perubahannya telah diratifikasi oleh Indonesia.

Pengaturan terkait keamanan nuklir di luar kendali pengawasan (MORC) masih sangat kurang. Beberapa regulasi nuklir memuat ketentuan tentang keamanan nuklir, namun tidak secara komprehensif. Hal ini mengisyaratkan bahwa sistem dan upaya keamanan nuklir di luar kendali pengawasan di Indonesia masih perlu diperkuat dan dilengkapi dengan landasan hukum yang memadai.

Penguatan sistem dan upaya keamanan nuklir di luar kendali pengawasan diperlukan untuk mengantisipasi dan menanggulangi maraknya kejadian terorisme, yang sebagian sudah menggunakan bahan radioaktif. Ditemukannya zat radioaktif di atas atap gedung kantor Perdana Menteri Jepang, Shinzo Abe pada tanggal 22 April 2015 dan ditangkapnya kelompok teroris yang sedang mencoba memisahkan kandungan zat radioaktif (thorium) pada kaos lampu di Bandung pada bulan Agustus 2017 merupakan contoh

dari berbagai kasus kejadian terorisme menggunakan bahan radioaktif. Hal itu menunjukkan bahwa ancaman terorisme menggunakan bahan radioaktif adalah nyata. Oleh karena itu, setiap bahan nuklir dan zat radioaktif lainnya harus diamankan dan harus selalu berada dalam kendali pengawasan, agar tidak timbul bahan radioaktif di luar kendali pengawasan (MORC) yang berpotensi disalahgunakan untuk tujuan terorisme.

Selanjutnya, belajar dari kasus yang terjadi pada PT Cahaya Fajar Mitratama (PT CFM) yang pada akhirnya menanggung kerugian akibat barang terkontaminasi zat radioaktif maka untuk perusahaan terkait perlu memiliki detektor radiasi. Terkait barang terkontaminasi zat radioaktif, masing-masing negara mempunyai penanganan sendiri-sendiri, misalnya yang terjadi di Bulgaria. Di Bulgaria setidaknya ada 3 (tiga) kasus yang telah dilaporkan antara lain:

- ekspor logam daur ulang yang terkontaminasi Co-60 dari Bulgaria ke Amerika Serikat pada tahun 1994, dengan aktivitas total 3,7 GBq, diperkirakan berasal dari sumber radioaktif yang terlebur pada peleburan logam;
- impor sumber radioaktif ilegal yang ditemukan besama dengan scrap logam ke Bulgaria dari Rumania pada tahun 2002; dan
- ekspor 400 ton abu dari peleburan logam yang terkontaminasi ^{137}Cs dengan aktivitas sekitar 110 MBq dari Bulgaria ke China, yang mengakibatkan 400 ton abu tersebut dikembalikan ke Bulgaria dan disimpan di tempat khusus.

Sesuai dengan kebijakan di Bulgaria, semua biaya penanganan *scrap metal* terkontaminasi ditangggung oleh pemerintah.

Kebijakan terkait pengembangan infrastruktur keamanan nuklir di Indonesia di antaranya dilakukan melalui pengembangan arsitektur berupa pengembangan, pemasangan, dan perawatan RPM. Kebijakan ini merupakan kebijakan yang langsung berhubungan dengan keamanan bahan nuklir/zat radioaktif di luar kendali pengawasan (MORC). Tujuannya untuk mendorong upaya deteksi terhadap:

a. perpindahan bahan nuklir dan bahan radioaktif masuk ke atau keluar dari wilayah negara Indonesia; dan
b. indikasi kejahatan terhadap keamanan nuklir di wilayah perairan dan daratan Indonesia, serta wilayah yurisdiksi.

RPM sangat diperlukan untuk dipasang di pintu keluar dan masuk perbatasan, Pelabuhan laut, bandar udara, objek vital, dan fasilitas nuklir. Saat ini, sejumlah RPM telah dipasang di beberapa Pelabuhan di Indonesia, antara lain Pelabuhan Tanjung Priok, Pelabuhan Tanjung Perak, Pelabuhan Belawan, Pelabuhan Soekarno-Hatta, Pelabuhan Batu Ampar, Pelabuhan Bitung, dan Pelabuhan Tanjung Emas. Berdasarkan kebutuhan, pemasangan RPM saat ini masih jauh dari mencukupi karena jumlah Pelabuhan di Indonesia mencapai 172 pelabuhan.

Pengadaan RPM membutuhkan dana yang cukup besar. Harga impor 1 unit RPM berkisar Rp 10.000.000.000 (sepuluh miliar rupiah). Untuk menekan harga tersebut pada tahun 2019 bersama-sama dengan PT LEN, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Universitas Gadjah Mada (UGM), BATAN (saat ini menjadi BRIN) dan Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) membuat konsorsium pengembangan RPM dengan pendanaan dari Program Pengembangan Teknologi Industri (PPTI) Kementerian Riset dan Teknologi (saat ini menjadi BRIN) melakukan pengembangan perekayasaan RPM dan telah menghasilkan prototipe RPM yang diberi nama RPM-PPTI. Berdasarkan perhitungan, RPM dapat diproduksi di Indonesia dengan biaya yang jauh lebih rendah (sekitar 1 miliar sampai dengan 2 miliar rupiah).

13. Garda-Aman

Bahan nuklir disamping bermanfaat untuk tujuan damai juga merupakan bahan baku untuk pembuatan senjata nuklir. Sejarah mencatat bahwa 2 buah bom atom, yang masing masing terbuat dari bahan baku U235 dan Pu-239, pernah dijatuhkan di kota Hiroshima dan Nagasaki, Jepang, yang mengakibatkan kerugian yang sangat besar. Untuk menghindari hal tersebut diperlukan suatu upaya pencegahan (*safeguards*) agar bahan

tersebut jangan sampai dibuat menjadi senjata nuklir dan juga upaya perlindungan (proteksi fisik) untuk menghindari agar bahan nuklir tidak jatuh ke tangan orang yang tidak bertanggung jawab dan mampu secara teknis membuat senjata nuklir.

Salah satu tantangan yang dihadapi masyarakat internasional adalah bagaimana memperkuat sistem pengawasan internasional untuk verifikasi bahan nuklir dalam rangka meningkatkan kemungkinan terdeteksinya program senjata nuklir secara rahasia yang melanggar kewajiban internasional. Dengan penerapan *safeguards* (garda-aman) yang kuat masyarakat internasional harus mampu memberi jaminan tidak hanya bahan nuklir yang dideklarasikan tetapi juga bahan nuklir dan kegiatan yang tidak terdeklarasi pun terjamin tidak digunakan untuk tujuan pembuatan senjata nuklir.

Safeguards (garda-aman) adalah suatu sistem atau kegiatan verifikasi pemenuhan kewajiban suatu negara atas komitmennya dalam perjanjian rezim *Non-Proliferation Treaty* (NPT) yang telah disepakati dalam rangka untuk mencegah penyimpangan penggunaan tenaga nuklir dari tujuan damai menjadi tujuan pembuatan senjata nuklir atau alat ledak nuklir lain.

Kewajiban negara peserta NPT adalah antara lain harus menyetujui :

- Artikel III.1 - memasukkan semua bahan sumber atau bahan dapat belah khusus di bawah pengawasan *safeguards* IAEA.
- Artikel III.2- tidak memberikan/menyediakan :
  - bahan sumber atau bahan dapat belah khusus, atau
  - peralatan atau bahan yang secara khusus didesain atau disiapkan untuk memproses, menggunakan atau memproduksi bahan dapat belah khusus, kepada *Non-Nuclear Weapon State* (NNWS) lainnya, kecuali bahan sumber atau bahan dapat belah khusus tersebut dimasukkan di bawah pengawasan *safeguards* IAEA.
- Artikel III.4 - menandatangani persetujuan *safeguards* dengan IAEA. Dalam hubungannya dengan NPT, IAEA sebagai badan yang berwenang mengawasi bahan nuklir secara internasional harus dapat menjamin

bahwa bahan nuklir tujuan damai tidak disalahgunakan untuk tujuan pembuatan senjata nuklir.

Manfaat ratifikasi NPT untuk kepentingan keamanan nasional Indonesia sebagai negara pihak:

- dengan adanya kejadian - kejadian yang baru (seperti : bom di Bali dan hotel JW Marriot), meningkatkan keamanan dan keselamatan bahan nuklir secara nasional dan internasional; dan
- meningkatkan pengawasan ekspor dan membantu mencegah dan memberantas *illicit trafficking*.

Manfaat ratifikasi NPT untuk kepentingan keamanan global semua negara pihak adalah:

- membantu mencegah pelanggaran nonproliferasi oleh negara anggota peserta perjanjian *safeguards* yang komprehensif;
- memberikan kontribusi untuk membentuk norma internasional tentang nonproliferasi;
- menciptakan momentum, mendorong negara anggota yang memiliki kegiatan nuklir besar untuk menandatangani protokol tambahan dengan baik; dan
- memberikan kontribusi secara transparan yang akan menimbulkan rasa kepercayaan.

Dengan menerapkan *safeguards* (garda-aman) yang memberikan batasan-batasan tertentu kepada Indonesia dalam pemanfaatan tenaga nuklir, menunjukkan bahwa kita terbuka untuk diaudit secara internasional. Penerapan *safeguards* (garda-aman) ini akan meningkatkan kepercayaan internasional terhadap Indonesia dalam hal pemanfaatan tenaga nuklir untuk tujuan damai. Dengan demikian akan memudahkan Indonesia dalam melakukan kerja sama dan membuat perjanjian dengan negara lain terkait instalasi dan bahan nuklir. Kerja sama antarnegara terkait bahan nuklir dapat dilakukan dalam bentuk ekspor dan impor teknologi, fasilitas nuklir, dan bahan nuklir.

Terkait kapal selam nuklir AUKUS, Kementerian Luar Negeri sedang memperbaiki hal-hal yang dianggap sebagai celah hukum di NPT dengan melibatkan Kementerian Kelautan dan Perikanan, BAKAMLA, dan BAPETEN. Ratifikasi terhadap NPT juga memiliki peran terhadap rencana Indonesia untuk meratifikasi Traktat Pelarangan Senjata Nuklir (TPNW) yang sedang diproses oleh Kementerian Luar Negeri. Pasal 5 TPNW berisikan kewajiban bagi Negara Pihak TPNW untuk mengadopsi langkah hukum, administrasi, dan upaya lain dalam wilayahnya untuk mencegah dan menekan aktivitas yang dilarang di dalam Traktat. Dengan telah diratifikasinya NPT dan telah dimilikinya aturan pelaksana dari NPT maka Indonesia telah memenuhi kewajiban dari Pasal 5 TPNW tersebut.

Pengawasan terhadap tenaga nuklir tidak hanya difokuskan kepada bahan nuklir saja, tetapi juga perlu mencakup teknologi nuklir secara luas, dimulai dari penelitian tentang teknologi nuklir sampai dengan seluruh fasilitas daur bahan nuklir, termasuk peralatan-peralatan yang digunakan. Hal ini menyangkut adanya peralatan yang bersifat *dual used*.

Teknologi nuklir *dual used* mengacu pada kemungkinan penggunaan teknologi tenaga nuklir sipil oleh militer. Banyak teknologi dan bahan yang terkait dengan pembuatan program tenaga nuklir memiliki kemampuan *dual used*, di mana beberapa tahap siklus bahan bakar nuklir memungkinkan pengalihan bahan nuklir untuk senjata nuklir. Ketika ini terjadi, program tenaga nuklir dapat mengarah menuju pembuatan bom atom. Aktivitas nuklir Iran merupakan salah satu contohnya.

Dual used dalam kaitannya dengan garda-aman, dapat diterapkan melalui *strategic trade management*. Dengan *strategic trade management* maka Indonesia akan dipercaya untuk memproduksi komponen-komponen yang termasuk dalam *dual used*.

14. Kesiapsiagaan dan Penanggulangan Kedaruratan Bencana Nuklir

Telah diuraikan pada bab-bab di atas berbagai manfaat dari tenaga nuklir. Namun selain nuklir bermanfaat, apabila tidak dikelola dengan baik,

nuklir juga memiliki risiko lepasan radioaktif ke lingkungan hidup yang menyebabkan bencana nuklir seperti yang telah terjadi di Three Mile Island (TMI) di Amerika Serikat tahun 1979, Chernobyl di Ukraina tahun 1986, Goiania di Brazil pada tahun 1987, dan Fukushima di Jepang pada tahun 2011.

Bencana Three Mile Island pada tanggal 28 Maret 1979 terjadi akibat kegagalan teknologi dari kesalahan personel, yang mana menurut Wellock & Thomas (2008), disebabkan oleh NRC tidak melakukan komunikasi efektif terkait dengan prasarananya. Di pihak lain, jalur otoritas tidak diputuskan dengan baik, akibat kekurangan pada desain dan kegagalan komponen. Sebagai dampaknya sekitar 2 (dua) juta orang di sekitar TMI selama kecelakaan terpapar dosis radiasi rata-rata sekitar 1 millirem.

Bencana Three Mile Island merupakan bencana nuklir peringkat 5 (lima) dalam skala INES (*International Nuclear and Radiological Event Scale*) terjadi pada tanggal 28 Maret 1979, bermula dari sebuah kegagalan fungsional pompa utama sistem pendingin sekunder yang menyebabkan suhu dan tekanan reaktor meningkat, katup pelepasan kendali jarak jauh di atas bejana tekan terbuka terus karena macet sehingga air sistem pendingin primer terus mengalir melalui katup menyebabkan *Loss Of Coolant Accident* (LOCA), namun hal tersebut tidak segera disadari oleh operator reaktor. Operator tidak mendeteksi terjadinya kecelakaan LOCA dan hanya menyimpulkan bahwa teras reaktor mendapatkan cukup air pendingin dari level air di bejana tekan (*pressurizer*). Dari kejadian tersebut, apabila operator mengikuti standar operasi sesuai di pelatihan maka mengetahui tekanan makin rendah dan level air di bejana tekan semakin tinggi, maka operator segera mematikan pompa pendingin primer untuk mencegah kerusakan vibrasi serta mematikan pompa pendingin darurat untuk mencegah bejana tekan terlalu penuh dengan air sehingga tak terkendali (Aidil, Kecelakaan Nuklir di Three Mile Island, 2017). Dari kejadian kecelakaan Three Mile Island menunjukkan pentingnya pelatihan kedaruratan untuk operator guna

mencegah terjadinya bencana nuklir yang mengakibatkan lepasan radioaktif ke lingkungan hidup.

Bencana PLTN Chernobyl di Ukraina Pada tanggal 26 April 1986, merupakan bencana akibat kegagalan teknologi nuklir peringkat tertinggi yaitu 7 (tujuh) di INES. Dampak yang terjadi sangat luas pada masyarakat dan lingkungan hidup, korban jiwa akibat kegagalan teknologi nuklir tersebut diperkirakan 4.000 orang, antara lain 50 pekerja tanggap darurat yang meninggal karena sindrom radiasi akut, 9 anak yang meninggal karena kanker tiroid. Diperkirakan sebanyak 3.940 korban jiwa akibat kanker dan leukimia akibat radiasi yang ditimbulkan dari tahun 1986-1987 terhadap 200.000 pekerja darurat, 116.000 pengungsi, dan 270.000 penduduk.

Bencana nuklir yang ketiga di Goiania Brazil pada 21 September 1987 yang diakibatkan kelalaian tanggung jawab pemegang izin yaitu lembaga radioterapi dengan kemitraan medis meninggalkan mesin teleterapi lengkap di klinik yang lama yang kemudian diambil oleh pemulung. Bencana ini masuk dalam peringkat ke 5 dalam INES karena tidak sedikit masyarakat terkontaminasi. Dari survei radiasi terhadap 112.800 orang penduduk menunjukkan 271 orang terkontaminasi internal, 120 orang terkontaminasi pada pakaian dan sepatu, 151 orang terkontaminasi internal dan eksternal. Selain itu 28 orang mengalami luka bakar radiasi, 20 orang dirawat di rumah sakit, 14 orang mengalami kerusakan sumsum tulang, 8 orang mengalami gejala radiasi akut, dan 4 orang meninggal dunia. Bencana ini menyebabkan dilakukannya dekontaminasi pemukiman dan fasilitas umum dengan volume limbah berbahaya yang dihasilkan sebanyak 5.000 m^3 atau sekitar 370 truk kontainer, sehingga bencana ini masuk dalam peringkat ke 5 dalam INES (INES, 2013, p.4). Dari bencana tersebut dapat terlihat bahwa walaupun hanya kondisi insiden pada sumber radiologi dapat mengakibatkan kedaruratan nuklir.

Penanggulangan kedaruratan nuklir dapat belajar dari Australia, dalam hal bagaimana tim tanggap daruratnya dengan pemerintah setempat berkoordinasi melakukan pencarian secepatnya untuk menemukan sumber

radioaktif berupa kapsul radioaktif yang hilang pada tanggal 1 Februari 2023 yang terjatuh di jalan pada saat pengangkutan dari pabrik ke tempat pelimbahan. Koordinasi antara tim tanggap darurat dengan pemerintah setempat merupakan hal penting dalam upaya kesiapsiagaan dan kedaruratan nuklir.

Bencana PLTN Fukushima Daiichi terjadi pada tanggal 11 Maret 2011 yang diakibatkan gempa bumi dengan kekuatan 9,0 SR yang merusak saluran listrik di sekitar lokasi PLTN dan diikuti tsunami mencapai ketinggian lebih dari 10 (sepuluh) meter menyebabkan kerusakan besar pada infrastruktur operasional dan keselamatan di lokasi. Bencana ini masuk dalam peringkat ke 7 atau *Major Accident* karena besarnya lepasan bahan radioaktif ke atmosfer sekitar 10% dari kecelakaan Chernobyl, menimbulkan efek kesehatan dan lingkungan yang meluas. Lepasan radionuklida ke atmosfer mengendap di darat dan lautan karena lokasi PLTN berada di sepanjang pantai timur laut Jepang. Selanjutnya endapan ini, mengkontaminasi tanah, air, sayuran, daging, susu, dan ikan laut sehingga tidak bisa dikonsumsi penduduk mengakibatkan penduduk harus dievakuasi.

Indonesia secara geografis relatif sama dengan Jepang dan memiliki ancaman bencana yang besar. Indonesia merupakan negara kepulauan yang terletak pada pertemuan empat lempeng tektonik yaitu lempeng Benua Asia, Benua Australia, lempeng Samudera Hindia, dan Samudera Pasifik. Pada bagian selatan dan timur Indonesia terdapat sabuk vulkanik (*volcanic arc*) yang memanjang dari lepas pantai barat Sumatera, selatan Jawa dan Nusa Tenggara. Aktivitas tektonik yang terjadi menyebabkan terbentuknya deretan gunung api yang sering disebut sebagai *Ring of Fire* di sepanjang pulau Sumatera, Jawa-Bali-Nusa Tenggara, utara Sulawesi-Maluku, hingga Papua. Gunung api sering disebut sebagai zona aktif atau dikenal dengan istilah busur depan (*fore arc*), di wilayah ini umumnya banyak terdapat patahan aktif dan sering terjadi gempa bumi.[130]

[130] Robi Amri, Mohd, Gita Yluanti, dkk. (2016). Risiko Bencana Indonesia. Jakarta: BNPB.

Wilayah Indonesia juga dilewati sabuk seismik (sabuk elpide) terbentuk dari bertemunya lempeng Eurasia, lempeng India, dan Lempeng Australia sehingga rawan akan gempa bumi, erupsi gunung berapi, tsunami, dan tanah longsor yang diakibatkan oleh curah hujan yang tinggi karena berada di wilayah tropis (garis khatulistiwa). Curah hujan tinggi dapat mengakibatkan banjir, salah satunya karena demografi penduduk yang terus bertambah memerlukan rumah, perkantoran, dan pembangunan lainnya tanpa mempertimbangkan penyerapan air yang memadai. Selain itu, demografi yang terus bertambah dapat menjadi kerentanan dalam hal evakuasi korban bencana, dan dapat menimbulkan ancaman dari faktor ulah manusia seperti sabotase dan lain sebagainya. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk mengurangi risiko bencana dengan melaksanakan kesiapsiagaan dan kedaruratan nuklir baik di tingkat fasilitas, kabupaten/kota, provinsi, maupun nasional.

Dengan melaksanakan kesiapsiagaan dan kedaruratan nuklir maka telah menyiapkan infrastruktur dan fungsi penanggulangan untuk mengantisipasi kejadian bencana nuklir sesuai dengan amanah Pasal 67 Peraturan Pemerintah Nomor 54 Tahun 2012 tentang Keselamatan dan Keamanan Instalasi Nuklir, Peraturan Pemerintah Nomor 33 Tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif, dan Peraturan Pemerintah Nomor 58 Tahun 2015 tentang Keselamatan Radiasi dan Keamanan dalam Pengangkutan Zat Radioaktif, antara lain berupa:

a. penyiapan organisasi dan kewenangan setiap petugas penanggulangan kedaruratan nuklir;
b. koordinasi antar petugas penanggulangan;
c. fasilitas dan peralatan untuk mendukung pelaksanaan kedaruratan;
d. prosedur yang dapat digunakan dalam pelaksanaan kedaruratan; dan
e. pelatihan atau gladi kedaruratan nuklir yang selalu dilaksanakan secara berkala untuk menghindari kegagapan pada saat kedaruratan nuklir.

Selain itu, juga mempersiapkan fungsi penanggulangan, berupa:

a. manajemen operasi tanggap darurat;
b. identifikasi, pelaporan dan pengaktifan;
c. tindakan mitigasi;
d. tindakan perlindungan segera;
e. pemberian informasi, instruksi dan peringatan kepada masyaraka;,
f. tindakan perlindungan untuk petugas penanggulangan kedaruratan nuklir;
g. penanganan medis;
h. komunikasi publik;
i. pengelolaan limbah radioaktif, dan mitigasi konsekuensi nonradiologik;
j. penghentian kedaruratan nuklir dan
k. analisis kedaruratan dan tanggap darurat yang kesemuanya masuk dalam program kesiapsiagaan nuklir.

Penyiapan infrastruktur dan fungsi penanggulangan yang dijabarkan di atas masuk dalam program kesiapsiagaan nuklir. Program kesiapsiagaan nuklir atau dapat disebut dengan rencana kedaruratan nuklir dibutuhkan dalam kesiapsiagaan dan *penanggulangan* kedaruratan nuklir di tingkat fasilitas, kabupaten/kota, provinsi, dan nasional. Oleh karena itu, program kesiapsiagaan nuklir harus terus dimutakhirkan agar dapat mampu terap dengan keadaan di wilayahnya. Untuk tingkat fasilitas, sudah diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 54 Tahun 2012 tentang Keselamatan dan Keamanan Instalasi Nuklir, Peraturan Pemerintah Nomor 33 Tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif, yang mengamanatkan bahwa program kesiapsiagaan nuklir disusun oleh pemegang izin.

Dalam program kesiapsiagaan nuklir ditetapkan penyelenggaraan pelatihan dan gladi kedaruratan nuklir paling sedikit 1 kali dalam 1 tahun. selain itu, pemegang izin sebagai Organisasi Tanggap Darurat Nuklir (OTDN) berkewajiban antara lain melakukan upaya penanggulangan dan pencegahan eskalasi kondisi darurat, melindungi seluruh pekerja dan petugas

penanggulangan kedaruratan, serta memberitahu keadaan darurat dan perkembangannya kepada Kepala Daerah Cq. Kepala Pelaksana BPBD.

Kepala Daerah Cq. Kepala Pelaksana BPBD hendaknya bersiap apabila terdapat laporan dari pemegang izin bahwa lepasan radioaktif terjadi ke luar lingkungan hidup. Dalam hal ini, sebagian unsur OTDN daerah/nasional dapat terlibat dalam kegiatan penanggulangan apabila kedaruratan yang terjadi diluar kemampuan sumber daya fasilitas, sehingga memerlukan bantuan sumber daya dari organisasi di luar fasilitas, dan fungsi-fungsi tanggap darurat yang harus dimiliki pada saat kondisi darurat nuklir. Kegiatan penanggulangan kedaruratan nuklir daerah/nasional dapat berjalan dengan baik apabila sesuai dengan program kesiapsiagaan nuklir daerah/nasional yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, pemerintah daerah/nasional perlu memperhatikan penetapan dan evaluasi secara berkala terhadap pelaksanaan program kesiapsiagaan daerah/nasional. Hal ini perlu diatur lebih jelas dalam RUUK, yang memuat pengaturan tentang tugas dan kewenangan Pemerintah Kabupaten/Kota, Pemerintah Provinsi, Pemerintah Nasional, dan Kementerian/Lembaga dalam melakukan kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan nuklir.

Dalam Undang-Undang Penanggulangan Bencana telah ditetapkan tugas pemerintah daerah/BPBD dan pemerintah/BNPB untuk kesiapsiagaan dan penanggulangan pada semua bencana baik bencana alam maupun nonalam, namun karena bencana nuklir sifatnya khusus dalam penanggulangannya perlu didampingi oleh ahli radiasi/nuklir agar mencegah terjadinya kontaminasi radiasi. Seperti contoh kejadian penemuan cesium137 di Perumahan Batan Indah oleh petugas patroli dari BAPETEN menggunakan detektor radiasi. Dari alat detektor tersebut, dapat diketahui sumber radiasi yang tertanam di tanah dan tingkat paparan radiasinya. Untuk mengambil sumber radiasi yang tertanam di tanah diperlukan keahlian khusus dan alat khusus, juga perlunya pengetahuan tingkat paparan kontaminasi atau peluruhan radiasi di dalam tanah. Tanah tempat tertanam cesium-137 terkontaminasi, sehingga dibutuhkan keahlian untuk mengambil tanah yang

terkontaminasi untuk diserahkan ke fasilitas penyimpanan limbah radioaktif (PTLR). Dari pengerukan tanah sampai dikirimnya limbah radioaktif ke PTLR dibutuhkan peralatan/logistik dalam penanggulangannya, serta biaya penyimpanan limbah di PTLR.

Apabila bencana yang dialami seperti Fukushima memerlukan evakuasi penduduk, maka biaya yang akan keluar akan lebih banyak lagi antara lain untuk sarana prasarana seperti tenda posko, tenda pengungsi, tenda rumah sakit, tenda logistik, tempat tidur lapangan, lampu darurat, genset, mobil tangki air, paket dapur umum. Untuk kebutuhan pangan dan gizi, seperti beras, telur, ikan, biskuit bayi, susu bayi, gula, kopi, teh, perlengkapan mandi, selimut, air dan sanitasi.

Setiap hal pasti ada risikonya, begitupun dengan nuklir. Untuk mengurangi risiko yang ada dan untuk menghindari biaya yang besar pada saat penanggulangan bencana nuklir, maka dilakukan kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan nuklir dengan cara membuat program kesiapsiagaan nuklir di tingkat fasilitas, kabupaten/kota, provinsi, dan nasional. *Lesson learned* dari kecelakaan nuklir yang meluas menjadi bencana di berbagai negara adalah pentingnya kolaborasi antar pihak dalam penanggulangan kedaruratan nuklir, siapa dan berbuat apa perlu disusun dalam program kedaruratan nuklir daerah/nasional, tidak cukup hanya program kedaruratan nuklir fasilitas. Program kedaruratan nuklir tersebut, dilaksanakan dan dilakukan perbaikan apabila tidak implementatif. Hal tersebut, sejalan dengan Rencana Nasional Penanggulangan Bencana 20202024 bahwa prioritas kolaboratif multi pihak menjadi fokus prioritas riset inovasi dan teknologi kebencanaan untuk dapat memperkuat ketangguhan tanggung jawab masing-masing pihak, sehingga dapat melakukan tindakan pengurangan risiko bencana dengan cepat, tepat, dan kolaboratif.

Berdasarkan uraian di atas untuk menghindari dampak dan biaya penanggulangan kedaruratan yang lebih besar, maka pemegang izin, dan Pemerintah Pusat maupun Pemerintah Daerah perlu menyiapkan

infrastruktur kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan nuklir. Selain itu pemegang izin instalasi nuklir juga wajib memiliki jaminan finansial untuk pertanggungjawaban kerugian nuklir yang disebabkan oleh kecelakaan nuklir, yang mana salah satu komponen di dalamnya adalah untuk penanganan kedaruratan nuklir dan pemulihan lingkungan hidup. Dari sisi pemerintah, sesuai dengan peraturan perundang-undangan mengenai penanggulangan bencana, biaya mitigasi dan penanggulangan keadaan darurat termasuk kedaruratan nuklir dapat menggunakan dana siap pakai melalui BNPB.

15. Pertanggungjawaban Kerugian Nuklir

Pemerintah Indonesia telah mengatur mengenai pertanggungjawaban kerugian nuklir dalam Bab VII UUK. Selain itu, Pemerintah telah menetapkan peraturan pelaksanaannya berupa Peraturan Pemerintah Nomor 46 Tahun 2009 tentang Batas Pertanggungjawaban Kerugian Nuklir dan Peraturan Presiden Nomor 74 Tahun 2012 tentang Pertanggungjawaban Kerugian Nuklir. Peraturan tersebut menetapkan batas pertanggungjawaban kerugian nuklir paling banyak Rp. 4.000.000.000.000,- (empat triliun rupiah).

Tujuan ditetapkannya Peraturan Presiden Nomor 74 Tahun 2012 adalah untuk memberikan kepastian mengenai besar pertanggungjawaban pengusaha instalasi nuklir terhadap kerugian nuklir dan jaminan ganti rugi kepada pihak ketiga dalam hal terjadi kecelakaan nuklir. Peraturan Presiden ini mengatur mengenai besar pertanggungjawaban pengusaha instalasi nuklir terhadap kerugian nuklir, mekanisme pertanggungjawaban kerugian nuklir, dan penggantian kerugian nuklir oleh instansi pemerintah. Pasal 7 Peraturan Presiden ini mengatur bahwa pertanggungjawaban kerugian nuklir dilakukan melalui mekanisme asuransi atau jaminan keuangan lainnya. Namun demikian, dalam hal terjadi kecelakaan nuklir pada instalasi nuklir dan/atau selama pengangkutan bahan nuklir atau bahan bakar nuklir bekas yang dimiliki oleh instansi pemerintah yang bukan BUMN, menurut Pasal 8 Peraturan Presiden ini, pembayaran ganti rugi kepada pihak ketiga ditanggung oleh Pemerintah. Dana untuk pembayaran ganti rugi tersebut

dialokasikan oleh Pemerintah dalam bentuk dana kontinjensi. Batas pertanggungjawaban kerugian nuklir untuk instalasi nuklir dan pengangkutan diberikan pada Tabel 24.

Tabel 24. Besar batas pertanggungjawaban kerugian nuklir di Indonesia

No.	Kategori	Besar Batas Pertanggungjawaban (Rp.)
1.	Reaktor daya komersial dengan daya lebih dari 2.000 MWe	4.000.000.000.000,00
2.	Reaktor daya komersial dengan daya lebih dari 1.500 MWe sampai dengan 2.000 MWe	2.000.000.000.000,00
3.	Reaktor daya komersial dengan daya lebih dari 1.000 MWe sampai dengan 1.500 MWe	1.000.000.000.000,00
4.	Reaktor daya komersial dengan daya lebih dari 500 MWe sampai dengan 1.000 MWe	500.000.000.000,00
5.	Reaktor daya komersial dengan daya sampai dengan 500 MWe	250.000.000.000,00
6.	Reaktor daya nonkomersial	75.000.000.000,00
7.	Reaktor nondaya komersial	100.000.000.000,00
8.	Reaktor nondaya nonkomersial dengan daya lebih dari 30 MWt	50.000.000.000,00
9.	Reaktor nondaya nonkomersial dengan daya lebih dari 10 MWt sampai dengan 30 MWt	25.000.000.000,00
10.	Reaktor nondaya nonkomersial dengan daya lebih dari 2 MWt sampai dengan 10 MWt	10.000.000.000,00
11.	Reaktor nondaya nonkomersial dengan daya sampai dengan 2 MWt	5.000.000.000,00
12.	Instalasi fabrikasi bahan bakar nuklir	5.000.000.000,00
13.	Fasilitas penyimpanan bahan bakar nuklir bekas	5.000.000.000,00
14.	Pengangkutan bahan bakar nuklir	1.000.000.000,00
15.	Pengangkutan bahan bakar nuklir bekas	1.000.000.000,00

Sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 24 di atas, jumlah pertanggungjawaban yang harus ditanggung oleh operator dibatasi dalam

jumlah tertentu sesuai dengan jenis instalasi nuklir dan tingkat dayanya. Jumlah ini memungkinkan untuk diubah melalui peraturan perundangundangan untuk disesuaikan dengan perkembangan nilai tukar rupiah. Apabila jumlah pertanggungjawaban melampaui batas yang ditentukan, negara mempunyai peran penting untuk penyelesaiannya. Namun demikian dalam peraturan perundang-undangan, Pemerintah belum mengatur apa yang akan dilakukan bila terjadi klaim kecelakaan melampaui batas maksimal pertanggungjawaban operator.

Dengan membatasi jumlah yang harus dibayar oleh operator, risiko kecelakaan disosialisasikan secara efektif. Pada intinya, pembatasan pertanggungjawaban ini mengakui manfaat dari energi nuklir dan penerimaan risiko yang tersirat dari negara dengan mengizinkan pembangunan dan pengoperasian PLTN.

Sehubungan dengan rencana akan dibangunnya PLTN di Indonesia, berikut diuraikan salah satu contoh studi yang melakukan estimasi perhitungan biaya pertanggungjawaban kecelakaan PLTN yaitu studi Rabl & Rabl (2013).[131]

Dalam artikel *"External cost for nuclear: greater or less than alternatives"* Ari Rabl dan Veronika Rabl mengestimasi biaya kerusakan akibat kecelakaan nuklir parah menggunakan asumsi-asumsi yang dibangun dari pendekatan kejadian sebenarnya. Dalam sejarah telah terjadi 2 (dua) kejadian kecelakaan nuklir berskala 7 berdasarkan skala *International Nuclear and Radiological Event Scale* yang disusun IAEA, yakni Chernobyl dan Fukushima. Dalam pendekatan studinya, frekuensi kecelakaan diasumsikan 25 tahun sekali, berdasarkan fakta bahwa Fukushima (2011), terjadi 25 tahun setelah Chernobyl (1986). Sedangkan Chernobyl sendiri terjadi 30 tahun setelah PLTN komersial pertama, Calder Hall, Inggris, beroperasi tahun 1956. Dalam studi ini, biaya kecelakaan nuklir parah di masa depan dihitung dari kerugiankerugian yang diakibatkan dari:

[131] Ari Rabl and Veronika Rabl, *External cost for nuclear: greater or less than alternatives*

- rusaknya 6 reaktor @1 GW dengan harga €5.000/kW, total kerugian €30 miliar;
- biaya hilangnya daya (Cost of loss of power) dari PLTN selama 3000 jam/tahun sepanjang 5 tahun, dengan total 90 TWh pada 0,2 €/kWh;
- kasus kematian karena kanker, diasumsikan 10.000 per kejadian dengan nilai €5 juta/kanker. Kematian akibat kanker terjadi sekitar 20 tahun setelah terpapar maka discount factor diterapkan terhadap biaya ini sebesar (1+5%)-20=0,38;
- kerugian hasil pertanian, diasumsikan 1000 km^2 tanah pertanian tidak akan berproduksi selama 100 tahun dengan nilai kerugian berdasarkan produksi tahunan dan harga pasar, ditaksir €120.000/km^2 per tahun;
- kerugian dari relokasi penduduk. Penduduk yang direlokasi diasumsikan sebanyak 500.000 hingga 2.000.000 orang. Angka ini dibuat berdasarkan jumlah relokasi Fukushima yang sebanyak 150.000 orang dikalikan faktor rata-rata dunia jumlah penduduk dalam radius 30-75 km dari PLTN, yang mencapai 1,5 sampai 10 kali dari Fukushima. Jumlah kerugian yang dibayar adalah €500.000/orang; dan
- biaya *clean-up* diasumsikan 2 kali lipat dari yang diumumkan oleh pemerintah Jepang (€15 miliar pada Oktober 2011), untuk mengantisipasi biaya yang mungkin melonjak setelah pekerjaan dimulai.

Jika kecelakaan terjadi saat ini, maka total biaya seluruh poin di atas adalah €354miliar (dikali 15.000 Rp/€ sekitar Rp 5.300 triliun). Kecelakaan diasumsikan terjadi suatu saat di masa depan, dengan peluang terjadinya pada suatu tahun adalah sama. Jika kecelakaan terjadi pada tahun pertama, maka biaya di atas dikalikan faktor diskon (1+5%)-1 , dan seterusnya, hingga, jika terjadi di tahun ke 25, maka akan dikalikan (1+5%)-25. Rata-rata 25 tahun faktor diskon adalah 0,564.

Total biaya kecelakaan kemudian dikali faktor diskon rata-rata, kemudian dibagi dengan energi 25 tahun yang dibangkitkan PLTN dari Uni

Eropa, Kanada, AS, Jepang, Korea Selatan, dan Taiwan. Pendekatan biaya eksternal kecelakaan di sini adalah pendekatan pooling atau "patungan" antar industri nuklir, dengan asumsi, tidak ada kecelakan bersamaan yang terjadi dalam periode 25 tahun. Lembar kerja perhitungan biaya eksternal dapat dilihat pada Tabel 25 untuk estimasi menengah (hasil estimasi rendah dan tinggi dapat dilihat dalam artikel aslinya), menghasilkan biaya eksternal sebesar cent€ 0,79/kWh atau Rp 119/kWh.

Tabel 25. Estimasi biaya eksternal PLTN

Elemen Biaya	Parameter	Unit	Pusat
Kanker fatal	10.000		
Biaya per Kanker	5	M€/kanker	
Faktor diskon per Kanker	0,38		
Biaya Kanker		G€	**18,8**
Reaktor hilang, masing-masing 1 GW	6	unit	
Biaya Reaktor	5	G€/unit	
Biaya Reaktor		G€	**30**
Biaya Pembersihan		G€	**30**
Orang yang dipindahkan	500.000	orang	
Biaya per orang yang dipindahkan	0,5	M€/orang	
Biaya Orang yang Dipindahkan		G€	**250**
Area hilang untuk produksi pertanian	1.000	km^2	
Hasil, sereal, 5 t/ha per tahun	500	t/km^2/tahun	
Harga, sereal 150 €/t	150	€/t	
Hilang €/km^2/tahun	75.000	€/km^2/tahun	
Durasi hilang	100	Tahun	
Kerugian Hasil Pertanian		G€	**7,5**
Produksi listrik yang hilang	90	tWh	
Nilai per kWh	0,2	€/kWh	
Biaya Listrik yang Hilang		G€	**18**
Jumlah Biaya Kecelakaan, jika sekarang		G€	**34**
Tahun tanpa kecelakaan			25
Discount rate	0,05		
Discount factor			0,56
Produksi nuklir, 2008	2.100	tWh/tahun	
Biaya Eksternal Kecelakaan, per kWh		sen€/kWh	**0,38**
Biaya eksternal operasi saat ini		sen€/kWh	0,21
Biaya eksternal pengelolaan limbah		sen€/kWh	0,20
Biaya Eksternal Operasi Normal		sen€/kWh	**0,41**
Total Biaya Eksternal Nuklir		sen€/kWh	**0,79**

Selain perhitungan tersebut di atas, pada diberikan ringkasan kecelakaan nuklir yang pernah terjadi beserta besar biaya kerugian nuklir yang ditimbulkan. Peningkatan kapasitas pembangkit dari 200 MW untuk pembangkit di pertengahan 1950-an menjadi 600 MW pada pertengahan 1960-an dan 1000 MW hingga 1600 MW akhir-akhir ini membuat regulator mencari langkah-langkah pengamanan yang lebih ketat. Kecelakaan pada reaktor yang lebih besar memiliki konsekuensi yang lebih serius karena reaktor besar membawa lebih banyak bahan bakar dengan tentunya produk fisi yang secara proporsional lebih besar. Selain itu, dibutuhkan langkahlangkah pencegahan yang lebih besar untuk memperkecil probabilitas kecelakaan pada unit besar.

Tabel 26. Ringkasan kecelakaan nuklir dan kerugian yang ditimbulkan.

	Three Mile Island	Chernobyl	Tokaimura	Fukushima
Tahun	1979	1986	1999	2011
Jenis Kecelakaan	Teras reaktor meleleh	ledakan	kritikalitas	Teras reaktor meleleh
Penyebab	Kesalahan manusia	Kesalahan manusia	Kesalahan manusia	Gempa bumi/tsunami
Skala INES	5	7	4	7
Jumlah penduduk yang dievakuasi	11.000	>100.000	161	±100.000
Jumlah Korban jiwa	0	31-50	2	0
Penjaminan	asuransi	Tidak diasuransikan	asuransi	Tidak diasuransikan
Biaya yang ditimbulkan	71 juta USD	485 miliar USD	128 juta USD	91 miliar USD

Melihat dampak kerugian nuklir yang ditimbulkan oleh suatu kecelakaan nuklir tergantung juga pada kapasitas instalasi nuklir seperti tingkat daya

termal, dalam RUUK diatur bahwa besar pertanggungjawaban kerugian nuklir yang ditanggung oleh pemegang izin memiliki batasan. Besarnya batasan pertanggungnjawaban selanjutnya ditetapkan berdasarkan kapasitas instalasi nuklir tersebut. Untuk memberikan jaminan kepastian berinvestasi bagi pelaku usaha, dalam RUUK diatur bahwa pertanggungjawaban masing-masing pemegang otorisasi instalasi nuklir tidak melebihi batas jumlah pertanggungjawabannya. Dengan demikian pertanggungjawaban yang melebihi batas jumlah pertanggungjawaban pemegang otorisasi menjadi tanggung jawab pemerintah.

Pertanggungjawaban tersebut dipertanggungkan dalam bentuk asuransi atau jaminan keuangan lainnya. Oleh karena itu dalam penerapannya, mekanisme asuransi untuk pertanggungjawaban kerugian nuklir perlu diatur lebih lanjut dalam peraturan perundang-undangan terkait jasa keuangan.

16. Peran Serta Masyarakat

Partisipasi publik sebagai bentuk keikutsertaan masyarakat terhadap perumusan kebijakan publik menjadi salah satu hal penting dalam proses penyusunannya. Partisipasi publik dipahami dapat membawa fungsi positif yang berbeda untuk pembuatan kebijakan, partisipasi publik memberdayakan masyarakat untuk memiliki kontrol atas lingkungan dan kesejahteraan mereka dengan mengambil bagian dalam keputusan yang mempengaruhi kehidupan mereka. Fungsi ini sangat sentral dalam kasus energi nuklir mengingat bahwa hal itu ditandai dengan tingginya tingkat perhatian publik terkait dengan sifat potensi bencana dari risiko yang terlibat. Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2014 tentang Administrasi Pemerintahan, Pasal 7 ayat 2 huruf f memberikan kesempatan kepada warga masyarakat untuk didengar pendapatnya sebelum membuat keputusan dan/atau tindakan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Partisipasi publik sudah sangat jelas diatur dalam Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2011 tentang Pembentukan Peraturan Perundangundangan yang telah diubah terakhir dengan Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2022.

Undang-Undang tersebut memberikan hak kepada masyarakat untuk ikut terlibat dalam pembentukan kebijakan publik dan peraturan perundang-undangan. Partisipasi itu dimaksudkan untuk menjamin agar setiap kebijakan yang diambil mencerminkan aspirasi masyarakat. Dengan adanya keterbukaan dari Pemerintah baik pusat dan daerah, pembentukan peraturan tingkat pusat dan daerah dapat terlaksana dengan baik sehingga fungsi kontrol dapat berjalan dan keinginan masyarakat dapat tersalurkan.

Partisipasi masyarakat dalam penyusunan rancangan peraturan perundang-undangan diatur dalam Pasal 96 Undang-Undang Nomor 12 Tahun 2011 yang menyatakan bahwa masyarakat berhak memberikan masukan secara lisan dan/atau tertulis dalam pembentukan peraturan perundang-undangan. Masyarakat dalam hal ini orang perseorangan atau kelompok orang yang mempunyai kepentingan atas substansi rancangan peraturan perundang-undangan. Masukan dari masyarakat dapat dilakukan melalui:

- rapat dengar pendapat umum;
- kunjungan kerja;
- sosialisasi; dan/atau
- seminar, lokakarya, dan/atau diskusi.

Setiap rancangan peraturan perundang-undangan harus dapat diakses dengan mudah oleh masyarakat.

Lebih lanjut, Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2022 juga mengamanatkan pentingnya penguatan keterlibatan dan partisipasi masyarakat yang bermakna dilakukan secara tertib dan bertanggung jawab dengan memenuhi tiga prasyarat; yaitu pertama, hak untuk didengarkan pendapatnya (*right to be heard*) kedua, hak untuk dipertimbangkan pendapatnya (*right to be considered*) dan ketiga, hak untuk mendapatkan penjelasan atau jawaban atas pendapat yang diberikan (*right to be explained*).

Dari sudut pandang instrumental, partisipasi publik membantu membangun kepercayaan publik, mengurangi konflik, dan menumbuhkan penerimaan. Dalam hal konteks sumber energi kontroversial seperti tenaga

nuklir, memahami persepsi publik tentang tenaga nuklir dan bagaimana hubungannya dengan penerimaan publik penting untuk pengambilan keputusan. Partisipasi publik dapat mengurangi risiko kebuntuan terhadap oposisi publik untuk pembangunan baru PLTN atau tapak fasilitas untuk menyimpan dan mengelola limbah nuklir bekas.

Partisipasi masyarakat menjadi indikator penting dalam menghasilkan kebijakan publik yang tepat sasaran dan sesuai dengan tujuan penyelenggaraan negara, terutama dalam negara demokrasi seperti Indonesia. Namun terdapat faktor internal dan eksternal yang dapat menghambat partisipasi masyarakat. Faktor internal antara lain masyarakat masih terbiasa pada pola lama, yaitu peraturan tanpa partisipasi warga. Warga hanya menerima dan melaksanakan saja. Masyarakat tidak tahu adanya kesempatan untuk berpartisipasi. Masyarakat tidak tahu prosedur partisipasi. Rendahnya sanksi hukum di kalangan masyarakat. Rendahnya sanksi hukum kepada pelanggar kebijakan publik. Sedangkan faktor ekternal yang juga banyak menghambat terwujudnya partisipasi masyarakat antara lain tidak dibukanya kesempatan kepada masyarakat untuk berpartisipasi. Masih adanya anggapan sentralistik atau pemusatan kekuasaan yang tidak sesuai dengan otonomi daerah. Adanya anggapan bahwa partisipasi masyarakat akan memperlambat pembuatan kebijakan publik. Kebijakan publik yang dibuat terkadang belum menyentuh kepentingan masyarakat secara langsung. Hukum belum ditegakkan secara adil. Tidak memihak kepentingan rakyat.

Dampak negatif rendahnya partisipasi masyarakat dalam perumusan kebijakan publik adalah:

a. rendahnya efektivitas kebijakan publik;
b. tidak memenuhi hak-hak rakyat secara menyeluruh;
c. menyebabkan rendahnya kualitas kebijakan yang dihasilkan;
d. tidak sesuai dengan kebutuhan dan keinginan rakyat;
e. tidak sejalan atau bertentangan dengan nilai-nilai budaya masyarakat;

f. timbulnya gejolak dalam masyarakat yang dapat mengganggu stabilitas nasional;
g. terhambatnya pelaksanaan pembangunan nasional dan akan semakin tertinggal dari bangsa lain; dan
h. merosotnya kepercayaan masyarakat terhadap pemerintah, sehingga memungkinkan terjadi anarkisme dalam masyarakat.

Kecelakaan Fukushima telah mengingatkan kita bahwa transparansi dan partisipasi publik adalah syarat mutlak bagi setiap negara yang menggunakan energi nuklir. Meskipun reaktor baru yang sangat canggih dapat mengurangi risiko berdasarkan teknologi keselamatan yang "inheren", seperti langkah-langkah "aman secara pasif" yang dikembangkan oleh reaktor generasi III, para analis percaya bahwa negara mana pun yang tidak memberikan transparansi yang tepat dan mendorong keterlibatan publik mengenai masalah nuklir tidak boleh menggunakan energi nuklir. Pertumbuhan energi nuklir di Indonesia yang terkemuka memberikan peluang yang belum pernah terjadi sebelumnya bagi negara tersebut untuk menjadi pemimpin negara-negara berkembang tersebut dalam transparansi dan keterlibatan publik dalam isu-isu nuklir memfasilitasi pengawasan publik atas isu-isu nuklir di Kawasan Asia Tenggara.

Krisis Fukushima Daichi dan Daini di Jepang berdampak besar pada tenaga nuklir dunia, kebijakan nuklir, dan persepsi publik tentang risiko tenaga nuklir. Kerahasiaan, informasi yang membingungkan, dan ketidakpercayaan merusak respons Jepang terhadap krisis tersebut. Namun menurut beberapa analis kurangnya transparansi dan partisipasi publik juga menjadi penyebab kegagalan regulasi nuklir Jepang. Untuk mencegah kegagalan peraturan keselamatan nuklir seperti yang terjadi di Jepang, partisipasi publik segera didorong dengan memberikan prioritas tinggi pada transparansi di Indonesia. Beberapa tindakan di dua bidang ini dapat diterapkan melalui:

1) Transparansi peraturan

Kebijakan transparansi hanya efektif ketika informasi yang dihasilkan tertanam dalam rutinitas pengambilan keputusan sehari-hari dari pengguna informasi dan pengungkapan informasi. Keterlekatan dua sisi ini adalah kondisi terpenting untuk efektivitas sistem transparansi. Dengan demikian berbagai jenis informasi energi nuklir sipil yang komprehensif harus tersedia untuk umum, termasuk informasi umum tentang bagaimana Indonesia mengelola energi nuklir, dan informasi khusus, seperti pengajuan reaktor baru. Sementara itu, ini juga menjamin peraturan perundang-undangan ketenaganukliran baru ditegakkan segera, badan pengawas harus melakukan tanggung jawab pengawasan (penyusunan peraturan, proses perizinan, dan inspeksi) dilakukan secara terbuka dan transparan.

2) Internet memfasilitasi keterlibatan publik dalam isu nuklir

Internet, khususnya jejaring sosial, harus ditekankan untuk memfasilitasi tercapainya transparansi, dan melibatkan warga, terutama kaum muda, dalam isu nuklir. Internet menyediakan sarana di mana individu dari semua lapisan masyarakat dapat meluncurkan debat publik tentang isu-isu nuklir dan membangkitkan perhatian masyarakat umum. Gelombang opini yang populer seperti itu tidak diragukan lagi berkontribusi pada peningkatan keterlibatan publik. Internet telah merevolusi ekspresi populer, dan memberikan kontribusi untuk membuat sistem regulasi lebih transparan dan akuntabel. Beberapa contoh kebijakan di Tiongkok termasuk acara *antiparaxylene* Xiamen pada tahun 2007, acara insinerator anti-limbah Guangzhou pada tahun 2009, dan acara *anti-paraxylene* Dalian pada tahun 2011. Kecenderungan menuju kondisi sosial dan politik yang lebih terbuka, studi kasus di Tiongkok tentang partisipasi publik saat ini dan pengungkapan informasi seputar perencanaan dan pembangunan satu proyek tenaga nuklir menunjukkan bahwa pengambilan keputusan tentang tenaga nuklir didominasi oleh 'segitiga nuklir' tertutup pada badan-badan pemerintah nasional (terutama Dewan Negara, NDRC, NNSA), perusahaan nuklir milik negara dan pakar ilmiah. Pemerintah daerah adalah promotor dan pelaksana proyek nuklir, tetapi hampir tidak berperan dalam pengambilan keputusan

dan penyebaran informasi. Dalam semua ini publik tidak memiliki suara yang sesuai dan hampir tidak mendapat informasi dan terlibat dalam pengembangan tenaga nuklir; dan begitu pula Lembaga Swadaya Masyarakat. Partisipasi publik dan akses publik terhadap informasi tentang konstruksi dan penilaian nuklir sangat terbatas.

Karena informasi tentang tenaga nuklir dan risiko terkait sangat terbatas di Tiongkok, warga negara Tiongkok cenderung memilih pemerintah sebagai sumber yang paling dapat dipercaya dalam hal penyediaan informasi tentang risiko dan kecelakaan nuklir, dan mengenai respons terhadap kecelakaan nuklir. Peran dominan pemerintah dalam menentukan pembangunan negara, kekuasaan dan kapasitasnya yang otoriter, catatan masa lalunya dalam menangani bencana lain (seperti gempa bumi di Sichuan pada tahun 2008), dan tidak adanya sumber informasi alternatif yang dapat diandalkan dan dapat diverifikasi yang dapat menjelaskan kepercayaan ini pada Pemerintah Cina. Warga negara China memiliki tingkat kepercayaan yang sama rendahnya terhadap perusahaan tenaga nuklir seperti masyarakat di negara-negara OECD.

Posisi pemerintah yang istimewa dan terpercaya ini tampaknya juga terkait dengan isu yang dipertaruhkan yaitu energi nuklir. Sehubungan dengan berbagai risiko lingkungan lainnya (pencemaran air, pabrik kimia, insinerator, polusi udara) bukti menunjukkan rendahnya tingkat kepercayaan pada pemerintah (lokal), PLTN tampaknya menjadi pengecualian. Karakter risiko nuklir yang sangat ilmiah-teknologi, 'kontrol' dan tanggung jawab terpusat (tanpa peran utama bagi pemerintah daerah), dan hubungan erat dengan prioritas dan agenda nasional membuat pengembangan tenaga nuklir tidak seperti risiko lingkungan hidup lainnya.

Krisis Fukushima telah menunjukkan bahwa kurangnya transparansi, partisipasi publik, dan pengawasan publik dapat menimbulkan konsekuensi yang parah. Dengan tidak adanya kekuatan penyeimbang dan akuntabilitas publik, komunitas tertutup dapat mengembangkan konstruksi dan desain yang terkunci, lebih rentan terhadap korupsi, hanya dapat melayani

kepentingan tertentu daripada kepentingan publik. Terutama sehubungan dengan pengembangan tenaga nuklir, kurangnya transparansi dan partisipasi publik ini merupakan risiko konsekuensi tinggi, yang tidak boleh diambil oleh Pemerintah China

Partisipasi publik memainkan fungsi penting secara substantif karena memungkinkan saling belajar antara berbagai pemangku kepentingan dengan pengetahuan yang relevan. Tingkat teknis yang tinggi terkait dengan energi nuklir, yang membutuhkan sejumlah besar pengetahuan teknis, ekonomi, dan lingkungan hidup, dapat digunakan sebagai alasan untuk membatasi ruang lingkup partisipasi publik. Namun demikian, keterlibatan publik dalam pengambilan keputusan dapat meningkatkan kualitas keputusan.

Hal ini dapat menyoroti kekhawatiran yang mungkin diabaikan oleh pejabat publik, berkontribusi untuk menilai risiko dengan lebih baik dan membantu menyeimbangkan persaingan kepentingan dan prioritas. Partisipasi publik hampir tidak pernah mengarah pada keputusan yang menilai proyek secara negatif; lebih tepatnya, hal tersebut memungkinkan identifikasi dan evaluasi risiko lingkungan yang lebih baik termasuk pencegahannya, yang pada akhirnya mengarah pada informasi pengambilan keputusan yang lebih baik.

Namun dalam praktiknya, kualitas hasil partisipasi bergantung pada siapa yang berpartisipasi: Semakin demokrasi, semakin berisiko memperburuk ketidaksetaraan yang ada karena hanya mereka yang berada di kelompok sosial ekonomi yang lebih tinggi cenderung menjadi aktif terlibat dalam proses.

Pemenuhan *meaningful participation* menjadi tolok ukur suatu produk hukum telah tersusun dengan sempurna secara formil sehingga secara materiil juga memenuhi rasa keadilan yang dikehendaki masyarakat. Konsep partisipasi yang bermakna awalnya berasal dari konsep yang dikembangkan oleh Mahkamah Konstitusi Afrika Selatan dalam perkara *doctors for life* di tahun 2006.

Konsep *meaningful participation* dalam pembentukan peraturan perundang-undangan serta bagaimana implikasinya terhadap kualitas produk peraturan perundang-undangan. Secara normatif, konsep ini menghendaki perluasan hak masyarakat dalam berpartisipasi pada pembentukan peraturan perundang-undangan. Hal tersebut ditandai dengan melekatnya kewajiban bagi pembentuk undang-undang untuk mempertimbangkan dan menanggapi masukan atau saran masyarakat. Melalui penerapan konsep tersebut produk peraturan perundang-undangan akan memenuhi kualitas secara formil maupun materil serta mendapatkan legitimasi masyarakat. Sehingga dalam memastikan hal tersebut diperlukannya pengaturan mengenai konsep *meaningful participation* pada undang-undang.

17. Kerja Sama Internasional

Bom atom yang dijatuhkan di Hiroshima dan Nagasaki, kecelakaan Chernobyl, dan kejadian di Fukushima menandakan bahwa pemanfaatan tenaga nuklir perlu diawasi dengan ketat dan digunakan hanya untuk tujuan damai. Kecelakaan nuklir berskala besar mampu berdampak lintas negara dan mungkin sulit untuk ditangani oleh satu negara sendiri maka kerja sama internasional menjadi solusi dalam permasalahan tersebut.

Indonesia telah terlibat dalam berbagai instrumen internasional seperti *Non-Proliferation Tract of Nuclear Weapons* (NPT), *The Convention on Physical Protection of Nuclear Materials* (CPPNM) dan amandemennya, *Convention on Nuclear Safety* (CNS), *Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty* (CTBT), *International Convention for the Suppression of Acts of Nuclear Terrorism* dan Perjanjian *safeguards* dan protokol tambahan. Dengan terlibatnya Indonesia dalam instrumen internasional di atas, menunjukan bukti bahwa Indonesia mendukung masyarakat internasional dalam mewujudkan pemanfaatan tenaga nuklir untuk maksud damai.

Konsekuensi dari keterlibatan Indonesia di instrumen internasional dalam hal pemanfaatan tenaga nuklir adalah Indonesia perlu

mempertimbangkan kondisi ketenaganukliran internasional dalam pembentukan peraturannya. Salah satu yang dapat diatur dalam pengaturan ketenaganukliran yaitu kerja sama internasional. Indonesia bekerja sama dengan negara lain dalam ketenaganukliran dengan mengutamakan kepentingan nasional. Adanya pengaturan kerja sama internasional dengan mengutamakan kepentingan nasional mampu meningkatkan kapasitas sumber daya manusia, mendorong perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir, serta memperkuat pengawasan ketenaganukliran.

Kerja sama tidak hanya kerja sama publik juga kerja sama privat, kerja sama di bidang perdata (dagang) membuka peluang bisnis. Melalui kerja sama internasional, Indonesia dapat meningkatkan kepercayaan dunia dan dapat memanfaatkan peluang ekonomi dari bidang ketenaganukliran mengingat industri nuklir yang melibatkan banyak masyarakat ekonomi dunia.

Di sisi lain, kerja sama internasional ini, sebagai contoh keterlibatan Indonesia sebagai negara anggota IAEA, akan memberikan beban keuangan kepada negara untuk memberikan kontribusi ke IAEA. Kontribusi keanggotaan Indonesia pada organisasi internasional diatur dalam Peraturan Presiden Nomor 30 Tahun 2019 tentang Keanggotaan dan Kontribusi Indonesia pada Organisasi Internasional. Berikut ini jumlah kontribusi yang diberikan Indonesia pada tahun 2019, 2020, dan 2021.

Tabel 27. Kontribusi Indonesia (dalam Euro) kepada IAEA Tahun 2019[132]

Donors	Regular Budget (RB)	Technical Cooperation Fund (TCF)	National Participation Costs (NPCs)	Extrabudgetary (EB) a/		Total
				EB RB	EB TC	
Indonesia	1 684 687	211 892	974	17 584	126 890	2 042 027
Iran, Islamic Republic of	1 573 531	-	560	10 000	-	1 584 091
Iraq	430 723	106 845	66	-	-	537 634
Ireland	1 201 102	140 000	-	-	-	1 341 102
Israel	1 544 276	267 542	468	-	20 000	1 832 286

[132] https://www.iaea.org/sites/default/files/gc/gc64-4.pdf

Tabel 28. Kontribusi Indonesia (dalam Euro) kepada IAEA Tahun 2020[133]

Donors	Regular Budget (RB)	Technical Cooperation Fund (TCF)	National Participation Costs (NPCs)	Extrabudgetary (EB) a/		Total
				EB RB	EB TC	
Indonesia	1 879 702	229 839	47 510	34 659	-	2 191 710
Iran, Islamic Republic of	1 379 168	337 274	39 645	-	-	1 756 087
Iraq	446 520	37 951	54 400	-	-	538 871
Ireland	1 365 486	157 189	-	20 000	-	1 542 675
Israel	1 801 524	311 076	34 801	-	-	2 147 401

Tabel 29. Kontribusi Indonesia (dalam Euro) kepada IAEA Tahun 2021[134]

Donors	Regular Budget (RB)	Technical Cooperation Fund (TCF)	National Participation Costs (NPCs)	Extrabudgetary (EB) a/		Total
				EB RB	EB TC	
Indonesia	1 910 755	467 493	2 156	-	-	2 380 404
Iran, Islamic Republic of	1 401 953	-	350	-	-	1 402 303
Iraq	453 896	-	712	-	-	454 608
Ireland	1 366 992	159 861	-	135 000	-	1 661 853
Israel	1 803 512	266 363	-	40 000	-	2 109 875

Berdasarkan tabel tersebut, maka besar kontribusi yang diberikan oleh Indonesia pada tahun 2019 adalah Rp. 33.268.546.116,- tahun 2020 adalah Rp. 35.707.169.988,- dan tahun 2021 adalah Rp. 38.781.325.474,-. Jumlah ini jauh lebih kecil dibandingkan dengan negara maju seperti Jepang, Amerika Serikat dan Korea Selatan, namun sebanding dengan negara Aisa Tenggara lainnya. Kontribusi Jepang kepada IAEA untuk tahun 2021 sebesar Rp. 885.981.314.435,- Amerika Serikat sebesar 2.944.356.238.329,- dan Korea Selatan sebesar Rp. 239.239.358.568,- sedangkan Singapura adalah sebesar Rp. 35.947.948.314,- serta Malaysia sebesar Rp. 25.272.437.852,-.

Manfaat dari kontribusi yang diberikan tersebut sebagian besar dapat diterima secara langsung misalnya pembiayaan untuk pelatihan warga negara Indonesia, pembiayaan untuk menghadiri pertemuan ilmiah baik berupa konferensi maupun *technical meeting*, pembiayaan untuk penyelenggaraan

[133] https://www.iaea.org/sites/default/files/gc/gc65-4.pdf
[134] https://www.iaea.org/sites/default/files/gc/gc66-3.pdf

pelatihan nasional maupun regional di Indonesia dan dalam bentuk peralatan/barang.

18. Sanksi Administratif

Penegakan hukum terhadap suatu peraturan perundang-undangan dapat diterapkan dengan berbagai bentuk, salah satunya dituangkan dalam ketentuan sanksi. Pencantuman sanksi harus disesuaikan dengan substansi yang diatur dalam peraturan perundang-undangan tersebut. Untuk substansi yang berkaitan dengan masalah administratif, sanksi administratif adalah yang paling efektif untuk diterapkan.

Sanksi administratif dapat diterapkan baik melalui jalur pengadilan maupun jalur non-pengadilan, yakni oleh pejabat administrasi. Sanksi administratif yang dituangkan dalam peraturan perundang-undangan kebanyakan terkait dengan masalah perizinan dan dilaksanakan oleh pejabat (badan) administrasi yang berwenang mengeluarkan perizinan tersebut. Sanksi administratif yang dijatuhkan oleh pejabat administrasi sering dikaitkan dengan pelanggaran terhadap persyaratan perizinan.

Terkait dengan pengawasan dalam bidang ketenaganukliran, BAPETEN berwenang mengeluarkan izin pemanfaatan tenaga nuklir. Untuk menjamin ditaatinya ketentuan terkait perizinan, dalam peraturan perundangundangan bidang ketenaganukliran diperlukan pencantuman sanksi administratif yang antara lain meliputi peringatan tertulis, paksaan pemerintah, denda administratif, pembekuan izin, dan pencabutan izin. Berdasarkan hal tersebut maka pengaturan sanksi administratif perlu dicantumkan dalam RUUK yang sekaligus menjadi dasar hukum/pendelegasian untuk peraturan pelaksana, mengingat setiap pengenaan sanksi administratif harus ada dasar hukumnya dan disertai dengan kemungkinan bagi yang terkena sanksi untuk mengajukan upaya hukum yaitu gugatan terhadap sanksi administratif tersebut.

(sampai sini 18082023 – 00:07)

19. Penyidikan dan Pembuktian

Penegakan hukum pidana materiil, dilakukan dengan menggunakan ketentuan sebagaimana dimaksud oleh hukum pidana formil, yaitu Kitab Undang-Undang Hukum Acara Pidana (KUHAP). Proses penegakan hukum pidana diawali dengan adanya penyelidikan, yaitu; "serangkaian tindakan penyelidik untuk mencari dan menemukan suatu peristiwa yang diduga sebagai tindak pidana guna menentukan dapat atau tidaknya dilakukan penyidikan menurut cara yang diatur dalam KUHAP." Yang melakukan penyelidikan adalah penyelidik, yaitu; pejabat polisi negara Republik Indonesia yang diberi wewenang oleh KUHAP untuk melakukan penyelidikan.

Proses penegakan hukum pidana setelah proses penyelidikan dilaksanakan adalah proses penyidikan, yaitu "serangkaian tindakan penyidik dalam hal dan menurut cara yang diatur dalam Undang-Undang ini untuk mencari serta mengumpulkan bukti yang dengan bukti itu membuat terang tentang tindak pidana yang terjadi dan guna menemukan tersangkanya." Yang melakukan penyidikan adalah penyidik, yaitu; "pejabat polisi negara Republik Indonesia atau pejabat pegawai negeri sipil tertentu yang diberi wewenang khusus oleh undang-undang untuk melakukan penyidikan, dan penyidik pembantu.

Di dalam UUK tidak terdapat pengaturan terkait dengan penyidik pegawai negeri sipil, tetapi terdapat pengaturan terkait dengan eksistensi lembaga-lembaga yaitu badan pelaksana, badan pengawas, dan majelis pertimbangan tenaga nuklir. Dalam hal-hal tertentu, tugas pengawasan dilakukan oleh badan pengawas, dalam hal ini melalui Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 76 Tahun 1998 dibentuklah Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN). Namun, BAPETEN tidak memiliki kewenangan untuk bertindak selaku PPNS. Maka beban penyidikan sepenuhnya berada pada penyidik kepolisian (termasuk penyidik pembantu). Terkait dengan tindak pidana ketenaganukliran, kadang-kadang disertai dengan tindak pidana lainnya, khususnya tindak pidana terkait dengan perlindungan

lingkungan hidup. Dengan demikian, beban pembuktiannya juga semakin rumit dan kompleks.

Dengan tidak adanya PPNS, maka proses penyelidikan dan penyidikan, termasuk pembuktian menjadi beban POLRI. Proses penyelidikan dimulai dari proses pelaporan, dengan menggunakan prosedur standar yang ada di kepolisian. Dalam hal ini, sangat dimungkinkan prosesnya "lambat" atau tidak efektif dibandingkan dengan potensi bahaya dari tindak pidana ketenaganukliran tersebut yang bersifat bersifat nyata, tetapi "tidak dapat dilihat" dan "tidak dapat dirasakan".

Sifat bahaya penanganan ketenaganukliran tersebut dapat dilihat dari adanya tunjangan bahaya radiasi bagi pegawai BAPETEN, melalui Peraturan Presiden Nomor 48 Tahun 2005 tentang Tunjangan Bahaya Radiasi Bagi Pegawai Negeri Sipil di Lingkungan Badan Pengawas Tenaga Nuklir, yang kemudian ditindaklanjuti dengan dikeluarkannya Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 11 Tahun 2014 tentang Tata Cara Penetapan Tunjangan Bahaya Radiasi Bagi Pegawai Negeri Sipil di Lingkungan Badan Pengawas Tenaga Nuklir. Sedangkan anggota kepolisian ketika menangani penyelidikan dan penyidikan tersebut, tidak mendapat tunjangan bahaya radiasi.

PPNS dengan demikian menjadi mutlak diperlukan untuk ditambahkan dalam kewenangan BAPETEN. Penegakan hukum di bidang ketenaganukliran terdiri atas penegakan hukum administratif dan penegakan hukum pidana. Penegakan hukum bertujuan agar perbuatan atau pengabaian yang melanggar hukum tidak memenuhi persyaratan, berhenti dan mengembalikan kepada keadaan semula (sebelum adanya pelanggaran).

Sebagaimana diuraikan dalam Bab II.C di atas, pengaturan dalam RUUK menyatakan bahwa penyidikan di bidang ketenaganukliran dilakukan oleh pejabat (penyidik) POLRI, penyidik TNI Angkatan Laut dan penyidik pegawai negeri sipil di bidang ketenaganukliran. Mengingat sifat bahaya yang berbeda dari barang bukti ketenaganukliran khususnya potensi bahaya paparan dan kontaminasi radiasi, penyidik di bidang ketenaganukliran perlu

dibekali dengan kompetensi terkait keselamatan radiasi. Oleh karena itu dengan pengaturan mengenai penyidik di bidang ketenaganukliran maka perlu dilaksanakan pelatihan terkait keselamatan radiasi untuk penyidik di bidang ketenaganukliran.

Pelanggaran hukum administratif di bidang ketenaganukliran juga bisa menjadi pelanggaran hukum pidana, jika ketika pemegang izin melakukan penyimpangan dari tujuan atau maksud dengan sengaja. Padahal pemegang izin yang "nakal" ini berurusan dangan tenaga nuklir yang memiliki risiko yang sangat nyata berbahaya bagi keselamatan manusia dan lingkungan hidup. Hal inilah yang menyebabkan keberadaan PPNS pada BAPETEN menjadi sangat diperlukan, karena nantinya dengan adanya PPNS pada BAPETEN, maka dapat segera mengambil tindakan-tindakan penting yang tetap berkoordinasi dengan penyidik POLRI.

Berdasarkan Pasal 44 KUHAP barang bukti disimpan di Rumah Penyimpanan Benda Sitaan Negara (RUPBASAN), di bawah Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia. RUPBASAN adalah satu-satunya tempat penyimpanan segala macam benda sitaan yang diperlukan sebagai barang bukti dalam proses peradilan termasuk barang yang dinyatakan dirampas berdasarkan putusan hakim dan benda tersebut dilarang untuk dipergunakan oleh siapapun juga. Berdasarkan Keputusan Menteri Kehakiman Nomor: M.04.PR.07.03 Tahun 1985 tentang Organisasi dan Tata Kerja Tata Kerja Rumah Tahanan dan Rumah Penyimpanan Benda Sitaan Negara, tugas pokok RUPBASAN adalah "Melakukan penyimpanan benda sitaan dan barang rampasan negara". Melakukan penyimpanan benda sitaan negara dan barang rampasan negara berarti melakukan perbuatan menyimpan atau menaruh di tempat yang aman supaya tidak rusak atau hilang atau berkurang benda dan barang tersebut.

Dalam rangka penambahan kewenangan PPNS tersebut, maka BAPETEN juga harus diberikan tambahan fasilitas berupa tempat penyimpanan barang bukti. Mengingat barang bukti di bidang ketenaganukliran memiliki sifat yang khusus yang memerlukan penanganan

dan fasilitas yang khusus, maka barang bukti tersebut harus disimpan pada fasilitas penyimpanan barang bukti yang dapat menjamin keselamatan dan keamanan barang bukti.

Pengaturan di RUUK saat ini mengatur bahwa fasilitas penyimpanan barang bukti berada pada badan pelaksana, namun dalam kondisi tertentu, jika badan pelaksana tidak dapat menyimpan maka penyimpanan barang bukti dilakukan oleh badan pengawas.

Saat ini penggunaan bahan nuklir masih terbatas pada Pulau Jawa, namun penggunaan zat radioaktif tersebar di seluruh provinsi di Indonesia. Oleh karena itu, barang bukti mungkin saja berada pada lokasi yang jauh dari fasilitas penyimpanan milik badan pelaksana. Dengan demikian, diperlukan pembangunan fasilitas penyimpanan barang bukti di beberapa wilayah di Indonesia, mengingat biaya untuk pengangkutan barang bukti ke badan pelaksana akan cukup besar dan tidak efisien khususnya apabila barang bukti berada pada pulau yang berbeda dengan fasilitas penyimpanan badan pelaksana. Alternatif lain untuk penyimpanan barang bukti adalah dengan menyewa *bunker* penyimpanan sementara zat radioaktif milik pemegang izin. Hal ini akan menghemat anggaran dibandingkan dengan membangun fasilitas penyimpanan.

Selain dari zat radioaktif yang berada di seluruh wilayah Indonesia, zat radioaktif dari luar wilayah Indonesia dapat masuk ke wilayah Indonesia baik secara legal maupun ilegal melalui:

a. perbatasan darat Indonesia dengan negara tetangga, seperti perbatasan antara Malaysia, Brunei, Timor Leste dengan Indonesia; dan
b. pelabuhan dan bandar udara.

Dalam kaitannya dengan zat radioaktif yang masuk dari luar wilayah Indonesia tersebut maka fasilitas penyimpanan barang bukti dapat bekerja sama dengan kantor perwakilan Badan Nasional Pengelola Perbatasan (BNPP) di perbatasan tersebut, DJBC-Kementerian Keuangan dan kantor pelabuhan/perusahaan manajemen bandar udara di Indonesia.

Adapun biaya pembangunan fasilitas penyimpanan zat radioaktif tidak hanya mempertimbangkan biaya pembangunannya saja, melainkan juga harus meliputi biaya penentuan lokasi untuk memastikan keamanan zat radioaktif dari pencurian dan keselamatan masyarakat sekitar dan lingkungan hidup dari paparan radiasi yang dihasilkan oleh benda sitaan berupa zat radioaktif. Selain itu, biaya pembangunan fasilitas juga harus mempertimbangkan biaya operasional, dan perawatan, serta kemudahan untuk mengangkut benda sitaan tersebut ke pengadilan/badan pelaksana untuk persidangan dan, pada akhirnya, pelimbahan. Sebagai perbandingan, Komisi Pemberantasan Korupsi (KPK) membangun RUPBASAN senilai 65 miliar rupiah di Cawang.[135] RUPBASAN ini belum layak untuk menyimpan benda sitaan berupa zat radioaktif karena tidak dilapisi dengan perisai radiasi untuk menjaga agar tidak ada paparan radiasi yang terhambur ke lingkungan sekitar, untuk menjamin perlindungan masyarakat dan proteksi lingkungan hidup di sekitar RUPBASAN dari bahaya radiasi. Penambahan perisai radiasi itu sendiri memerlukan biaya yang tidak sedikit karena perisai terbuat dari timbal dengan ketebalan yang cukup untuk menahan paparan radiasi tetap berada di fasilitas penyimpanan. Selain itu, perlu dipertimbangkan adanya petugas proteksi radiasi (PPR) untuk memantau paparan radiasi di sekitar fasilitas penyimpanan secara berkala.

[135] https://nasional.kompas.com/read/2022/08/10/13290061/kpk-habiskan-rp-65-miliar-untuk-pembangunanrupbasan-di-cawang].

Gambar 61. Fasilitas penyimpanan sementara (bunker) sumber radiasi untuk radiografi.

Salah satu contoh biaya pembangunan *bunker* untuk LINAC sebagimana tercantum dalam e-catalogue 5.0 Lembaga Kebijakan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah (LKPP) untuk Wilayah Indonesia Bagian Timur (Termasuk Pekerjaan Perencanaan & Pengawasan) sebesar Rp 15,094,000,000 dan untuk wilayah Indonesia Barat sebesar Rp. 10,920,000,000 dan Wilayah Indonesia Bagian Tengah sebesar Rp. 11,855,000,000. Biaya pembangunan tersebut telah termasuk mekanikal elektrikal (ME), pintu anti radiasi, dinding telah memperhitungkan paparan radiasi pada *bunker* LINAC sesuai dengan spesifikasi menggunakan perhitungan perisai berdasarkan[156]:

a. IAEA Safety Reports Series No. 47 (SRS47)
b. SNI 2847-2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung 4.
c. SNI 1726-2019 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung 5.
d. Keputusan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 11/KaBAPETEN/VI-99 tentang Izin Konstruksi dan Operasi Iradiator.

e. Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 1 Tahun 2022 tentang Penatalaksanaan Perizinan Berusaha Berbasis Risiko Sektor Ketenaganukliran.

f. Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 3 Tahun 2021 tentang Standar Kegiatan Usaha dan Standar Produk Pada Penyelenggaraan Perizinan Berusaha Berbasis Risiko Sektor Ketenaganukliran.

20. Sanksi Pidana

a. Kerugian yang ditimbulkan akibat tindak pidana ketenaganukliran

Tindak pidana yang diatur dalam RUUK di antaranya adalah melakukan kegiatan ketenaganukliran atau membangun/mengoperasikan fasilitas radiasi/instalasi nuklir tanpa izin, bekerja pada kegiatan dan fasilitas ketenaganukliran tanpa izin bekerja, melakukan kelalaian dalam melaksanakan kegiatan dan mengoperasikan fasilitas yang menyebabkan

[156] https://e-katalog.lkpp.go.id/id/search-produk?authenticityToken=82b5129b5d16efc201f5278e1c2da19cf6070d34&q=Pembangunan+1+Unit+Bunker+Alat+LINAC+Compact+-+Wilayah+Indonesia+Bagian+Barat+%28Termasuk+Pekerjaan+Perencanaan+%26+Pengawasan%29&prid=&pid=&gt=&lt=&mid=&kbid=&order=&cat=

kecelakaan, dan/atau melakukan tindakan kejahatan terhadap keamanan nuklir dan garda aman. Tindak pidana ketenaganukliran tersebut dapat menimbulkan kerugian sebagai berikut:

1) potensi dampak pada keselamatan manusia (masyarakat dan pekerja) dan lingkungan hidup;
2) potensi hilangnya pekerjaan dan harta benda;
3) dalam tindak pidana ketenaganukliran berupa pemanfaatan tenaga nuklir tanpa izin maka potensi penerimaan negara menjadi berkurang; dan
4) potensi menurunnya budaya kesadaran hukum dalam bidang ketenaganukliran.

Contoh kelalaian yang menyebabkan kecelakaan nuklir atau kecelakaan radiasi di dunia di antaranya kecelakaan Chernobyl – Ukraina tanggal 26 April 1986, kecelakaan kritikalitas di fasilitas pengkayaan uranium milik JCO di Tokaimura Jepang tanggal 30 September 1999, kecelakaan radiasi di Goiana Brazil 21 September 1987. Ketiga kecelakaan tersebut menyebabkan korban jiwa baik korban yang meninggal karena radiasi akut maupun korban dengan tingkat radiasi yang lebih rendah namun harus kehilangan pekerjaan. Ketiga kasus tersebut telah diproses secara hukum di negara masing-masing.

Kecelakaan Chernobyl mengakibatkan sedikitnya mencapai 31 korban tewas, lebih dari 230 dirawat di rumah sakit karena penyakit radiasi dan luka bakar dan diperkirakan 135.000 dievakuasi dari rumah mereka di Ukraina dan Byelorussia karena kontaminasi radioaktif yang menyebar ke seluruh Eropa dan seluruh dunia. Sedangkan pada kecelakaan Tokaimura, dua pekerja tewas akibat paparan radiasi akut dan 600 orang terpapar radiasi dengan dosis kecil. Sedangkan pada kecelakaan Goiana, 4 orang meninggal karena radiasi akut, lima belas orang luka berat dan tiga puluh orang lainnya luka ringan, 249 orang memiliki tingkat kontaminasi yang signifikan di dalam atau pada permukaan tubuhnya.

Pada kecelakaan Chernobyl, terdapat 6 orang yang mendapatkan sanksi pidana atas kelalaiannya yang menyebabkan kecelakaan. Hukuman penjara maksimal yakni 10 tahun kepada Viktor Brukhanov, mantan direktur pembangkit. Brukhanov dinyatakan bersalah pelanggaran berat terhadap aturan keselamatan dan kelalaian kriminal yang menyebabkan bencana tersebut. Brukhanov juga menerima hukuman lima tahun karena penyalahgunaan kekuasaan. Mantan *chief engineer*, Nikolai Fomin, dan wakilnya, Anatoly Dyatlov, menerima hukuman 10 tahun penjara atas peran mereka dalam kecelakaan tersebut. Boris Rogozhkin, kepala *shift* di reaktor ke empat dijatuhi hukuman 5 tahun bekerja "di kamp kerja paksa biasa,". *Chief engineer* reaktor, Alexander Kovalenko, dijatuhi hukuman 3 tahun, dan *senior engineer* Yuri Laushkin menjalani hukuman 2 tahun di kamp kerja

paksa.[136]

Pada kasus kecelakaan Tokaimura, Kenzo Koshijima, kepala pabrik yang menjabat saat kecelakaan terjadi, menerima hukuman tiga tahun, dan penangguhan selama lima tahun, serta denda sebesar 500.000 Yen (Rp. 56.000.000,-). Lima karyawan lainnya dijatuhi hukuman penjara yang ditangguhkan berkisar antara dua dan tiga tahun. JCO didenda 1 juta Yen (Rp. 112.000.000) karena melanggar Peraturan Reaktor Nuklir.[137]

Pada kecelakaan Goiana, tidak diberikan hukuman badan kepada individu, karena kepemilikan zat radioaktif adalah oleh korporasi bukan perorangan. Putusan yang diberikan adalah pemberian ganti rugi yang ditanggung oleh instansi pemerintah (pemerintah federal, pemerintah daerah, badan pengawas, pemilik klinik, dan lembaga jaminan sosial tenaga kerja sebagai pemilik lahan yang digunakan oleh klinik).

b. Tindak pidana ketenaganukliran di Indonesia

Berdasarkan penelusuran, tindak pidana ketenaganukliran di Indonesia yang dilanjutkan sampai ke proses persidangan, pada umumnya dijatuhkan hukuman pidana denda dengan jumlah yang tidak terlalu banyak. Beberapa putusan pengadilan tindak pidana ketenaganukliran:

1) Putusan Pengadilan Negeri Medan Tahun 2015 Nomor

   3474/Pid.Sus/2015/PN Mdn, tindak pidana melakukan pemanfaatan tanpa izin dengan pidana denda Rp 15.000.000,- (lima belas juta rupiah), subsidair 3 (tiga) bulan kurungan.

2) Putusan Pengadilan Negeri Medan Tahun 2015 Nomor

   3828/Pid.Sus/2015/PN Mdn: tindak pidana melakukan pemanfaatan tanpa izin dengan pidana denda Rp 15.000.000,-(lima belas juta rupiah), subsidair 3 (tiga) bulan kurungan.

[136] https://www.chicagotribune.com/news/ct-xpm-1987-07-30-8702250766-story.html
[137] https://www.neimagazine.com/news/newscourt-rules-on-tokai-accident

3) Putusan Pengadilan Negeri Sidikalang Tahun 2019 Nomor 150/Pid.Sus/2019/PN. Sdk: tindak pidana melakukan pemanfaatan tanpa izin dengan pidana denda sebanyak Rp. 20.000.000,- (dua puluh juta rupiah) dengan ketentuanapabila terdakwa tidak mampu membayar diganti kurungan selama 3 (tiga) bulan.
4) Putusan Pengadilan Negeri Gunung Sugih Tahun 2020 Nomor 549/Pid.B/LH/2020/PN Gns: dengan pidana penjara selama 6 (enam) bulan dengan masa percobaan selama 1 (satu) tahun dan 3 (tiga) bulan dan denda sebesar Rp 5.000.000,-(lima juta rupiah) subsidiar 3 (tiga) bulan kurungan; (tindak pidana lingkungan hidup dan tindak pidana ketenaganukliran).
5) Putusan Pengadilan Negeri Binjai Nomor 487/Pid.Sus/2020/PN Bnj Tahun 2021: Bebas.
6) Putusan Pengadilan Negeri Serang Nomor 124/Pid.Sus/2021/PN Srg, tindak pidana terkait pengelolaan limbah radioaktif, pidana denda sebesar Rp.100.000.000,- (seratus juta rupiah).

Sebagai pembelajaran menarik untuk melihat Putusan Pengadilan Negeri Binjai Nomor 487/Pid.Sus/2020/PN Bnj Tahun 2021 yang melepaskan terdakwa PN (inisial) selaku pimpinan RSU Bangkatan. Dalam pertimbangannya, Majelis Hakim menilai pesawat sinar X yang dimiliki oleh Rumah Sakit Umum (RSU) Bangkatan sudah beroperasi sejak bulan Maret 2020, sedangkan terdakwa menjabat sejak bulan Juni 2020. Adapun izin dari BAPETEN sedang diurus oleh pihak RSU Bangkatan. Sedangkan, pesawat sinar-X sudah digunakan oleh pihak RSU Bangkatan, karena saat itu sedang dalam masa pandemi COVID-19, sehingga banyak pasien yang membutuhkan rontgen sinar-X tersebut.

Dalam hal ini, sepertinya Majelis Hakim tidak memperhatikan bahwa sebagai sebuah kegiatan yang dilakukan oleh pelaku usaha berbentuk badan usaha atau badan hukum, maka tindak pidana ketenaganukliran pada umumnya merupakan tindak pidana korporasi. Menurut Mardjono

Reksodiputro, dalam pengaturannya mengenai korporasi sebagai subjek hukum pidana, memiliki tiga model pertanggungjawaban pidana korporasi, sebagai berikut: 1) pengurus korporasi sebagai pembuat dan pengurus korporasi yang bertanggung jawab; 2) korporasi sebagai pembuat dan pengurus bertanggung jawab; dan 3) korporasi sebagai pembuat dan juga korporasi yang bertanggung jawab.[138]

Dalam kasus RSU Bangkatan ini, PN menjadi terdakwa dalam kapasitasnya selaku pimpinan dari suatu korporasi (RSU Bangkatan). Mengenai pengoperasian sinar-X sebelum PN menjabat sebagai pimpinan korporasi, seharusnya tidak menjadi konsiderans. Dalam hal ini, sebenarnya korporasilah yang harus bertanggung jawab, namun karena korporasi bukanlah manusia yang dapat dihadapkan ke muka hukum secara fisik, maka pimpinan korporasi tersebutlah yang dihadapkan ke muka hukum.

Melihat pidana penjara dan pidana denda yang diuraikan di atas yang nilainya sangat kecil dibandingkan dengan adanya potensi untuk mengakibatkan korban jiwa, dan pencemaran lingkungan hidup, maka dalam RUUK perlu diatur kembali mengenai kurun waktu pidana penjara dan besarnya pidana denda, agar dapat memberikan efek jera ataupun sebagai upaya pencegahan untuk terjadinya tindak pidana pada bidang ketenaganukliran. Selain itu dalam UUK, belum diatur mengenai sanksi pidana terhadap kejahatan terhadap keamanan nuklir dan garda-aman, yang mana hal ini juga mempunyai risiko yang sama dengan kejadian kecelakaan, bahkan dapat berpotensi menimbulkan dampak negatif yang lebih besar karena adanya unsur kesengajaan.

Penerapan sanksi pidana ini juga diharapkan meningkatkan kepatuhan pemegang izin dan pelaku usaha lainnya dalam menjalankan kegiatan dan fasilitas ketenaganukliran. Kepatuhan ini juga dapat menjadi peluang bisnis, khususnya terkait limbah radioaktif, yang mana harus dilakukan pengiriman ke negara asal atau ke pengelola limbah radioaktif. Pihak yang memberikan

[138] Mardjono Reksodiputro, Pertanggungjawaban Pidana Korporasi dalam Tindak Pidana Korporasi, (Semarang: FH-UNDIP, 1989), hlm. 9

jasa pengiriman harusnya juga menjadi obyek pengawasan dan dilegalkan agar pengiriman zat radioaktif terpantau.

Dampak ekonomi lainnya dengan proses penegakan hukum yang dilakukan adalah berkurangnya pendapatan pelaku usaha dari kegiatan atau fasilitas ketenaganukliran. Sebagai contoh, penegakan hukum di Batam putusannya pidana denda 10 juta rupiah, dengan waktu penanganan kasus hukum mencapai 1 tahun. Dalam kondisi ini, peralatan tanpa izin tidak dapat digunakan sehingga berdampak secara ekonomi bagi pelaku dari sisi pengoperasian peralatan zat radioaktif.

Ketentuan pidana mengenai akibat dari pemanfaatan tenaga nuklir yang membawa dampak pada lingkungan hidup dikategorikan sebagai "*ultimum remedium"* atau upaya terakhir, yang mana hukum pidana hendaklah dijadikan upaya terakhir penegakan hukum. Dalam hal ini dikedepankan penegakan hukum melalui pembinaan, dan sanksi administratif dari BAPETEN. Permasalahannya, sanksi administratif dalam hal ini hanya dapat dijatuhkan terhadap pemegang izin.

c. Tindak Pidana Ketenaganukliran di Indonesia sebagai Tindak Pidana Administrasi (*Administrative Penal Law*)

UUK yang telah diubah sebagian dengan Undang-Undang No. 6 Tahun 2023 tentang Penetapan Peraturan Pemerintah Pengganti Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2022 tentang Cipta Kerja Menjadi Undang-Undang, adalah undang-undang administrasi. Karena pada dasarnya UUK merupakan produk legislasi berupa perundang-undangan dalam lingkup administrasi negara. Oleh karenanya, pengaturan hukum pidana di dalamnya adalah sebuah bentuk *administrative penal law*. Dinamakan *Administrative Penal Law* (hukum pidana khusus ekstra aturan pidana) karena merupakan hukum administrasi yang memiliki sanksi pidana namun merupakan pidana khusus karena undang-undangnya berada di luar Kitab Undang-Undang Hukum Pidana (KUHP).[139]

[139] Andi Hamzah, Pemberantasan Korupsi melalui Hukum Pidana Nasional dan Internasional, (Jakarta:Raja Grafindo Persada, 2005), hlm. 3

Menurut Andi Hamzah, di Indonesia perkembangan perundangundangan pidana di luar KUHP berbeda dengan Belanda. Di Belanda, pada umumnya perundang-undangan pidana di luar KUHP itu dibagi dua, yaitu perundang-undangan pidana dan perundang-undangan administrasi yang bersanksi pidana. Lebih lanjut Andi Hamzah berpendapat bahwa perundangundangan administrasi yang bersanksi pidana itu, biasanya berupa delik pelanggaran saja, dengan sanksi yang ringan.[140] Hal inilah yang kemudian juga kita dapat lihat dalam putusan-putusan pengadilan di mana sanksisanksi yang dijatuhkan cenderung tidak berat.

Dengan memperhatikan potensi bahaya dari basis data kecelakaan internasional, maka sebenarnya diperlukan penguatan dalam penjatuhan sanksi pidana dalam tindak pidana ketenaganukliran. Dapat dipikirkan untuk memberikan bentuk sanksi baru dalam tindak pidana ketenaganukliran, misalnya melalui *Legal Financial Obligations* (LFO). Salah satu bentuk LFO ini adalah denda, biaya, atau *fee* bagi mereka yang terkena pidana. LFO ini telah menyebar luas di Amerika Serikat dan dikenakan untuk pelanggaran mulai dari dugaan pelanggaran lalu lintas hingga tindak pidana. Kemunculan LFO telah dianggap sebagai alternatif yang lebih efektif dalam menghukum, daripada menghukum pelaku dengan menghabiskan waktu di penjara, yang justru akan menjadi tambahan beban bagi negara.[141]

LFO ini berbeda dengan sanksi administratif, di mana LFO diputuskan oleh Majelis Hakim sedangkan sanksi administratif dijatuhkan oleh regulator, dalam hal ketenaganukliran di Indonesia oleh BAPETEN. Sanksi yang dijatuhkan oleh Majelis Hakim berupa LFO ini bahkan dapat memperhitungkan jumlah biaya yang dikeluarkan oleh negara, jika si terdakwa dihukum penjara.

BAB III EVALUASI DAN ANALISIS PERATURAN

[140] Andi Hamzah, Hukum Pidana Khusus (Economic Crime), Bahan Penataran Nasional: Hukum Pidana dan Kriminologi, Semarang, 23-30 November 1998.

[141] Ilya Slavinski dan Becky Pettit, Proliferation of Punishment: The Centrality of Legal Fines and Fees in the

Landscape of Contemporary Penology, Oxford University Journal of Social Problems (2021), hlm. 1-26

PERUNDANG-UNDANGAN TERKAIT

Peraturan perundang-undangan yang terkait dengan pembentukan norma baru penyelenggaraan ketenaganukliran antara lain:

1. Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara (UU Minerba) dan Undang-Undang Nomor 3 tahun 2020 tentang Perubahan atas Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2009 tentang Pertambangan Mineral dan Batubara (UU Perubahan Minerba).

UU Minerba Pasal 34 ayat (1) dan ayat (2) mengelompokkan usaha pertambangan menjadi dua golongan, yaitu pertambangan mineral dan pertambangan batubara. Selanjutnya, usaha pertambangan mineral digolongkan atas mineral radioaktif, mineral logam, mineral bukan logam, dan batuan. Dalam UU Minerba ini, yang dimaksud dengan pertambangan mineral radioaktif adalah pertambangan sebagaimana diatur dalam peraturan perundang-undangan di bidang ketenaganukliran.

Pasal 1 angka 28a UU Perubahan Minerba mendefinisikan Wilayah Hukum Pertambangan adalah seluruh ruang darat, ruang laut, termasuk ruang dalam bumi sebagai satu kesatuan wilayah yakni kepulauan Indonesia, tanah di bawah perairan, dan landas kontinen. Kemudian Pasal 9 ayat (1) UU Perubahan Minerba mengatur bahwa wilayah pertambangan sebagai bagian dari wilayah hukum pertambangan merupakan landasan bagi penetapan kegiatan usaha pertambangan sehingga pertambangan mineral radioaktif merupakan bagian dari wilayah hukum pertambangan dan menyesuaikan dengan wilayah pertambangan yang diatur dalam UU Minerba maupun UU Perubahan Minerba.

Pasal 50 UU Minerba mengatur bahwa WUP mineral radioaktif ditetapkan oleh Pemerintah dan pengusahaannya dilaksanakan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan. Lebih lanjut dalam Pasal 92 UU Perubahan Minerba mengatur bahwa pemegang IUP dan IUPK berhak memiliki mineral, termasuk mineral ikutannya, atau batubara yang telah diproduksi setelah memenuhi iuran produksi, kecuali MIR. Hal ini dapat

dimaknai bahwa pemilik IUP dan IUPK tidak memiliki hak dalam MIR, adapun hak tersebut menjadi milik negara.

Terkait hal di atas, UUK telah mengatur pertambangan bahan galian nuklir. Nomenklatur yang digunakan dalam UU Minerba dan UUK berbeda, di mana UU Minerba menggunakan istilah mineral radioaktif sedangkan dalam UUK menggunakan istilah bahan galian nuklir namun objek yang dimaksud adalah sama yaitu uranium dan thorium. Sehingga dalam pengaturan baru perlu disamakan istilahnya yaitu dengan menggunakan istilah yang sama dengan UU Minerba.

Dalam UU Minerba telah ditentukan luas wilayah pertambangan untuk kegiatan eksplorasi bagi pemegang IUP eksplorasi mineral logam, pemegang IUP eksplorasi mineral bukan logam, dan pemegang IUP eksplorasi batuan, namun untuk kegiatan eksplorasi mineral radioaktif, luas wilayah pertambangan belum diatur. Pengaturan wilayah dalam Undang-Undang ini bagi berbagai pemegang IUP eksplorasi diberikan pada Tabel 30.

Tabel 30. Pengaturan wilayah eksplorasi dalam UU Minerba.

Jenis IUP Eksplorasi	Luas Minimal	Luas Maksimal	Pasal
mineral logam	5.000	100.000	Pasal 52
mineral bukan logam	500	25.000	Pasal 55
batuan	5	5.000	Pasal 58
batubara	5.000	50.000	Pasal 61

Mengingat mineral radioaktif masih termasuk mineral logam maka pemegang IUP eksplorasi mineral radioaktif diberi WIUP yang sama dengan pemegang IUP mineral logam. Pemegang IUP eksplorasi mineral radioaktif diberi WIUP dengan luas paling sedikit 5.000 (lima ribu) hektare dan paling banyak 100.000 (seratus ribu) hektare.

Terkait dengan pendapatan negara dan pendapatan daerah, di dalam UU Minerba diatur bahwa pemegang perizinan berusaha pertambangan mineral radioaktif wajib membayar pendapatan negara dan pendapatan daerah. Pendapatan negara terdiri atas penerimaan pajak dan penerimaan

negara bukan pajak. Penerimaan pajak terdiri atas: (a) pajak-pajak yang menjadi kewenangan Pemerintah sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan di bidang perpajakan; dan (b) bea masuk dan cukai.

Penerimaan negara bukan pajak terdiri atas: a. iuran tetap; b. iuran produksi; dan c. kompensasi data informasi. UU Perubahan Minerba menambahkan penerimaan negara bukan pajak lain yang sah berdasarkan ketentuan peraturan perundang-undangan. Sedangkan pendapatan daerah terdiri atas: a. pajak daerah; b. retribusi daerah; dan c. pendapatan lain yang sah berdasarkan ketentuan peraturan perundang-undangan.

2. Undang-Undang No. 3 Tahun 2002 tentang Pertahanan Negara (UU Pertahanan Negara)

UU ini mengatur mengenai pertahanan negara yakni segala usaha untuk mempertahankan kedaulatan negara, keutuhan wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia, dan keselamatan segenap bangsa dari ancaman dan gangguan terhadap keutuhan bangsa dan negara. Pola dan bentuk ancaman di era globalisasi sangat dipengaruhi oleh perkembangan kemajuan ilmu pengetahuan, teknologi, komunikasi, dan informasi. Ancaman terhadap kedaulatan negara yang semula bersifat konvensional (fisik) dan saat ini berkembang menjadi multidimensional (fisik dan nonfisik), baik yang berasal dari luar negeri maupun dari dalam negeri. Ancaman yang bersifat multidimensional tersebut dapat bersumber, baik dari permasalahan ideologi, politik, ekonomi, sosial budaya maupun permasalahan keamanan yang terkait dengan kejahatan internasional, antara lain terorisme, imigran gelap, bahaya narkotika, pencurian kekayaan alam, bajak laut, dan perusakan lingkungan.

Pasal 7 UU Pertahanan Negara mengatur bahwa pertahananan negara diselenggarakan oleh Pemerintah dan dipersiapkan secara dini dengan sistem pertahanan negara. Sistem pertahanan negara dalam menghadapi ancaman militer menempatkan TNI sebagai komponen utama dengan didukung oleh komponen cadangan dan komponen pendukung, sedangkan dalam

menghadapi ancaman nonmiliter menempatkan lembaga pemerintah di luar bidang pertahanan sebagai unsur utama, sesuai dengan bentuk dan sifat ancaman yang dihadapi dengan didukung oleh unsur-unsur lain dari kekuatan bangsa.

Fungsi pertahanan dan keamanan diselenggarakan melalui usaha membangun dan membina kemampuan, daya tangkal negara dan bangsa serta menanggulangi setiap ancaman meliputi sub fungsi pertahanan, sub fungsi keamanan dalam negeri dan sub fungsi keamanan ketertiban masyarakat. Keseluruhannya diselenggarakan melalui manajemen damai, manajemen krisis dan manajemen perang, sesuai dengan eskalasi ancamannya. Di dalam setiap fungsi tersebut semua kekuatan nasional mempunyai peran pelibatan sesuai tugas dan fungsinya secara terpadu dan sinergis. Upaya perwujudan keamanan dalam masyarakat memerlukan suatu sistem pengelolaan keamanan masyarakat yang di dalamnya terdapat:

(a) tataran kewenangan dan peran lembaga-lembaga negara;
(b) mekanisme alokasi sumber daya nasional;
(c) mekanisme anggaran; dan
(d) transparansi, akuntabilitas, dan pengawasan.

Dalam kaitannya dengan ketenaganukliran, terdapat potensi ancaman terhadap keamanan nuklir seperti pencurian, pemindahan zat radioaktif dan bahan nuklir secara tidak sah, sabotase fasilitas nuklir dan bahan nuklir yang perlu dicegah melalui upaya deteksi, pencegahan, dan respons, serta koordinasi berbagai lembaga pemerintah.

3. Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi (UU Energi)

Menurut Pasal 1 angka 4 UU Energi menyatakan bahwa sumber energi baru adalah sumber energi yang dapat dihasilkan oleh teknologi baru baik yang berasal dari sumber energi terbarukan maupun sumber energi tak terbarukan, antara lain nuklir, hidrogen, gas metana batubara (*coal bed methane*), batubara tercairkan (*liquified coal*), dan batubara tergaskan (*gasified coal*). Sehingga nuklir merupakan sebagai salah satu aset dan

sumber energi baru bagi pengembangan Indonesia ke depan. Hal ini sesuai dengan semangat Nawacita Presiden Joko Widodo untuk mengembangkan dan mencari sumber energi baru dan mengurangi ketergantungan pada energi yang tak terbarukan (*nonrenewable resources*). RUUK harus menegaskan bahwa energi nuklir merupakan sumber energi baru yang memiliki posisi penting dalam memenuhi kebutuhan energi nasional.

Pasal 4 ayat 1 UU Energi memberikan amanah bahwa sumber daya energi fosil, panas bumi, hidro skala besar, dan sumber energi nuklir dikuasai oleh negara dan dimanfaatkan untuk sebesar-besar kemakmuran rakyat. Sumber daya energi baru dan sumber daya energi terbarukan diatur oleh negara dan dimanfaatkan untuk sebesar-besar kemakmuran rakyat. Penguasaan dan pengaturan sumber daya energi oleh negara diselenggarakan oleh Pemerintah sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan. Penguasaan sumber daya energi oleh negara sangat penting dalam konteks kemakmuran rakyat dan ketahanan nasional.

Terkait keselamatan dan lingkungan hidup, pada Pasal 8 UU Energi mensyaratkan bahwa setiap kegiatan pengelolaan energi wajib mengutamakan penggunaan teknologi yang ramah lingkungan hidup dan memenuhi ketentuan yang disyaratkan dalam peraturan perundangundangan di bidang lingkungan hidup. Setiap kegiatan pengelolaan energi wajib memenuhi ketentuan yang disyaratkan dalam peraturan perundangundangan di bidang keselamatan yang meliputi standardisasi, pengamanan dan keselamatan instalasi, serta keselamatan dan kesehatan kerja. Hal ini sejalan dengan pengaturan dalam RUUK yang sangat menekankan aspek keselamatan baik bagi pekerja, masyarakat, dan perlindungan lingkungan hidup, keamanan, dan garda-aman.

Dalam UU Energi, pada Pasal 20 ayat 4, penyediaan energi baru dan energi terbarukan wajib ditingkatkan oleh Pemerintah dan Pemerintah Daerah sesuai dengan kewenangannya. Penyediaan energi dari sumber energi baru dan sumber energi terbarukan yang dilakukan oleh badan usaha, bentuk usaha tetap, dan perseorangan dapat memperoleh kemudahan

dan/atau insentif dari Pemerintah dan/atau Pemerintah Daerah sesuai dengan kewenangannya untuk jangka waktu tertentu hingga tercapai nilai keekonomiannya. Insentif dari Pemerintah dapat diberikan untuk penyediaan energi baru yang bersumber dari tenaga nuklir, antara lain dengan fasilitasi penyediaan tapak untuk PLTN dan fasilitasi dalam pengembangan teknologi nuklir untuk energi.

4. Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2014 tentang Perindustrian (UU Perindustrian)

Pada perkembangan terkini, banyak industri yang menggunakan teknologi nuklir khususnya dalam memanfaatkan radiasi untuk mengontrol kualitas produk antara lain pabrik kertas, pengalengan minuman, dan pemipaan. Pemanfaatan lain adalah untuk mendeteksi kandungan sumber daya alam seperti merunut alur minyak bawah tanah, dan mengetahui kandungan mineral di bawah tanah. UU Perindustrian tidak menyinggung kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir tersebut karena tidak termasuk dalam rangkaian proses kegiatan utama terkait kualitas maupun kuantitas produk. Salah satu lingkup pengaturan pada Pasal 4 UU Perindustrian adalah pembangunan sumber daya industri dengan tujuan pemberdayaan industri nasional. Hal ini juga harus dilaksanakan di bidang industri nuklir dan industri yang menggunakan teknologi nuklir.

Untuk ketenaganukliran sebagai kegiatan utama suatu industri misalnya yang dilakukan oleh PT INUKI, industri nuklir bisa digolongkan ke dalam industri strategis. Dengan adanya rencana pemanfaatan tenaga nuklir untuk pembangkit listrik dan fasilitas pendukungnya, maka perlu diantisipasi dengan pengembangan industri manufaktur komponen reaktor nuklir dan instalasi nuklir lainnya dengan menekankan penerapan pengaturan mengenai tingkat komponen dalam negeri (TKDN) pada komponen reaktor nuklir yang dihasilkan.

Berdasarkan Pasal 1 angka (4) UU Perindustrian, industri strategis adalah industri yang penting bagi negara dan yang menguasai hajat hidup

orang banyak, meningkatkan atau menghasilkan nilai sumber daya alam strategis, atau mempunyai kaitan dengan kepentingan pertahanan serta keamanan negara dalam rangka pemenuhan tugas pemerintah negara. Oleh karena pentingnya industri strategis ini maka jenis industri ini dikuasai oleh negara. Selain berkewajiban memiliki izin usaha indusri dan melaksanakan kegiatan usaha sesuai izin yang dimiliki, perusahaan industri nuklir juga wajib menjamin keamanan dan keselamatan atas proses, hasil produksi, penyimpanan, pengangkutan, dan pelimbahan.

5. Undang-Undang Nomor 7 Tahun 2014 tentang Perdagangan (UU Perdagangan)

UU perdagangan mengatur mengenai perdagangan dalam negeri, perdagangan luar negeri, perdagangan perbatasan, standardisasi, perdagangan melalui sistem elektronik, pelindungan dan pengamanan perdagangan, pemberdayaan koperasi serta usaha mikro, kecil, dan menengah, pengembangan ekspor, kerja sama perdagangan internasional, dan sistem informasi perdagangan. UU Perdagangan tersebut tidak memuat pengaturan secara spesifik tentang perdagangan yang terkait ketenaganukliran. Meskipun demikian, dalam ketenaganukliran terdapat kegiatan ekspor, impor, dan larangan dan pembatasan ekspor dan impor (lartas) bahan nuklir/zat radioaktif.

Kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir di Indonesia terus berkembang dan semakin meningkat penggunaannya, meliputi antara lain di bidang penelitian dan pengembangan, kesehatan, industri, dan pertanian. Kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir berkaitan langsung dengan bahan nuklir dan zat radioaktif. Mengingat keterbatasan pemenuhan kebutuhan bahan nuklir dan zat radioaktif yang bisa dipenuhi dari produksi dalam negeri, maka kegiatan ekspor dan impor, serta kemungkinan re-ekspor terhadap sumber radioaktif bekas atau bahan bakar nuklir bekas menjadi sangat strategis sebagai pintu gerbang lalu lintas antar negara.

Terkait dengan kegiatan ekspor dan impor perlu pengaturan untuk pengendalian ekspor dan impor bahan nuklir, peralatan, dan bahan terkait nuklir termasuk barang dwiguna. Pengendalian tersebut dilaksanakan dengan koordinasi antara kementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang perdagangan, kementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang kepabeanan, kementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang hubungan luar negeri, dan badan pengawas.

Kegiatan ekspor dan impor bahan nuklir, zat radioaktif, dan pembangkit radiasi pengion dilaksanakan dengan memperhatikan persyaratan keselamatan, keamanan, dan garda-aman. Kegiatan ekspor dan impor terkait ketenaganukliran juga memperhatikan ketentuan terkait perdagangan.

Dengan demikian keselarasan pengaturan mengenai ekspor, impor, dan pelarangan dan pembatasan dalam peraturan perundang-undangan bidang perdagangan dengan peraturan perundang-undangan bidang ketenaganukliran dapat mempertegas batasan kewenangan masing-masing lembaga dalam melaksanakan tugas administrasi pemerintahan dan dapat memudahkan/memperlancar proses perizinan pemanfaatan tenaga nuklir sehingga dapat menciptakan iklim investasi yang kondusif. Sampai di sini 00;52

6. Undang-Undang Nomor 40 Tahun 2014 tentang Perasuransian (UU Perasuransian)

Pengoperasian instalasi nuklir dan pengangkutan bahan nuklir sangat berisiko jika tidak memenuhi persyaratan yang telah ditentukan karena dapat menimbulkan resiko terjadi kecelakaan yang selanjutnya mengakibatkan kerugian nuklir. Pemegang otorisasi instalasi nuklir dan pemegang otorisasi pengirim wajib mempertanggungkan pertanggungjawabannya melalui asuransi atau jaminan keuangan lainnya. Dalam hal pemegang otorisasi pengirim mengalihkan tanggung jawabnya, ketentuan tentang kewajiban untuk mempertanggungkan pertanggungjawabannya melalui asuransi atau

jaminan keuangan lainnya berlaku bagi pemegang otorisasi penerima atau pengusaha pengangkut.

Hukum positif mengatur perasuransian yaitu Undang-Undang Nomor 40 Tahun 2014 tentang Perasuransian. Undang-Undang ini sebagian ketentuan pengaturannya telah diubah dengan Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2023 tentang Pengembangan dan Penguatan Sektor Keuangan. Perubahannya terutama terkait penambahan prinsip kesyariahan.

Dalam Undang-Undang Nomor 40 Tahun 2014, yang dimaksud asuransi adalah ketentuan perjanjian antara dua pihak, yaitu perusahaan asuransi dan pemegang polis, yang menjadi dasar bagi penerimaan premi oleh perusahaan asuransi sebagai imbalan untuk memberikan penggantian kepada tertanggung atau pemegang polis karena kerugian, kerusakan, biaya yang timbul, kehilangan keuntungan, atau tanggung jawab hukum kepada pihak ketiga yang mungkin diderita tertanggung atau pemegang polis karena terjadinya suatu peristiwa yang tidak pasti; atau memberikan pembayaran yang didasarkan pada meninggalnya tertanggung atau pembayaran yang didasarkan pada hidupnya tertanggung dengan manfaat yang besarnya telah ditetapkan dan/atau didasarkan pada hasil pengelolaan dana.

Selanjutnya, Pasal 2 Undang-Undang Nomor 40 Tahun 2014 mengatur bahwa perusahaan asuransi umum hanya dapat menyelenggarakan usaha asuransi umum, termasuk lini usaha asuransi kesehatan dan lini usaha asuransi kecelakaan diri; dan usaha reasuransi untuk risiko perusahaan asuransi umum lain. Perusahaan asuransi jiwa hanya dapat menyelenggarakan usaha asuransi jiwa termasuk lini usaha anuitas, lini usaha asuransi kesehatan, dan lini usaha asuransi kecelakaan diri. Perusahaan reasuransi hanya dapat menyelenggarakan usaha reasuransi. Dalam Pasal 5 Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2023, ruang lingkup usaha asuransi umum dan usaha asuransi dapat diperluas sesuai dengan kebutuhan masyarakat.

Berdasarkan ketentuan di atas, sangat dimungkinkan untuk dibuka asuransi terkait kerugian nuklir. Lebih lanjut, dapat dirumuskan mengenai

mekanisme pembayaran ganti kerugiannya dalam peraturan perundangundangan.

7. Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2019 tentang Sistem Nasional Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (UU Sisnasiptek)

Undang-undang ini bertujuan menjamin setiap orang berhak memperoleh manfaat ilmu pengetahuan dan teknologi, dan pemerintah memajukan ilmu pengetahuan dan teknologi. Pasal 8 UU Sisnasiptek mengamanahkan penyusunan rencana induk pemajuan iptek oleh Pemerintah Pusat. Rencana induk pemajuan iptek tersebut dijadikan sebagai acuan untuk rencana pembangunan jangka panjang nasional dan menjadi dasar dalam penyusunan rencana pembangunan jangka menengah nasional.

Selanjutnya Pasal 13 ayat (2) UU Sinasiptek ini menyatakan bahwa penyelenggaraan iptek dapat dilakukan oleh:

a. perseorangan;
b. kelompok;
c. badan usaha;
d. lembaga pemerintah atau swasta; dan/atau
e. perguruan tinggi.

Pasal 14 UU Sinasiptek juga menyatakan bahwa penyelenggaraan iptek dikoordinasikan oleh Pemerintah Pusat dan dilakukan melalui:

a. pendidikan;
b. penelitian;
c. pengembangan;
d. pengkajian; dan
e. penerapan.

Pasal 50 ayat 1 memberikan klasifikasi sumber daya manusia iptek meliputi:

a. peneliti;
b. perekayasa;
c. dosen; dan

d. sumber daya manusia ilmu pengetahuan dan teknologi lainnya. Sumber daya iptek lainnya antara lain pranata nuklir, pengawas radiasi, dan surveyor pemetaan.

Ilmu pengetahuan dan teknologi memiliki hubungan erat dengan ketenaganukliran. Ilmu pengetahuan dan teknologi mendukung penggunaan radiasi pengion dalam berbagai bidang kehidupan. Para pihak dan pemangku kepentingan dalam iptek dapat didayagunakan untuk kepentingan pengembangan dan penerapan ketenaganukliran.

UU Sinasiptek mengamanahkan penyatuan sumber daya iptek dari beberapa lembaga pemerintah non kementerian termasuk BATAN ke dalam satu institusi yaitu BRIN. Integrasi tersebut juga tetap mengakomodasi tugas dan fungsi BATAN sebagai badan pelaksana sebagaimana diatur dalam UUK.

Melalui Pasal 13 UU Sinasiptek, BRIN mendapat kewenangan untuk menyelenggarakan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi yang dilakukan melalui: pendidikan, penelitian, pengembangan, pengkajian, dan penerapan. Pengkajian yang dilakukan BRIN ditujukan untuk memastikan manfaat Ilmu Pengetahuan dan Teknologi dalam menyelesaikan permasalahan pembangunan. BRIN melakukan pengkajian melalui: perekayasaan, kliring teknologi, dan audit teknologi. Yang dimaksud dengan "pengkajian dilakukan melalui perekayasaan, kliring teknologi, dan audit teknologi" adalah suatu tahapan untuk menghasilkan inovasi iptek dan/atau memanfaatkan teknologi yang sudah ada sebelum atau sesudah diterapkan. Kewenangan BRIN dalam kliring teknologi adalah melakukan pemilihan atau penyaringan melalui pendekatan pengkajian dan penilaian teknologi untuk mengetahui apakah suatu teknologi baru yang ditawarkan akan bermanfaat bagi bangsa dan negara Indonesia. BRIN memiliki peran dan kewenangan melakukan *clearance test* bagi teknologi, yakni: menilai dan menyatakan bahwa suatu teknologi "laik" dalam aspek teknologi dan "layak" dalam aspek non-teknologi (ekonomi, sosial, budaya) untuk diterapkan di Indonesia. BRIN juga mempunyai peran memfasilitasi penghimpunan dan pertukaran informasi, keahlian dan/atau produk teknologi tertentu.

Perekayasaan adalah kegiatan penerapan iptek dalam bentuk desain atau rancang bangun untuk menghasilkan nilai, produk, dan/atau proses produksi yang lebih baik dan/atau efisien dengan mempertimbangkan keterpaduan sudut pandang dan/atau konteks teknis, fungsional, bisnis, sosial, budaya, lingkungan hidup, dan estetika. Perekayasaan dilakukan untuk menghasilkan nilai, proses produksi, dan atau produk yang lebih aman dan baik bagi kesejahteraan masyarakat. Perekayasaan dilakukan melalui kegiatan: pengujian; pengembangan teknologi; rancang bangun; dan pengoperasian. Produk hasil rancang bangun dan pengembangan teknologi yang telah lolos uji selanjutnya dapat dioperasikan sesuai rencana. Selaras dengan hal tersebut, pemanfaatan dan penggunaan teknologi nuklir juga melalui kegiatan desain, pembuatan purwarupa dan fasilitas percontohan, uji fungsi, dan pengoperasian. Suatu produk teknologi nuklir hasil kegiatan desain dan pembuatan purwarupa serta fasilitas percontohan yang telah lolos uji dapat dioperasikan sesuai yang direncanakan.[142,143]

Komersialisasi teknologi dapat dilaksanakan melalui: a. inkubasi teknologi; kemitraan industri; dan/atau pengembangan kawasan ilmu pengetahuan dan teknologi. Yang dimaksud dengan "inkubasi teknologi" adalah proses pembinaan, pendampingan, dan pengembangan terhadap calon perusahaan pemula berbasis teknologi oleh inkubator teknologi untuk memaksimalkan hasil penelitian, pengembangan, pengkajian, dan penerapan. Yang dimaksud dengan "kemitraan industri" adalah kolaborasi atau kerja sama antara lembaga penelitian dan pengembangan dan/atau lembaga pengkajian dan penerapan dengan badan usaha untuk mendorong keluaran atas hasil penelitian, pengembangan, pengkajian, dan penerapan menjadi produk yang bernilai ekonomi dan bermanfaat. Yang dimaksud dengan "pengembangan kawasan iptek" adalah pengembangan kawasan untuk

[142] Naskah Akademik RUU Sinasiptek Tahun 2017

[143] Pasal 24 Undang-Undang No. 11 Tahun 2019 tentang Sistem Nasional Ilmu Pengetahuan dan Teknologi

mendorong pertumbuhan ekonomi melalui pengembangan dan pemanfaatan iptek dengan menyinergikan akademisi, bisnis, dan pemerintah.

Upaya peningkatan komersialisasi hasil litbang memerlukan suatu perencanaan program yang lebih holistik, dengan melibatkan calon pengguna. Penyusunan rencana juga harus memperhatikan standar-standar teknologi yang berlaku di dunia usaha, pola kerja sama yang berlaku dalam komersialisasi hasil litbang.

Beberapa penelitian dan pengembangan tertentu yang terkait dengan daur bahan nuklir perlu dilaporkan kepada BAPETEN terkait dengan protokol tambahan terhadap garda-aman. Selain itu litbangjirap yang mengunakan bahan nuklir, zat radioaktif, dan pembangkit radiasi pengion memerlukan izin dari BAPETEN.

8. Undang-Undang Nomor 9 Tahun 2013 tentang Pencegahan dan Pemberantasan Tindak Pidana Pendanaan Terorisme (UU Pendanaan Terorisme)

UU Pendanaan Terorisme ini merupakan peraturan implementasi dari Undang-Undang Nomor 6 Tahun 2006 tentang Pengesahan *International Convention for the Suppression of the Financing of Terrorism* 1999. Unsur pendanaan merupakan faktor utama dalam setiap aksi terorisme sehingga upaya penanggulangan tindak pidana terorisme diyakini tidak akan berhasil tanpa pemberantasan pendanaannya. Dalam upaya mencegah dan memberantas tindak pidana terorisme, UU Pendanaan Terorisme menerapkan pendekatan *follow the money*.

Dalam konteks UU Pendanaan Terorisme, pendanaan terorisme didefinisikan sebagai: “segala perbuatan dalam rangka menyediakan, mengumpulkan, memberikan, atau meminjamkan dana, baik langsung maupun tidak langsung, dengan maksud untuk digunakan dan/atau yang diketahui akan digunakan untuk melakukan kegiatan terorisme, organisasi teroris atau teroris”. Karena menerapkan pendekatan *follow the money* dan bukan *follow the suspect*, UU Pendanaan Terorisme berlaku kepada setiap

orang atau dana yang terkait dengan pendanaan terorisme di wilayah Indonesia maupun di luar wilayah Indonesia. Apabila dikaitkan dengan nuklir, tindak pidana terorisme nuklir merupakan suatu kejahatan internasional yang menimbulkan bahaya terhadap keamanan dan perdamaian dunia. Dalam hal ini, UU Pendanaan Terorisme dapat dijadikan salah satu amunisi guna mencegah dan memberantas akar dari terorisme nuklir yang dapat membahayakan peradaban manusia.

Dalam pengaturan UUK terkait dengan tindak pidana terorisme nuklir akan diatur bahwa penyidik, penuntut umum, hakim, atau pejabat Pusat Pelaporan dan Analisis Transaksi Keuangan (PPATK) dapat meminta atau memerintahkan penyedia jasa keuangan atau instansi berwenang untuk melakukan pemblokiran terhadap harta kekayaan yang secara langsung atau tidak langsung atau yang diketahui atau patut diduga digunakan atau akan digunakan, baik seluruh maupun sebagian, untuk tindak pidana kejahatan terhadap keamanan nuklir. Pelaksanaan pemblokiran mengikuti mekanisme yang diatur dalam Undang-Undang Nomor 9 Tahun 2013 tentang Pencegahan dan Pemberantasan Tindak Pidana Pendanaan Terorisme Bab VI tentang Pemblokiran, Pasal 22 sampai dengan Pasal 26.

9. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (UU Lingkungan Hidup)

Keterkaitan dengan lingkungan hidup dibuat agar lingkungan hidup yang ada dapat terjaga sebagai lingkungan hidup yang baik dan sehat. Dalam konteks pembangunan PLTN harus memenuhi ketentuan yang ada di UU Lingkungan Hidup agar PLTN tidak merusak lingkungan hidup. Dalam Pasal 21 ayat (3) UU Lingkungan Hidup diatur mengenai kriteria baku kerusakan lingkungan hidup, yang salah satunya adalah kriteria baku kerusakan ekosistem lainnya sesuai dengan perkembangan iptek.

Ketika PLTN akan dibangun, maka pembangunan tersebut harus memperhatikan ekosistem lingkungan di mana PLTN berada, termasuk pula pembuangan panas akhir. Apabila pembuangan panas akhir dilakukan

menggunakan air laut, maka harus diperhatikan baku mutu air laut dan kriteria baku kerusakan terumbu karang. Kegiatan pembangunan PLTN pun perlu adanya analisis mengenai dampak terhadap lingkungan (AMDAL). Pasal 22 ayat (2) UU Lingkungan Hidup mengatur mengenai kriteria penentuan dampak penting yaitu:

a. besarnya jumlah penduduk yang akan terkena dampak rencana usaha dan/atau kegiatan;
b. luas wilayah penyebaran dampak;
c. intensitas dan lamanya dampak berlangsung;
d. banyaknya komponen lingkungan hidup lain yang akan terkena dampak;
e. sifat kumulatif dampak;
f. berbalik atau tidak berbaliknya dampak; dan/atau
g. kriteria lain sesuai dengan perkembangan iptek.

Pembangunan instalasi nuklir termasuk PLTN dapat digolongkan menjadi kegiatan berdampak penting yang membutuhkan AMDAL jika merujuk pada Pasal 23 ayat (1) UU Lingkungan Hidup. Hal ini dikarenakan kegiatan pembangunan instalasi nuklir merupakan kegiatan yang secara potensial dapat menimbulkan pencemaran dan/atau kerusakan lingkungan hidup. Instalasi nuklir juga merupakan kegiatan yang mempunyai risiko tinggi dan/atau mempengaruhi pertahanan negara. Terlebih, instalasi nuklir adalah penerapan teknologi yang diperkirakan mempunyai potensi besar untuk mempengaruhi lingkungan hidup terutama terkait limbah yang dihasilkan dari instalasi nuklir tersebut. Dengan demikian, sudah sepatutnya instalasi nuklir membutuhkan AMDAL yang ketentuannya diatur dalam UU Lingkungan Hidup. Meskipun seharusnya ada ketentuan tersendiri mengenai pengelolaan zat radioaktif dan limbah yang dihasilkan dari pembangunan instalasi nuklir. Pengelolaan bahan berbahaya dan beracun serta limbah bahan berbahaya dan beracun juga patut memperhatikan ketentuan AMDAL dalam UU Lingkungan Hidup.

Hal tersebut berarti mengenai perizinan instalasi nuklir dan fasilitas radiasi yang menangani zat radioaktif, bahan nuklir, dan limbah radioaktif harus memperhatikan ketentuan dalam Bab VII UU Lingkungan Hidup yang mana kesemua ini bertujuan agar hak akan lingkungan hidup yang baik dapat terlindungi dan terpenuhi. Dengan demikian, pembangunan instalasi nuklir dan fasilitas radiasi juga tidak boleh melupakan adanya hak akan lingkungan hidup yang baik.

10. Undang-undang Nomor 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan (UU Ketenagakerjaan)

Dalam UU Ketenagakerjaan diatur secara umum mengenai keselamatan dan kesehatan kerja, yakni dalam Pasal 86 dan Pasal 87. Namun demikian, norma mengenai keselamatan dan kesehatan kerja dalam UU Ketenagakerjaan ini ketika diimplementasikan pada lingkungan kerja untuk bidang ketenaganukliran berbeda. Demikian pula, peraturan pelaksana dari UU Ketenagakerjaan yang mengatur mengenai sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja, telah meletakkan landasan untuk keselamatan kerja bagi pekerja secara umum, namun perlu landasan yang lebih komprehensif yang diatur dalam undang-undang khusus di bidang ketenaganukliran.

Perlindungan keselamatan dan kesehatan kerja merupakan hak pekerja. Setiap pekerja yang berada di tempat kerja berhak mendapatkan perlindungan atas keselamatannya untuk kesejahteraan hidup dan meningkatkan produksi serta produktivitas nasional. Dengan demikian setiap sumber produksi bidang ketenaganukliran, perlu dipakai dan dipergunakan secara aman dan efisien. Sehubungan dengan hal tersebut perlu dilakukan segala upaya untuk membina norma-norma perlindungan kerja yang diwujudkan dalam undang-undang yang memuat mengenai keselamatan kerja sesuai dengan perkembangan masyarakat, industrialisasi, teknik, dan teknologi. Keselamatan kerja merupakan unsur penting dari perlindungan pekerja, kecelakaan yang dapat timbul dari mesin, alat kerja, bahan yang

digunakan, lingkungan kerja, karakteristik fisik dan mental pekerjaan, serta cara melakukan pekerjaannya harus sedapat mungkin dicegah. Sementara objek keselamatan kerja adalah segala tempat, baik darat, di dalam tanah, di permukaan air, di dalam air maupun di udara. Sedangkan kesehatan kerja merupakan bagian dari ilmu kesehatan yang bertujuan agar tenaga kerja memperoleh keadaan kesehatan yang sempurna baik fisik, mental maupun sosial, sehingga memungkinkan dapat bekerja secara optimal.

Pengaturan RUUK ke depan juga harus memperhatikan pasal 86 UU Ketenagakerjaan yaitu dalam fasilitas dan kegiatan ketenaganukliran yang meliputi antara lain pertambangan bahan galian nuklir, pengangkutan zat radioaktif dan bahan nuklir, ekspor dan impor, pengelolaan limbah radioaktif serta instalasi nuklir dan fasilitas radiasi mendapat pengawasan agar selalu mematuhi persyaratan keselamatan, keamanan, dan garda-aman sehingga tidak menimbulkan bahaya radiasi terhadap pekerja, masyarakat, dan lingkungan hidup.

11. Undang-Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan (UU Lalu Lintas)

Undang-Undang ini sebagaimana dimuat dalam Pasal 4 memiliki ruang lingkup yaitu: (a) kegiatan gerak pindah kendaraan, orang, dan/atau barang di jalan; (b) kegiatan yang menggunakan sarana, prasarana, dan fasilitas pendukung lalu lintas dan angkutan jalan; dan (c) kegiatan yang berkaitan dengan registrasi dan identifikasi kendaraan bermotor dan pengemudi, pendidikan berlalu lintas, manajemen dan rekayasa lalu lintas, serta penegakan hukum lalu lintas dan angkutan jalan.

UU Lalu Lintas ini mengatur mengenai angkutan barang khusus kendaraan yang mengangkut barang yang bersifat radioaktif. Persyaratan yang harus dipenuhi oleh kendaraan yang akan mengangkut barang khusus terdapat dalam Pasal 162 dan Pasal 163. Beberapa ketentuan yang mungkin terkait dengan pengaturan dalam UUK antara lain dalam Pasal 162 ayat (1) diatur bahwa kendaraan bermotor yang mengangkut barang khusus wajib

memenuhi persyaratan keselamatan sesuai dengan sifat dan bentuk barang yang diangkut dan diberi tanda tertentu sesuai dengan barang yang diangkut. Selanjutnya pada ayat (2) diatur bahwa apabila dimensi kendaraan melebihi ketentuan Pasal 19 Undang-Undang yang sama, maka harus mendapat pengawalan dari POLRI. Pada ayat (3) diatur mengenai pengemudi dan pembantu pengemudi, yang mana keduanya wajib memiliki kompetensi sesuai dengan sifat dan bentuk barang yang diangkut.

Hal penting untuk diperhatikan dalam transportasi zat radioaktif adalah risiko dari zat radioaktif tersebut. Risiko yang besar membuat kehatihatian harus diutamakan mengingat zat radioaktif adalah bahan yang berbahaya bagi orang, properti, dan lingkungan hidup. Dalam konteks ketenaganukliran, ada dua prinsip utama dalam transportasi zat radioaktif yaitu *permission principle* yang mana setiap pengangkut zat radioaktif harus mempunyai lisensi pengangkutan dan *continuous principle* yang mana negara harus memiliki mekanisme kompensasi yang memadai jika terjadi kecelakaan nuklir.

Meskipun dalam UU Lalu Lintas tidak diatur secara spesifik tentang transportasi zat radioaktif, namun secara tidak langsung memuat perhatian terhadap keberadaan bahan berbahaya (dalam hal ini zat radioaktif) di Pasal 83 ayat (1) dan ayat (3). Pasal tersebut menyatakan bahwa setiap orang yang mengajukan permohonan untuk dapat memiliki surat izin mengemudi (SIM) untuk kendaraan bermotor umum harus memenuhi persyaratan usia dan persyaratan khusus. Persyaratan khusus tersebut sebagaimana diatur dalam Pasal 83 ayat (3) Undang-Undang ini mencakup ketentuan harus lulus ujian teori dengan salah satu pengetahuan yang harus dimiliki adalah jenis barang berbahaya.

Ketentuan di atas secara implisit menyatakan bahwa jika seseorang ingin mengemudikan kendaraan, maka seseorang tersebut harus mengetahui jenis barang berbahaya yang mana zat radioaktif termasuk bahan berbahaya (dalam arti bahaya kepada orang, properti, dan lingkungan hidup). Ketentuan di Indonesia yang kemudian juga dapat dirujuk jika menyangkut

pengangkutan bahan berbahaya adalah Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Tentunya peraturan ini berkaitan dengan limbah radioaktif. Salah satu kegiatan dari pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun yang selanjutnya disebut dengan limbah B3 adalah pengangkutan dari limbah B3 itu sendiri.

Lebih lanjut, dalam Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 dianut *permission principle* yakni adanya perizinan berusaha di bidang pengangkutan limbah B3 dan rekomendasi pengangkutan limbah B3. Tidak hanya perpindahan di lingkup wilayah Indonesia saja, tetapi juga transportasi lintas batas terkait limbah B3 juga diatur di dalam Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021. Dalam konteks ketenaganukliran, untuk limbah radioaktif yang merupakan limbah berbahaya, maka dibutuhkan persetujuan untuk pengangkutan zat radioaktif. Kemudian, ada pula Keputusan Direktur Jenderal Perhubungan Darat Nomor SK.725/AJ.302/DRJD/2004 tentang Penyelenggaraan Pengangkutan Bahan Berbahaya dan Beracun di jalan. Ketentuan ini dibuat untuk menjamin keselamatan dan keamanan pengoperasian angkutan bahan berbahaya dan beracun di jalan. Ruang lingkup pengaturan dalam Keputusan ini adalah terkait persyaratan kendaraan pengangkut yakni terkait plakat, kotak obat, alat pemantau dan sebagainya; terkait persyaratan pengemudi dan pembantu pengemudi angkutan yakni adanya surat izin sesuai golongan pengangkutannya, mempunyai pengetahuan dan keterampilan; persyaratan lintas angkutan; dan persyaratan angkutan B3.

12. Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2009 tentang Penerbangan (UU Penerbangan)

Undang–Undang ini mengatur mengenai seluruh kegiatan penerbangan yang ada di Indonesia. Salah satunya adalah pengangkutan barang dengan moda transportasi pesawat udara. Zat radioaktif merupakan salah satu klasifikasi barang berbahaya yang diatur dalam Undang–Undang ini. Dalam

Pasal 136 dinyatakan bahwa pengangkutan barang khusus dan berbahaya wajib memenuhi persyaratan keselamatan dan keamanan penerbangan. Barang khusus berupa barang yang karena sifat, jenis, dan ukurannya memerlukan penanganan khusus. Sedangkan barang berbahaya dapat berbentuk bahan cair, bahan padat, atau bahan gas yang dapat membahayakan kesehatan, keselamatan jiwa, dan harta benda, serta keselamatan dan keamanan penerbangan. Barang berbahaya diklasifikasikan sebagai berikut:

a. bahan peledak (*explosives*);
b. gas yang dimampatkan, dicairkan, atau dilarutkan dengan tekanan *(compressed gases, liquified or dissolved under pressure*);
c. cairan mudah menyala atau terbakar (*flammable liquids*);
d. bahan atau barang padat mudah menyala atau terbakar (*flammable solids);*
e. bahan atau barang pengoksidasi (*oxidizing substances*);
f. bahan atau barang beracun dan mudah menular (*toxic and infectious substances*);
g. bahan atau barang radioaktif (*radioactive material*);
h. bahan atau barang perusak (*corrosive substances*);
i. cairan, aerosol, dan jelly (*liquids, aerosols, and gels*) dalam jumlah tertentu; atau
j. bahan atau zat berbahaya lainnya (*miscellaneous dangerous substances*).

Selain itu dalam Pasal 138 Undang–Undang ini juga diatur kewajiban bagi pemilik, agen ekspedisi muatan pesawat udara atau pengirim barang berbahaya untuk menyampaikan pemberitahuan kepada pengelola pergudangan dan/atau badan usaha angkutan udara sebelum dimuat ke dalam pesawat udara. Selanjutnya adalah kewajiban bagi badan usaha bandar udara, badan usaha pergudangan, atau badan usaha lain yang terkait dengan penyimpanan untuk menyediakan penyimpanan atau penumpukan

barang, serta bertanggung jawab terhadap penyusunan sistem dan prosedur penanganan barang berbahaya sebelum dimuat ke dalam pesawat udara. ketentuan terakhir merupakan sanksi atas kedua ketentuan selanjutnya, berupa sanksi administratif.

Pengaturan dalam UUK dan peraturan pelaksanaannya mengenai pengangkutan zat radioaktif melalui udara akan diselaraskan dengan pengaturan pengangkutan barang khusus dan berbahaya dalam UU Penerbangan ini.

13. Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2008 tentang Pelayaran (UU Pelayaran)

Undang–Undang ini melingkupi semua kegiatan pengangkutan di perairan, ke pelabuhan, keselamatan dan keamanan pelayaran, serta perlindungan lingkungan maritim di perairan Indonesia, dan juga terhadap semua kapal asing yang berlayar di Indonesia, serta semua kapal berbendera Indonesia yang berada di luar perairan Indonesia. Dalam Pasal 45 Undang–Undang ini memasukkan zat radioaktif ke dalam klasifikasi barang berbahaya. UU Pelayaran ini juga mengatur kewajiban untuk memenuhi persyaratan pengemasan, penumpukan serta penyimpanan di pelabuhan dan di kapal, bongkar muat, aturan keselamatan sesuai standar nasional maupun internasional, serta pemberian tanda tertentu sesuai dengan klasifikasi barang berbahaya yang diangkut. Selanjutnya adalah ketentuan kewajiban bagi operator angkutan laut untuk menyampaikan pemberitahuan kepada syahbandar sebelum masuk pelabuhan.

Ketentuan terakhir adalah kewajiban bagi penyelenggara pelabuhan untuk menyediakan tempat penyimpanan atau penumpukan barang berbahaya dan bertanggung jawab atas barang berbahaya tersebut. Ketentuan tersebut dimuat dalam Pasal 46 sampai dengan Pasal 48 di dalam UU Pelayaran ini.

Pengaturan dalam RUUK dan peraturan pelaksanaannya mengenai pengangkutan zat radioaktif di perairan, ke pelabuhan, termasuk

pengangkutan yang melalui Wilayah Negara dan/atau singgah di daerah pabean Negara Kesatuan Republik Indonesia akan diselaraskan dengan pengaturan pengangkutan barang khusus dan berbahaya dalam UU Pelayaran ini.

14. Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian (UU Perkeretaapian)

Dalam UU Perkeretaapian, pengaturan mengenai barang berbahaya dimuat dalam Pasal 140 ayat (2) yang menyatakan bahwa kereta api untuk mengangkut bahan berbahaya dan beracun (B3) serta limbah berbahaya dan beracun (limbah B3) wajib:

a. memenuhi persyaratan keselamatan sesuai dengan sifat bahan berbahaya dan beracun yang diangkut;
b. menggunakan tanda sesuai dengan sifat bahan berbahaya dan beracun yang diangkut; dan
c. menyertakan petugas yang memiliki kualifikasi tertentu sesuai dengan sifat bahan berbahaya dan beracun yang diangkut.

Dalam UU Perkeretaapian ini, yang dimaksud dengan bahan berbahaya dan beracun adalah setiap bahan atau benda yang karena sifat dan ciri khasnya dapat membahayakan keselamatan, kesehatan manusia, makhluk hidup lainnya, dan ketertiban umum. Sedangkan yang dimaksud dengan limbah bahan berbahaya dan beracun adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan yang mengandung bahan berbahaya dan/atau beracun yang karena sifat dan/atau konsentrasinya dan/atau jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung, dapat mencemarkan dan/atau merusakkan lingkungan hidup, dan/atau dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia, dan makhluk hidup lain.

Dalam kegiatan pengangkutan barang dengan kereta api, penyelenggara sarana perkeretaapian berwenang untuk:

a. memeriksa kesesuaian barang dengan surat angkutan barang;

b. menolak barang angkutan yang tidak sesuai dengan surat angkutan barang; dan
c. melaporkan kepada pihak yang berwajib apabila barang yang akan diangkut merupakan barang terlarang.

Apabila terdapat barang yang diangkut dianggap membahayakan keselamatan, ketertiban, dan kepentingan umum, penyelenggara sarana perkeretaapian dapat membatalkan perjalanan kereta api.

Penyelenggaraan ketenaganukliran dapat berupa pengangkutan zat radioaktif, di mana zat radioaktif masuk dalam kategori B3, juga menerapkan prinsip keselamatan yang kurang lebih sama untuk B3. Persyaratan keselamatan yang dimaksud antara lain, persyaratan pembungkus, kesesuaian zat radioaktif dengan pembungkus, pelabelan, dan prosedur kedaruratan. Norma pengaturan dalam ketenaganukliran diselaraskan dengan norma dalam UU Perkeretaapian.

15. Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang (UU Penataan Ruang)

Ruang yang meliputi ruang darat, ruang laut, dan ruang udara, termasuk ruang di dalam bumi, sebagai tempat manusia dan makhluk lain hidup, melakukan kegiatan, dan memelihara kelangsungan hidupnya, pada dasarnya ketersediaannya tidak tak terbatas. Berkaitan dengan hal tersebut, dan untuk mewujudkan ruang wilayah nasional yang aman, nyaman, produktif, dan berkelanjutan berlandaskan Wawasan Nusantara dan ketahanan nasional, Undang-Undang ini mengamanatkan perlunya dilakukan penataan ruang yang dapat mengharmoniskan lingkungan alam dan lingkungan buatan, yang mampu mewujudkan keterpaduan penggunaan sumber daya alam dan sumber daya buatan, serta yang dapat memberikan pelindungan terhadap fungsi ruang dan pencegahan dampak negatif terhadap lingkungan hidup akibat pemanfaatan ruang. Kaidah penataan ruang ini harus dapat diterapkan dan diwujudkan dalam setiap proses perencanaan tata ruang wilayah.

Dalam konteks pembangunan PLTN, ketentuan yang ada di UU Penataan Ruang harus dipenuhi untuk memastikan bahwa pembangunannya telah memperhatikan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Nasional, RTRW Provinsi, maupun RTRW Kabupaten/Kota.

Dalam Pasal 35 UU Penataan Ruang diatur bahwa pengendalian pemanfaatan ruang dilakukan melalui penetapan peraturan zonasi, perizinan, pemberian insentif dan disinsentif, serta pengenaan sanksi. Sebelum dibangun PLTN, maka perlu diperhatikan juga mengenai peraturan zonasi dan perizinan. Pengaturan ke depan dalam RUUK penyediaan tapak PLTN wajib memperhatikan kesesuaian pemanfaatan ruang dalam RTRW beserta rencana rincinya sesuai dengan UU Penataan Ruang.

Ketentuan mengenai perizinan ini sangat penting, karena persetujuan pemanfaatan ruang menjadi persyaratan dasar dalam setiap kegiatan berusaha. Izin pemanfaatan ruang yang diperoleh melalui prosedur yang benar tetapi kemudian terbukti tidak sesuai dengan rencana tata ruang wilayah, dibatalkan oleh Pemerintah dan Pemerintah Daerah sesuai dengan kewenangannya. Lebih lanjut, selain sanksi administratif, dapat juga dikenakan sanksi pidana manakala terjadi pemanfaatan ruang yang tidak sebagaimana mestinya (perubahan fungsi ruang).

16. Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 tentang Bangunan dan Gedung (UU Bangunan dan Gedung)

Dalam Pasal 5 UU Bangunan dan Gedung dinyatakan bahwa fungsi bangunan gedung meliputi fungsi hunian, keagamaan, usaha, sosial dan budaya, serta fungsi khusus. Dalam kaitannya dengan ketenaganukliran, Undang-Undang ini mengatur bahwa bangunan fungsi khusus meliputi bangunan gedung untuk reaktor nuklir, instalasi pertahanan dan keamanan, dan bangunan sejenis yang diputuskan oleh Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Dalam Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2021 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002

tentang Bangunan Gedung, diatur kriteria bangunan gedung fungsi khusus (BGFK) yaitu bangunan gedung yang memenuhi:

a. fungsinya khusus dan/atau mempunyai kerahasiaan tinggi untuk kepentingan nasional;
b. penyelenggaraan bangunan gedung yang dapat membahayakan masyarakat di sekitarnya;
c. memiliki persyaratan khusus yang dalam perencanaan dan/atau pelaksanaannya membutuhkan teknologi tinggi; dan/atau
d. memiliki risiko bahaya tinggi.

Selanjutnya pada bagian penjelasan Peraturan Pemerintah ini diuraikan bahwa jenis bangunan gedung fungsi khusus antara lain:

1) reaktor nuklir;
2) instalasi peluru kendali sebagai kubu/pangkalan pertahanan;
3) pangkalan laut dan udara sebagai instalasi pertahanan;
4) laboratorium forensik; dan/atau
5) depo amunisi sebagai instalasi pertahanan atau instalasi keamanan;

Dalam Peraturan Pemerintah ini juga diatur mengenai bangunan gedung negara (BGN) klasifikasi khusus yaitu gedung yang memiliki kriteria yang sama dengan BGFK. Gedung instalasi nuklir dan gedung yang menggunakan radioaktif termasuk dalam BGN klasifikasi khusus ini.

Dalam UU Bangunan dan Gedung juga diatur bahwa bangunan gedung fungsi khusus juga harus memenuhi persyaratan yang dikeluarkan oleh instansi yang berwenang. Untuk reaktor nuklir dan instalasi nuklir lainnya serta gedung yang menggunakan radioaktif, persyaratan teknis yang harus dipenuhi diatur dalam peraturan perundang-undangan di bidang ketenaganukliran.

Di bidang ketenaganukliran, persyaratan terkait bangunan dan gedung harus dipenuhi sebelum konstruksi instalasi nuklir dan fasilitas radiasi dimulai. Persyaratan yang diatur dalam peraturan perundang-undangan di

bidang ketenaganukliran juga memperhatikan ketentuan dalam peraturan perundang-undangan terkait bangunan dan gedung.

17. Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2014 tentang Administrasi Pemerintahan (UU Administrasi Pemerintahan)

Menurut Pasal 1 angka 1 UU Administrasi Pemerintahan, administrasi pemerintahan adalah tata laksana dalam pengambilan keputusan dan/atau tindakan oleh badan dan/atau pejabat pemerintahan. Pengaturan tersebut merupakan instrumen penting dalam menjalankan aktivitas pemerintahan. Aktivitas pemerintahan meliputi semua aktivitas baik berupa keputusan dan/atau tindakan yang ditetapkan dan/atau dilakukan oleh badan dan/atau pejabat pemerintahan yang menyelenggarakan fungsi pemerintahan di lingkup lembaga maupun badan dan/atau pejabat pemerintahan lainnya yang menyelenggarakan fungsi pemerintahan yang disebutkan UUD NRI Tahun 1945 dan/atau undang-undang. Pengaturan administrasi pemerintahan tersebut mencakup hak dan kewajiban pejabat pemerintahan, kewenangan pemerintahan, diskresi, penyelenggaraan administrasi pemerintahan, prosedur administrasi pemerintahan, keputusan pemerintahan, upaya administratif, pembinaan dan pengembangan administrasi pemerintahan, dan sanksi administratif.

UU Administrasi Pemerintahan merupakan transformasi atas asasasas umum pemerintahan yang baik yang selanjutnya disingkat AUPB yang merupakan prinsip yang digunakan sebagai acuan penggunaan wewenang bagi pejabat pemerintahan dalam mengeluarkan keputusan dan/atau tindakan dalam penyelenggaraan pemerintahan. Pasal 10 ayat (1) UU Administrasi Pemerintahan menyatakan bahwa AUPB yang dimaksud dalam Undang-Undang ini meliputi asas:

a. kepastian hukum;
b. kemanfaatan;
c. ketidakberpihakan;
d. kecermatan;

e. tidak menyalahgunakan kewenangan;
f. keterbukaan;
g. kepentingan umum; dan
h. pelayanan yang baik.

Asas AUPB dan konsepsi penyelenggaraan pemerintahan menjadi acuan penyelenggaraan ketenaganukliran dalam pembaruan pengaturan ketenaganukliran.

18. Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2002 tentang Kepolisian (UU Kepolisian)

Fungsi kepolisian menurut Pasal 2 UU Kepolisan adalah salah satu fungsi pemerintahan negara di bidang pemeliharaan keamanan dan ketertiban masyarakat, penegakan hukum, perlindungan, pengayoman, dan pelayanan kepada masyarakat. Menurut Pasal 3 UU Kepolisan, pengemban fungsi kepolisian adalah POLRI yang dibantu oleh:

a. kepolisian khusus;
b. penyidik pegawai negeri sipil; dan/atau
c. bentuk-bentuk pengamanan swakarsa.

Pengemban fungsi kepolisian tersebut melaksanakan fungsi kepolisian sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang menjadi dasar hukumnya masing-masing. Konsepsi pengemban fungsi kepolisian tersebut menjadi acuan dalam pembaruan penyelenggaraan ketenaganukliran.

Selain itu, POLRI bertujuan untuk mewujudkan keamanan dalam negeri yang meliputi terpeliharanya keamanan dan ketertiban masyarakat, tertib dan tegaknya hukum, terselenggaranya perlindungan, pengayoman, dan pelayanan kepada masyarakat, serta terbinanya ketenteraman masyarakat dengan menjunjung tinggi hak asasi manusia, sebagaimana diatur dalam Pasal 4 UU Kepolisian. Tugas pokok POLRI sebagaimana diatur dalam Pasal 13 UU Kepolisian adalah:

a. memelihara keamanan dan ketertiban masyarakat;
b. menegakkan hukum; dan

c. memberikan perlindungan, pengayoman, dan pelayanan kepada masyarakat

Dalam melaksanakan tugas pokok sebagaimana dimaksud dalam Pasal 13 UU Kepolisian tersebut, sesuai Pasal 14 ayat (1) UU Kepolisian bertugas:

a. melaksanakan pengaturan, penjagaan, pengawalan, dan patroli terhadap kegiatan masyarakat dan pemerintah sesuai kebutuhan;
b. menyelenggarakan segala kegiatan dalam menjamin keamanan, ketertiban, dan kelancaran lalu lintas di jalan;
c. membina masyarakat untuk meningkatkan partisipasi masyarakat, kesadaran hukum masyarakat serta ketaatan warga masyarakat terhadap hukum dan peraturan perundang-undangan;
d. turut serta dalam pembinaan hukum nasional;
e. memelihara ketertiban dan menjamin keamanan umum;
f. melakukan koordinasi, pengawasan, dan pembinaan teknis terhadap kepolisian khusus, penyidik pegawai negeri sipil, dan bentuk-bentuk pengamanan swakarsa;
g. melakukan penyelidikan dan penyidikan terhadap semua tindak pidana sesuai dengan hukum acara pidana dan peraturan perundangundangan lainnya;
h. menyelenggarakan identifikasi kepolisian, kedokteran kepolisian, laboratorium forensik, dan psikologi kepolisian untuk kepentingan tugas kepolisian;
i. melindungi keselamatan jiwa raga, harta benda, masyarakat, dan lingkungan hidup dari gangguan ketertiban dan/atau bencana termasuk memberikan bantuan dan pertolongan dengan menjunjung tinggi hak asasi manusia;
j. melayani kepentingan warga masyarakat untuk sementara sebelum ditangani oleh instansi dan/atau pihak yang berwenang;
k. memberikan pelayanan kepada masyarakat sesuai dengan kepentingannya dalam lingkup tugas kepolisian; dan

l. melaksanakan tugas lain sesuai dengan peraturan perundangundangan.

Dalam penyelenggaraan ketenaganukliran, Kepolisian mempunyai peranan pencegahan dan penanggulangan adanya kejadian keamanan nuklir, serta menjamin adanya keamanan umum, pengembangan forensik nuklir, koordinasi dalam penyidikan. Peranan tersebut bersifat pendukung terhadap kelembagaan yang lain. Menurut Pasal 42 ayat (1) UU Kepolisian, hubungan dan kerja sama POLRI dengan badan, lembaga, serta instansi di dalam dan di luar negeri didasarkan atas sendi-sendi hubungan fungsional, saling menghormati, saling membantu, mengutamakan kepentingan umum, serta memperhatikan hierarki. Selain itu, berdasarkan Pasal 42 ayat (2) UU Kepolisan, hubungan dan kerja sama di dalam negeri dilakukan terutama dengan unsur-unsur pemerintah daerah, penegak hukum, badan, lembaga, instansi lain, serta masyarakat dengan mengembangkan asas partisipasi dan subsidiaritas.

19. Undang-Undang Nomor 34 Tahun 2004 tentang Tentara Nasional Indonesia (UU TNI)

Berdasarkan UU TNI, kedudukan TNI merupakan komponen utama dalam sistem pertahanan negara. Sistem Pertahanan Negara menurut Pasal 1 ayat (6) UU TNI adalah sistem pertahanan yang bersifat semesta yang melibatkan seluruh warga negara, wilayah, dan sumber daya nasional lainnya, serta dipersiapkan secara dini oleh pemerintah dan diselenggarakan secara total, terpadu, terarah, berkesinambungan, dan berkelanjutan untuk menegakkan kedaulatan negara, mempertahankan keutuhan wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia, dan melindungi keselamatan segenap bangsa dari setiap ancaman.

Pasal 7 ayat (1) UU TNI mengatur bahwa tugas pokok TNI adalah menegakkan kedaulatan negara, mempertahankan keutuhan wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia yang berdasarkan Pancasila dan UUD NRI Tahun 1945, serta melindungi segenap bangsa dan seluruh tumpah darah

Indonesia dari ancaman dan gangguan terhadap keutuhan bangsa dan negara. Adapun tugas pokok TNI di antaranya yaitu :

a. operasi militer untuk perang.
b. operasi militer selain perang, yaitu untuk:
    1) mengatasi gerakan separatisme bersenjata;
    2) mengatasi pemberontakan bersenjata;
    3) mengatasi aksi terorisme;
    4) mengamankan wilayah perbatasan;
    5) mengamankan objek vital nasional yang bersifat strategis;
    6) melaksanakan tugas perdamaian dunia sesuai dengan kebijakan politik luar negeri;
    7) mengamankan Presiden dan wakil presiden beserta keluarganya;
    8) memberdayakan wilayah pertahanan dan kekuatan pendukungnya secara dini sesuai dengan sistem pertahanan semesta;
    9) membantu tugas pemerintahan di daerah;
    10) membantu kepolisian Negara Republik Indonesia dalam rangka tugas keamanan dan ketertiban masyarakat yang diatur dalam undang-undang;
    11) membantu mengamankan tamu negara setingkat kepala dan perwakilan pemerintah asing yang sedang berada di Indonesia;
    12) membantu menanggulangi akibat bencana alam, pengungsian, dan pemberian bantuan kemanusiaan;
    13) membantu pencarian dan pertolongan dalam kecelakaan (*search and rescue*); serta
    14) membantu pemerintah dalam pengamanan pelayaran dan penerbangan terhadap pembajakan, perompakan, dan penyelundupan.

Selanjutnya dalam Pasal 9 huruf b dinyatakan bahwa Angkatan Laut bertugas menegakkan hukum dan menjaga keamanan di wilayah laut

yurisdiksi nasional sesuai dengan ketentuan hukum nasional dan hukum internasional yang telah diratifikasi. Tugas menegakkan hukum dan menjaga keamanan tersebut adalah segala bentuk kegiatan yang berhubungan dengan penegakan hukum di laut sesuai dengan kewenangan TNI AL (*constabulary function*) yang berlaku secara universal dan sesuai dengan ketentuan perundang-undangan yang berlaku untuk mengatasi ancaman tindakan kekerasan, ancaman navigasi, serta pelanggaran hukum di wilayah laut yurisdiksi nasional. Menegakkan hukum yang dilaksanakan oleh TNI AL di laut, terbatas dalam lingkup pengejaran, penangkapan, penyelidikan, dan penyidikan perkara yang selanjutnya diserahkan kepada Kejaksaan, TNI AL tidak menyelenggarakan pengadilan.

Dalam kaitannya dengan ketenaganukliran, tugas TNI AL sebagaimana diberikan dalam Pasal 9 huruf b UU TNI tersebut selaras dengan pengaturan dalam RUUK khusunya terkait sistem keamanan nuklir nasional dan penyidikan dan pembuktian. Pengaturan sistem keamanan nuklir nasional dalam RUUK juga mengatur mengenai peran TNI dalam upaya pencegahan berupa:

a. analisis dan penentuan tingkat ancaman kejahatan terhadap keamanan nuklir;
b. penggalian informasi intelijen; dan
c. penangkalan terhadap ancaman kejahatan terhadap keamanan nuklir; Selanjutnya pengaturan mengenai penyidikan dan pembuktian dalam RUUK juga memberikan wewenang khusus kepada Penyidik TNI Angkatan Laut.

Berdasarkan pengaturan dalam UU TNI tersebut, TNI juga mempunyai peranan dalam penyelenggaraan ketenaganukliran di Indonesia, antara lain dalam upaya pencegahan pada sistem keamanan nuklir nasional dan dalam penyidikan dan pembuktian.

20. Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana (UU Penanggulangan Bencana)

Bencana menurut UU Penanggulangan Bencana didefinisikan sebagai peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor nonalam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis. Bencana bisa berupa bencana alam, bencana non alam, maupun bencana sosial.

Dalam kaitannya dengan pemanfaatan tenaga nuklir, tidak menutup kemungkinan terjadinya bencana nonalam. Menurut Pasal 1 angka 3 UU Penanggulangan Bencana, definisi bencana nonalam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau rangkaian peristiwa nonalam yang antara lain berupa gagal teknologi, gagal modernisasi, epidemi, dan wabah penyakit.

Dalam rangka meminimalisasi potensi terjadinya bencana akibat pemanfaatan tenaga nuklir, maka dalam pembaruan penyelenggaraan ketenaganukliran perlu memperhatikan dan mengakomodir beberapa ketentuan terkait penanggulangan bencana sebagaimana diatur dalam UU Penanggulangan Bencana.

Pemerintah dan Pemerintah Daerah menjadi penanggung jawab dalam penyelenggaraan penanggulangan bencana. Yang dimaksud dengan Pemerintah disini yaitu BNPB. Tujuan penanggulangan bencana yaitu untuk: a. memberikan perlindungan kepada masyarakat dari ancaman bencana; b. menyelaraskan peraturan perundang-undangan yang sudah ada; c. menjamin terselenggaranya penanggulangan bencana secara terencana, terpadu, terkoordinasi,dan menyeluruh; d. menghargai budaya lokal; e. membangun partisipasi dan kemitraan publik serta swasta; f. mendorong semangat gotong royong, kesetiakawanan, dan kedermawanan; dan g. menciptakan perdamaian dalam kehidupan bermasyarakat, berbangsa, dan bernegara.

Penyelenggaraan penanggulangan bencana adalah serangkaian upaya yang meliputi penetapan kebijakan pembangunan yang berisiko timbulnya bencana, kegiatan pencegahan bencana, tanggap darurat, dan rehabilitasi.

Kegiatan pencegahan bencana adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan sebagai upaya untuk menghilangkan dan/atau mengurangi ancaman bencana. Kesiapsiagaan adalah serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk mengantisipasi bencana melalui pengorganisasian serta melalui langkah yang tepat guna dan berdaya guna. Peringatan dini adalah serangkaian kegiatan pemberian peringatan sesegera mungkin kepada masyarakat tentang kemungkinan terjadinya bencana pada suatu tempat oleh lembaga yang berwenang. Pengaturan terkait koordinasi antarinstansi/lembaga perlu diatur dalam konsepsi pembaruan ketenaganukliran. Konsepsi tersebut berupa kesiapsiagaan nuklir, kedaruratan nuklir dan radiologi, serta penanggulangan kedaruratan nuklir dan radiologi.

Selanjutnya perlu diperhatikan pula ketentuan dalam Pasal 40 ayat (3) UU Penanggulangan Bencana yaitu bahwa setiap kegiatan pembangunan yang mempunyai risiko tinggi yang menimbulkan bencana dilengkapi dengan analisis risiko bencana sebagai bagian dari usaha penanggulangan bencana sesuai dengan kewenangannya. Yang dimaksud dengan kegiatan pembangunan yang mempunyai risiko tinggi menimbulkan bencana adalah kegiatan pembangunan yang memungkinkan terjadinya bencana, antara lain pengeboran minyak bumi, pembuatan senjata nuklir, pembuangan limbah, eksplorasi tambang, dan pembabatan hutan.

BNPB sebagai Lembaga Pemerintah Non Kementerian setingkat Menteri memiliki peran yang vital dalam meminimalisasi potensi bencana nuklir (pra bencana), saat tanggap darurat, maupun melakukan rehabilitasi setelah terjadinya bencana (pasca bencana) sesuai amanat Peraturan Presiden Nomor 1 Tahun 2019 tentang Badan Nasional Penanggulangan Bencana yang telah diubah dengan Peraturan Presiden Nomor 29 Tahun 2019.

Selain tanggung jawab Pemerintah dalam penanggulangan bencana, dalam Undang-Undang ini juga diatur mengenai hak dan kewajiban masyarakat dalam hal terjadi bencana, termasuk di dalamnya bencana nuklir. Menurut Pasal 26 ayat (3) UU Penanggulangan Bencana setiap orang berhak:

a. mendapatkan perlindungan sosial dan rasa aman, khususnya bagi kelompok masyarakat rentan bencana;
b. mendapatkan pendidikan, pelatihan, dan keterampilan dalam penyelenggaraan penanggulangan bencana.
c. mendapatkan informasi secara tertulis dan/atau lisan tentang kebijakan penanggulangan bencana.
d. berperan serta dalam perencanaan, pengoperasian, dan pemeliharaan program penyediaan bantuan pelayanan kesehatan termasuk dukungan psikososial;
e. berpartisipasi dalam pengambilan keputusan terhadap kegiatan penanggulangan bencana, khususnya yang berkaitan dengan diri dan komunitasnya; dan
f. melakukan pengawasan sesuai dengan mekanisme yang diatur atas pelaksanaan penanggulangan bencana.

Selanjutnya pada Pasal 26 ayat (4) dan ayat (5) diatur bahwa setiap orang yang terkena bencana berhak mendapatkan bantuan pemenuhan kebutuhan dasar dan berhak untuk memperoleh ganti kerugian karena terkena bencana yang disebabkan oleh kegagalan konstruksi. Pasal 27 UU Penanggulangan Bencana, mengatur bahwa setiap orang berkewajiban:

a. menjaga kehidupan sosial masyarakat yang harmonis, memelihara keseimbangan, keserasian, keselarasan, dan kelestarian fungsi lingkungan hidup;
b. melakukan kegiatan penanggulangan bencana; dan
c. memberikan informasi yang benar kepada publik tentang penanggulangan bencana.

Pengaturan dalam UUK terkait penanggulangan bencana nuklir mengenai tanggung jawab Pemerintah Pusat dan Pemerintah Daerah, alur koordinasi, sistem peringatan dini selaras dengan pengaturan dalam UndangUndang Penanggulangan Bencana ini.

21. Undang-Undang Nomor 36 Tahun 2009 tentang Kesehatan (UU Kesehatan)

Kesehatan merupakan hak asasi manusia dan salah satu unsur kesejahteraan yang harus diwujudkan. Karena tidak dapat dipungkiri gangguan atas kesehatan pada masyarakat akan berdampak pada kerugian di bidang lain, misalnya kerugian di bidang ekonomi yang besar bagi negara. Peningkatan derajat kesehatan merupakan investasi bagi pembangunan suatu negara.

Di Indonesia hak atas kesehatan diwujudkan sesuai dengan cita-cita bangsa Indonesia sebagaimana dimaksud dalam Pancasila dan UUD NRI Tahun 1945. Dalam ketentuan UUD NRI Tahun 1945 perubahan ke 2, hak warga negara atas kesehatan diatur dalam Pasal 28 H angka (1) yang menyatakan bahwa "setiap orang berhak hidup sejahtera, lahir dan batin, bertempat tinggal dan mendapatkan lingkungan hidup yang baik dan sehat serta berhak memperoleh pelayanan kesehatan". Dari ketentuan pasal tersebut dapat diketahui bahwa masyarakat Indonesia memiliki hak untuk bertempat tinggal di lingkungan yang baik dan sehat.

Selain diamanahkan dalam UUD NRI Tahun 1945, hak atas kesehatan juga diatur dalam ketentuan UU Kesehatan, khususnya Pasal 6 yang mengatur bahwa setiap orang berhak mendapatkan lingkungan yang sehat bagi pencapaian derajat kesehatan. Dari ketentuan pasal tersebut menunjukan bahwa mendapat lingkungan yang sehat merupakan hak setiap orang.

Tujuan dari upaya kesehatan lingkungan diatur dalam ketentuan Pasal 162 UU Kesehatan, yang menyatakan bahwa upaya kesehatan lingkungan ditujukan untuk mewujudkan kualitas lingkungan yang sehat, baik fisik, kimia, biologi, maupun sosial yang memungkinkan setiap orang mencapai derajat kesehatan yang setinggi-tingginya.

Adapun pihak yang memiliki kewajiban untuk menjamin terwujudnya lingkungan yang sehat adalah termasuk pemerintah dan pemerintah daerah. Hal ini sebagaimana diamanahkan dalam ketentuan Pasal 163 angka (1) UU

Kesehatan yang mengatur bahwa pemerintah, pemerintah daerah, dan masyarakat menjamin ketersediaan lingkungan yang sehat dan tidak mempunyai risiko buruk bagi kesehatan.

Lebih lanjut kesehatan lingkungan dimaksudkan untuk mewujudkan lingkungan permukiman, lingkungan tempat kerja, tempat rekreasi serta tempat dan fasilitas umum yang sehat. Hal tersebut diatur secara terperinci dalam ketentuan Pasal 163 angka 2 UU Kesehatan yang menyatakan bahwa lingkungan sehat sebagaimana dimaksud pada ayat (1) mencakup lingkungan permukiman, tempat kerja, tempat rekreasi, serta tempat dan fasilitas umum.

Adapun yang dimaksudkan dengan lingkungan yang sehat sebagaimana dimaksud dengan Pasal 163 ayat (3) UU Kesehatan adalah lingkungan yang bebas dari limbah cair, limbah padat, limbah gas, sampah yang tidak diproses sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan pemerintah, binatang pembawa penyakit, zat kimia yang berbahaya, kebisingan yang melebihi ambang batas, radiasi sinar pengion dan non pengion, air yang tercemar, udara yang tercemar dan makanan yang terkontaminasi.

WHO menjelaskan bahwa untuk meningkatkan derajat kesehatan masyarakat diperlukan enam usaha dasar kesehatan masyarakat yang terdiri dari: 1) pemeliharaan dokumen kesehatan; 2) pendidikan kesehatan; 3) kesehatan lingkungan; 4) pemberantasan penyakit menular; 5) kesehatan ibu dan anak dan 6) pelayanan medis dan perawatan kesehatan.[144] Merujuk hal tersebut kesehatan lingkungan merupakan salah satu unsur dasar dari kesehatan masyarakat yang penekanannya di fokuskan pada upaya untuk pencegahan sedini mungkin terkait dengan terjadinya suatu penyakit.[145] Hal ini dikarenakan masalah kesehatan lingkungan seperti pembuangan limbah maupun pencemaran terjadap zat kimia yang berbahaya dapat mengancam kesehatan mahluk hidup termasuk manusia.

---

[144] Cecep Triwibowo, Etika dan Hukum Kesehatan, Nuha Medika, Yogyakarta, 2014, Hal 83.

[145] Ibid, hal. 83.

Pengertian dari kesehatan lingkungan menurut WHO adalah suatu ilmu dan keterampilan yang memusatkan perhatian pada usaha pengendalian semua faktor yang ada dilingkungan fisik manusia yang diperkirakan menimbulkan hal-hal yang merugikan perkembangan fisik kesehatan atau kelangsungan hidupnya.[146] Sedangkan pengertian kesehatan lingkungan menurut himpunan ahli kesehatan lingkungan Indonesia (HAKLI) adalah suatu kondisi lingkungan yang mampu menopang keseimbangan ekologi yang dinamis antara manusia dan lingkungannya untuk mendukung tercapainya kualitas hidup manusia yang sehat dan bahagia.[147] Dari pengertian kesehatan lingkungan tersebut dapat diketahui bahwa kesehatan lingkungan merupakan upaya perlindungan, pengelolaan dan modifikasi lingkungan yang diarahkan menuju pada keseimbangan ekologi pada tingkat kesehatan manusia.

Berkaitan dengan UUK, Pemerintah wajib melaksanakan penyelenggaraan ketenaganukliran untuk mencegah timbulnya bahaya terhadap pekerja, masyarakat, dan lingkungan hidup, mengingat akibat yang ditimbulkan oleh zat radioaktif dapat mengancam kesehatan. Oleh karena itu penyelenggaraan ketenaganukliran memperhatikan aspek kesehatan lingkungan hidup dalam rangka memberikan perlindungan, pengelolaan yang tertuju pada keseimbangan ekologi pada tingkat kesehatan manusia dan lingkungan hidup.

22. Undang -Undang Nomor 13 Tahun 2006 tentang Perlindungan Saksi dan Korban yang diubah dengan UU No. 31 Tahun 2014 tentang Perubahan atas Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2006 tentang Perlindungan Saksi dan Korban (UU Perlindungan Saksi dan Korban)

Undang-Undang tentang Perlindungan Saksi dan Korban ditujukan untuk memberikan rasa aman dan memperjuangkan pemenuhan hak-hak saksi dan korban dalam proses peradilan pidana. Penyempurnaan yang

[146] Ibid, hal. 84.
[147] Ibid, hal. 84.

dilakukan pemerintah dengan mengeluarkan Undang-Undang Nomor 31 Tahun 2014 tentang Perubahan atas Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2006 tentang Perlindungan Saksi dan Korban dimaksudkan untuk memberikan jaminan perlindungan semestinya terhadap para pihak yang membutuhkan.

Undang-Undang ini memberikan perlindungan pada saksi dan korban dalam semua tahap proses peradilan pidana dalam lingkungan peradilan. Asas yang digunakan untuk perlindungan saksi dan korban meliputi penghargaan atas harkat dan martabat manusia, rasa aman, keadilan, tidak diskriminatif, dan kepastian hukum.

Dalam Pasal 1 angka 4 UU Perlindungan Saksi dan Korban, pelapor didefinisikan sebagai orang yang memberikan laporan, informasi, atau keterangan kepada penegak hukum mengenai tindak pidana yang akan, sedang, atau telah terjadi. Selanjutnya dalam Pasal 5 ayat (3) UU Perlindungan Saksi dan Korban, diatur bahwa selain kepada saksi dan/atau korban, hak yang diberikan dalam kasus tertentu dapat diberikan kepada saksi pelaku, pelapor, dan ahli, termasuk pula orang yang dapat memberikan keterangan yang berhubungan dengan suatu perkara pidana meskipun tidak ia dengar sendiri, tidak ia lihat sendiri, dan tidak ia alami sendiri, sepanjang keterangan orang itu berhubungan dengan tindak pidana.

Adapun hak-hak saksi dan korban dalam Undang-Undang ini adalah sebagai:

a. memperoleh perlindungan atas keamanan pribadi, keluarga, dan harta bendanya, serta bebas dari ancaman yang berkenaan dengan kesaksian yang akan, sedang, atau telah diberikannya;
b. ikut serta dalam proses memilih dan menentukan bentuk perlindungan dan dukungan keamanan;
c. memberikan keterangan tanpa tekanan;
d. mendapat penerjemah;
e. bebas dari pertanyaan yang menjerat;
f. mendapat informasi mengenai perkembangan kasus;
g. mendapat informasi mengenai putusan pengadilan;

h. mendapat informasi dalam hal terpidana dibebaskan;
i. dirahasiakan identitasnya;
j. mendapat identitas baru;
k. mendapat tempat kediaman sementara;
l. mendapat tempat kediaman baru;
m. memperoleh penggantian biaya transportasi sesuai dengan kebutuhan;
n. mendapat nasihat hukum;
o. memperoleh bantuan biaya hidup sementara sampai batas waktu perlindungan berakhir; dan/atau
p. mendapat pendampingan.

Undang-Undang ini juga mengatur hak saksi atau korban seperti memperoleh perlindungan atas keamanan pribadi, keluarga, dan harta bendanya serta bebas dari ancaman yang berkenaan dengan kesaksian yang akan, sedang atau diberikannya. Saksi dan korban juga berhak ikut dalam proses memilih dan menentukan bentuk perlindungan dan dukungan keamanan. Undang-Undang ini diharapkan memperluas kewenangan Lembaga Perlindungan Saksi dan Korban (LPSK) dalam melindungi saksi, korban dan pengungkap fakta, memperluas anggota LPSK harus mengucapkan sumpah/janji serta jika ada pelanggaran bisa dibentuk dewan etik, maupun mengatur mekanisme perlindungan saksi yang belum secara rinci diatur dalam Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2006.

23. Undang-Undang Nomor 14 Tahun 2008 tentang Keterbukaan Informasi Publik (UU KIP)

Untuk memberikan jaminan terhadap semua orang dalam memperoleh informasi, maka dibentuk UU KIP yang mengatur tentang keterbukaan informasi publik sebagai pelaksanaan dari ketentuan pada UUD NRI 1945. Hal tersebut diperlukan mengingat hak untuk memperoleh informasi merupakan hak asasi manusia sebagai salah satu wujud dari kehidupan berbangsa dan bernegara yang demokratis. Salah satu elemen penting dalam mewujudkan penyelenggaraan negara yang terbuka adalah hak publik untuk

memperoleh informasi sesuai dengan peraturan perundang-undangan. Hak atas informasi menjadi sangat penting karena makin terbuka penyelenggaraan negara untuk diawasi publik, penyelenggaraan negara tersebut makin dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam UU KIP selain mengatur mengenai keterbukaan informasi juga terdapat informasi yang dikecualikan. Menurut Pasal 17 huruf c, setiap badan publik wajib membuka akses bagi setiap pemohon informasi publik untuk mendapatkan informasi publik, kecuali Informasi Publik yang apabila dibuka dan diberikan kepada pemohon informasi publik dapat membahayakan pertahanan dan keamanan negara. Selain pengecualian juga diatur ancaman pidana apabila melanggar ketentuan pada Pasal 17 huruf c, yaitu bahwa setiap orang yang dengan sengaja dan tanpa hak mengakses dan/atau memperoleh dan/atau memberikan informasi yang dikecualikan sebagaimana diatur dalam Pasal 17 huruf c dan huruf e, dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 tahun dan pidana denda paling banyak Rp. 20.000.000,-.

Kegiatan penyelenggaraan ketenaganukliran telah dimanfaatkan secara luas hampir di semua bidang kehidupan masyarakat baik yang dilakukan oleh pemerintah maupun swasta, selain manfaat yang besar ada ancaman yang besar juga yang dihasilkan. Saat ini UUK belum mengatur secara terpadu dan komprehensif mengenai aspek keamanan dan keselamatan yang berhubungan dengan kerahasian informasi terkait ketenaganukliran. Untuk itu perlu pengaturan khusus pada UUK mengenai kerahasian informasi keamanan nuklir dan garda-aman meliputi informasi yang dapat membahayakan pertahanan dan keamanan negara, merugikan ketahanan nasional, menghambat proses penegakan hukum, membahayakan keselamatan pekerja dan masyarakat, dan mengancam keamanan kegiatan dan fasilitas ketenaganukliran dan perhelatan akbar.

24. Undang-Undang Nomor 6 Tahun 2023 tentang Penetapan Peraturan Pemerintah Pengganti Undang-Undang Nomor 2 Tahun 2022 tentang

Cipta Kerja Menjadi Undang-Undang (Undang-Undang Cipta Kerja)

Undang-Undang Cipta Kerja bertujuan memberikan kebijakan dan langkah-langkah strategis yang berkaitan dengan kemudahan, perlindungan, dan pemberdayaan koperasi dan usaha mikro, kecil, dan menengah, peningkatan ekosistem investasi, dan percepatan proyek strategis nasional, termasuk peningkatan perlindungan dan kesejahteraan pekerja. UndangUndang Cipta Kerja menyinergikan keterlibatan semua pihak yang terkait, dengan tujuan untuk menciptakan kerja yang seluas-luasnya bagi rakyat Indonesia secara merata di seluruh wilayah Negara Republik Indonesia dalam rangka memenuhi hak atas penghidupan yang layak. Undang-Undang Cipta Kerja mencakup hal-hal yang terkait dengan:

a. peningkatan ekosistem investasi dan kegiatan berusaha;
b. peningkatan perlindungan dan kesejahteraan pekerja;
c. kemudahan, pemberdayaan, dan perlindungan koperasi dan usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM); dan
d. peningkatan investasi pemerintah dan percepatan proyek strategis nasional.

Penciptaan lapangan kerja yang dilakukan melalui pengaturan terkait dengan peningkatan ekosistem investasi dan kegiatan berusaha paling sedikit memuat pengaturan mengenai penyederhanaan perizinan berusaha, persyaratan investasi, kemudahan berusaha, riset dan inovasi, pengadaan lahan, dan kawasan ekonomi. Penyederhanaan perizinan berusaha melalui penerapan perizinan berusaha berbasis risiko merupakan metode standar berdasarkan tingkat risiko suatu kegiatan usaha dalam menentukan jenis perizinan berusaha dan kualitas/frekuensi pengawasan. Perizinan berusaha dan pengawasan merupakan instrumen Pemerintah Pusat dan Pemerintah Daerah dalam mengendalikan suatu kegiatan usaha. Penerapan pendekatan berbasis risiko memerlukan perubahan pola pikir (*change management*) dan penyesuaian tata kerja penyelenggaraan layanan Perizinan Berusaha (*bussiness process re-engineering*) serta memerlukan pengaturan (*re-design*) proses bisnis perizinan berusaha di dalam sistem perizinan berusaha secara

elektronik. Melalui penerapan konsep ini, pelaksanaan penerbitan perizinan berusaha dapat lebih efektif dan sederhana karena tidak seluruh kegiatan usaha wajib memiliki izin, di samping itu melalui penerapan konsep ini kegiatan pengawasan menjadi lebih terstruktur baik dari periode maupun substansi yang harus dilakukan pengawasan.

Perizinan berusaha yang diatur dalam Undang-Undang Cipta kerja terdiri atas sektor:

a. kelautan dan perikanan;
b. pertanian;
c. kehutanan;
d. energi dan sumber daya mineral;
e. ketenaganukliran;
f. perindustrian;
g. perdagangan, metrologi legal, jaminan produk halal, dan standardisasi penilaian kesesuaian;
h. pekerjaan umum dan perumahan rakyat;
i. transportasi;
j. kesehatan, obat dan makanan;
k. pendidikan dan kebudayaan;
l. pariwisata;
m. keagamaan;
n. pos, telekomunikasi, dan penyiaran; dan
o. pertahanan dan keamanan.

Selanjutnya, Undang-Undang Cipta kerja ini mengatur kebijakan strategis cipta kerja dalam beberapa ruang lingkup, di antaranya:

(1) peningkatan ekosistem investasi dan kegiatan berusaha;
(2) ketenagakerjaan;
(3) kemudahan, perlindungan, serta pemberdayaan koperasi dan UMKM;
(4) kemudahan berusaha
(5) dukungan riset dan inovasi

(6) pengadaan tanah

(7) kawasan ekonomi

(8) investasi pemerintah pusat dan percepatan proyek strategis nasional

(9) pelaksanaan administrasi pemerintahan

(10) pengenaan sanksi

Ruang lingkup Undang-Undang Cipta Kerja sebagaimana disebutkan di atas masih ada beberapa yang memerlukan pengaturan lebih detail yang terkait sektor ketenaganukliran sehingga Undang-Undang Cipta Kerja ada dukungan regulasi lain agar dapat diterapkan secara efektif dan efisien, seperti pada peningkatan ekosistem investasi dan kegiatan berusaha, kemudahan berusaha, dukungan riset dan inovasi, pengadaan tanah (misal tapak instalasi nuklir), investasi Pemerintah Pusat dan proyek strategis nasional, pelaksanaan administrasi pemerintahan, serta pengenaan sanksi.

(1) Peningkatan ekosistem investasi dan kegiatan berusaha

a. Kemudahan Investasi.

Pertama, terkait dengan keberlanjutan investasi (*investment sustainability*), Undang-Undang Cipta Kerja memberikan kemudahan investasi yang begitu luas, hanya saja patut dipertanyakan terkait dengan pertimbangan terhadap keselamatan dan keamanan dalam kegiatan pemanfaatan ketenaganukliran, karena pemanfaatan ketenaganukliran memiliki risiko yang membahayakan pekerja, masyarakat, dan lingkungan hidup, serta keamanan internasional. Perubahan dengan kemudahan investasi perlu juga dibarengi dengan upaya untuk mempertahankan keselamatan, keamanan dan gardaaman dalam pemanfaatan ketenaganukliran.

b. Lingkungan Hidup.

Undang-Undang Cipta Kerja juga berpihak pada isu lingkungan hidup dengan menetapkan persetujuan lingkungan hidup sebagai persyaratan dasar sesuai dengan tingkat risiko kegiatan berusaha. Kemudahan dalam memperoleh persetujuan lingkungan hidup

diwujudkan dalam bentuk pemeringkatan persyaratan yang wajib disampaikan untuk memeroleh perizinan berusaha. Terkait dengan lingkungan hidup, penyelenggaraan ketenaganuklirn berpotensi memberikan dampak baik yang bersifat jangka pendek maupun jangka panjang, sehingga perlu adanya ketentuan dalam UUK yang mengatur keselamatan dari kegiatan pemanfaatan ketenaganukliran dengan tujuan melindungi pekerja, masyarakat, dan lingkungan hidup dari bahaya yang ditimbulkan selama pelaksanaan kegiatan pemanfaatan ketenaganukliran.

(2) Kemudahan berusaha, dukungan riset, dan inovasi

Perubahan UUK yang terdapat pada Undang-Undang Cipta Kerja memiliki dampak positif dan negatif. Perubahan positif dapat dilihat dari: 1) adanya pengaturan pertambangan bahan galian nuklir yang dibuka untuk pelaku usaha; 2) adanya pengaturan tentang pengusahaan terhadap MIR yang memilki nilai ekonomis dan strategis; dan 3) pelaku usaha memiliki peluang dalam pengusahaan ketenaganukliran dengan melalui perizinan berusaha yang dibuka secara luas.

Dalam penyelenggaraan ketenaganukliran, kemudahan berusaha yang diberikan kepada pelaku usaha didukung dengan pendekatan perizinan berusaha berbasis risiko, yang mana tidak semua kegiatan berusaha memerlukan izin, namun tergantung pada risiko yang dimilikinya. Sebagai contoh untuk kegiatan berusaha dengan risiko rendah maka hanya memerlukan registrasi berupa nomor induk berusaha (NIB), sedangkan kegiatan usaha dengan risiko tinggi memerlukan perizinan berusaha.

Sebaliknya, terdapat beberapa pengaturan yang belum diatur secara rinci sebagai berikut. Pertama, pengaturan pertambangan bahan galian nuklir tidak terlalu diuraikan secara rinci bagaimana tata cara pengelolaan, termasuk terhadap pengusahaan MIR. Pengelolaan terhadap MIR perlu mempertimbangkan karakteristik dari MIR yang memancarkan radiasi pengion yang membahayakan keselamatan pekerja, masyarakat, dan lingkungan hidup. Kedua, pengaturan dalam Undang-Undang Cipta Kerja

hanya berfokus pada pengusahaan dalam pemanfaatan ketenaganukliran, tapi ada beberapa kegiatan terkait ketenaganukliran yang perlu mendapat perhatian seperti tanggung jawab terhadap zat radioaktif yang berada di luar pengawasan, paparan yang telah ada di lingkungan dengan nilai lebih tinggi dibandingkan dengan paparan latar yang secara umum, dan peningkatan paparan karena praktik yang tidak disadari, seperti peningkatan gas radon di ruang kerja *basement*. Oleh karena itu, kegiatan terkait ketenaganukliran yang perlu mendapat perhatian seperti tanggung jawab terhadap zat radioaktif yang berada di luar pengawasan perlu pengaturan dalam RUUK.

(3) Pengadaan tanah (misal tapak instalasi nuklir)

Pengadaan tanah untuk pemanfaatan tenaga nuklir harus mengikuti ketentuan yang berlaku. Salah satu contoh yang memerlukan pengadaan tanah adalah terkait tapak instalasi nuklir, fasilitas radiasi, dan pertambangan bahan galian nuklir. Dalam pengadaan tanah harus memenuhi persyaratan keselamatan dan keamanan tertentu yang ketat terhadap lingkungan hidup dan masyarakat untuk mengantisipasi terjadinya dampak sebaran radiasi radiasi dan/atau kecelakaan nuklir.

(4) Investasi pemerintah pusat dan proyek strategis nasional

UUK dalam jangka menengah atau panjang memberikan peluang bagi Pemerintah Pusat dalam berinvestasi dan mempercepat proyek strategis nasional. Investasi Pemerintah Pusat dalam rangka pembangunan berkelanjutan bidang energi, pangan, teknologi, dan lain sebagainya yang diatur dalam penyusunan rencana induk strategis ketenaganukliran.

(5) Pelaksanaan administrasi pemerintahan

UUK ini memperjelas pelaksanaan administrasi pemerintahan dalam penggunaan atau pemanfaatan tenaga nuklir baik untuk pelaku usaha maupun nonpelaku usaha. Undang-Undang Cipta Kerja sangat fokus pada kegiatan pelaku usaha, namun pada prakteknya pelaksanaan administrasi

pemerintahan juga menyasar pada non pelaku usaha terutama adanya instansi pemerintah yang kegiatannya bidang ketenaganukliran maupun instansi pemerintah yang menggunakan peralatan tenaga nuklir dalam mendukung tugas dan fungsinya. Sehingga perlu dilakukan juga pengaturan perizinan terhadap nonpelaku usaha tersebut tanpa mengesampingkan tujuan keselamatan dan keamanan pemanfaatan tenaga nuklir.

(6) Pengenaan sanksi.

Dalam Undang-Undang Cipta Kerja terutama sektor ketenaganukliran tidak mencakup seluruh pengenaan sanksi terhadap pelanggaran dalam pemanfaatannya, karena memang tujuannya adalah untuk kemudahan berusaha. Sanksi yang diatur hanya untuk pembanguan dan pengoperasian reaktor nuklir. Berdasarkan pengalaman negara lain dan dalam negeri, banyak ditemukan pelanggaran-pelangaran bidang ketenaganukliran baik itu dalam area hukum administrasi maupun di luar hukum administrasi. Sanksi tegas dan berat juga diberlakukan terhadap para pihak di luar ikatan hukum administrasi (selain pemegang otorisasi) yang tanpa hak memanfaatkan dan/atau bertujuan untuk melakukan kejahatan. Oleh karena itu sangat diperlukan ketegasan pengenaan sanksi dalam UUK ini terhadap pelaku pelanggaran ketenaganukliran agar tidak berdampak pada terganggunya implementasi Undang-Undang Cipta Kerja.

Jika disandingkan dengan undang-undang pendahulunya, pada Undang-Undang Cipta Kerja ini terdapat beberapa perbedaan terkait kebijakan ketenaganukliran. Terdapat perubahan dan penghapusan beberapa pasal yang ada dalam UUK. Berikut poin-poin perubahan dan penghapusan pada Undang-Undang Cipta Kerja dibanding UUK:

a. penyisipan Pasal 2A bahwa Pemerintah Pusat berwenang memberikan perizinan berusaha terkait ketenaganukliran.
b. perubahan pada Pasal 4 dari Pemerintah menjadi Pemerintah Pusat
c. perubahan dan penyisipan pasal terkait pertambangan bahan galian nuklir sebagai berikut:

- perubahan pada Pasal 9 menjadi bahan nuklir dikuasai oleh negara dan Pemerintah Pusat menetapkan wilayah usaha pertambangan bahan galian nuklir.
- penyisipan Pasal 9A bahwa Pemerintah Pusat dapat menetapkan badan usaha yang melakukan kegiatan pertambangan bahan galian nuklir, dalam hal ini dapat dilakukan oleh BUMN yang bekerja sama dengan badan usaha milik swasta. Badan usaha tersebut wajib mendapatkan perizinan berusaha dari Pemerintah Pusat. Pertambangan bahan galian nuklir termasuk pertambangan yang menghasilkan MIR sehingga juga wajib memiliki perizinan berusaha. Dalam hal orang perseorangan ataupun badan usaha menemukan MIR maka wajib mengalihkan kepada negara atau BUMN.

d. ketentuan pada Pasal 10 dihapus.
e. perubahan penjelasan Pasal 14 mengenai peraturan, perizinan, dan inspeksi.
f. perubahan pada Pasal 17 dari “wajib memiliki izin” menjadi “wajib memenuhi perizinan berusaha dari Pemerintah Pusat”.
g. ketentuan pada Pasal 18 dihapus.
h. perubahan pada Pasal 20 bahwa inspeksi terhadap instalasi nuklir dan instalasi yang memanfaatkan radiasi pengion dilaksanakan oleh Pemerintah Pusat yang sebelumnya dilakukan oleh badan pengawas.
i. perubahan Pasal 25 menjadi “Pemerintah Pusat menyediakan tempat penyimpanan lestari limbah radioaktif tingkat tinggi” yang sebelumnya oleh badan pelaksana.
j. perubahan pada Pasal 41 mengenai sanksi pidana menjadi:
    - setiap orang yang membangun, mengoperasikan, dan/atau melakukan dekomisioning reaktor nuklir tanpa perizinan berusaha dipidana 10 tahun penjara dan denda paling banyak Rp10.000.000.000,-.

- setiap orang yang melakukan perbuatan sebagaimana tersebut di atas yang menimbulkan kerugian nuklir dipidana dengan pidana penjara seumur hidup atau pidana penjara paling lama 15 tahun dan denda paling banyak Rp. 20.000.000.000,-.
- Dalam hal terpidana tidak mampu membayar denda di atas, dipidana dengan kurungan paling lama 1 (satu) tahun.

BAB IV LANDASAN FILOSOFIS, SOSIOLOGIS, DAN YURIDIS

A. Landasan Filosofis

Pembangunan nasional dalam rangka mewujudkan masyarakat adil dan makmur berdasarkan Pancasila dan Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945 (UUD NRI Tahun 1945) diarahkan pada terwujudnya tujuan negara sebagaimana tercantum dalam pembukaan UUD NRI Tahun 1945 yaitu melindungi segenap bangsa Indonesia dan seluruh tumpah darah Indonesia, memajukan kesejahteraan umum, mencerdaskan kehidupan bangsa, melaksanakan ketertiban dunia yang berdasarkan kemerdekaan, perdamaian abadi, dan keadilan sosial.

Salah satu usaha dalam mencapai tujuan negara tersebut adalah dengan penyelenggaraan ketenaganukliran. Untuk memajukan kesejahteraan umum, tenaga nuklir banyak dimanfaatkan dalam pembangkitan energi sebagai tenaga listrik, bidang kesehatan dalam terapi dan diagnostik penyakit infeksi dan kanker, bidang pertanian dan pangan untuk mendapatkan varietas baru, pengawetan makanan, bidang industri untuk pengujian dan analisis, bidang hidrologi, bidang lingkungan hidup serta bidang penunjang lainnya.

Di samping pemanfaatan teknologi nuklir untuk kesejahteraan, karena sifatnya yang mengandung radiasi yang memiliki potensi risiko yang harus dikendalikan, Pemerintah sudah seharusnya melakukan pengawasan terhadap penggunaan teknologi nuklir. Dengan demikian Pemerintah menjamin perlindungan masyarakat dan lingkungan hidup dari dampak negatif pemanfaatan teknologi nuklir. Sejak awal negara telah melakukan usaha yang ditujukan untuk melindungi masyarakat Indonesia dari ancaman radiasi yang berasal dari luar negeri antara lain dengan adanya percobaan senjata nuklir yang sedang berkembang saat itu dengan dibentuknya panitia negara untuk penyelidikan radioaktivitet tahun 1954. Hal ini sejalan dengan tujuan nasional bangsa Indonesia sebagaimana telah digariskan dalam

Pembukaan UUD NRI Tahun 1945 yaitu melindungi segenap tumpah darah Indonesia.

Saat ini untuk penyelenggaraan ketenaganukliran telah diatur dengan UUK. Dalam perkembangannya UUK ini membutuhkan penyesuaian dengan perkembangan praktik ketenaganukliran saat ini baik di Indonesia maupun di dunia internasional. Untuk itu diperlukan penggantian UUK sehingga dapat memaksimalkan peran negara dalam tujuan nasional sesuai dengan Pancasila dan Pembukaan UUD NRI Tahun 1945.

Produk hukum nasional yang menjamin kepastian, ketertiban, penegakan, dan perlindungan hukum yang berintikan keadilan dan kebenaran diharapkan mampu mendukung pertumbuhan dan perkembangan pembangunan nasional dan mencapai tujuan nasional. Dasar falsafah dan konstitusi negara kita adalah Pancasila dan UUD NRI Tahun 1945. Pancasila sebagai falsafah bangsa mengakui dan melindungi hak-hak individu maupun masyarakat termasuk di bidang ekonomi.

B. Landasan Sosiologis

Persepsi masyarakat mengenai nuklir lebih banyak terkait penggunaannya untuk tujuan nondamai, dalam hal ini terkait persenjataan. Padahal realitas mengenai nuklir harus dikaitkan dengan perkembangan ilmu pengetahuan tenaga nuklir tujuan damai yang dewasa ini menunjukkan perkembangan cepat dan dinamis untuk memenuhi kebutuhan energi yang bersih dan murah, kebutuhan medis untuk terapi dan kedokteran nuklir serta kebutuhan bidang lainnya.

Pemanfaatan tenaga nuklir di Indonesia telah banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari, misalnya di bidang penelitian, pertanian, kesehatan, industri dan lain-lain. Saat ini terdapat 3 reaktor penelitian, 2 instalasi produksi radioisotop, 1 instalasi pengolahan limbah radioaktif, 2 fasilitas iradiator, 1 fasilitas akselerator, dan dalam bidang medis dan industri terdapat lebih dari 14.000 fasilitas. Pada faktanya memang terdapat dampak

dalam pemanfaatan tenaga nuklir tersebut seperti potensi risiko radiologik yang tidak bisa diabaikan. Oleh karena itu, diperlukan transparansi informasi dalam pemanfaatan tenaga nuklir. Transparansi tidak hanya terkait dengan manfaat tetapi juga potensi bahaya radiasi, sehingga setiap infromasi tersebut harus disampaikan kepada publik termasuk dampak serta bagaimana hal ini akan diatasi. Transparansi atas hal demikian akan memberikan keyakinan kepada publik bahwa penggunaan ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir dari waktu ke waktu dapat bermanfaat sesuai dengan standard yang semakin tinggi bagi masyarakat dan lingkungan. Hal ini sejalan dengan penerapan konsep pertahanan berlapis (*defences in depth*).

Dalam konsep pertahanan berlapis ini bila upaya pencegahan kecelakaan telah dilakukan namun tetap terjadi kondisi kecelakaan nuklir atau radiasi maka upaya mitigasi harus disiapkan dan diterapkan untuk mengurangi dampak radiasi pada masayarakat dan lingkungan hidup. Dalam praktik internasional telah diatur standar dalam melakukan penanggulangan kedaruratan nuklir yaitu dengan *Convention on Early Notification of a Nuclear Accident* yang telah diratifikasi dengan Keputusan Presiden Nomor 81 Tahun 1993 tentang Pengesahan *Convention on Early Notification of a Nuclear Accident* dan *Convention on Assistance in The Case of Nuclear Accident or Radiological Emergency* yang telah diratifikasi dengan Keputusan Presiden Nomor 82 Tahun 1993 tentang Pengesahan *Convention on Assistance in The Case of Nuclear Accident or Radiological Emergency*. Sehingga perlu pengaturan dalam penyelenggaraan ketenaganukliran saat ini.

Selain itu dalam perkembangan saat ini aspek keamanan ketenaganukliran menjadi isu internasional seiring dengan tindakan kejahatan yang semakin berkembang baik cara dan sasarannya sehingga tidak menutup kemungkinan jika nuklir digunakan dalam aksi kejahatan. Kondisi ini menimbulkan ancaman terhadap keamanan nuklir dan gardaaman. Munculnya ancaman terhadap keamanan nuklir tersebut mengharuskan Pemerintah mengembangkan kebijakan keamanan nuklir yang komprehensif dengan tahapan-tahapan sesuai standar internasional

antara lain pembentukan sistem peringatan dini, mekanisme pencegahan, prosedur penindakan, dan proses penegakan hukum. Kebijakan tersebut pada akhirnya harus bermuara kepada jaminan keselamatan individu, masyarakat, dan lingkungan hidup. Perkembangan internasional tersebut dapat dilihat dalam *Convention on Physical Protection of Nuclear Material* (CPPNM) 1980 dan *Amendment* 2005, *International Convention on Suppression of Acts of Nuclear Terrorism* (ICSANT) 2005, dan *Comprehensive Safeguards Agreement (*1980*)* dan *Additional Protocol* (29 September 1997*).* Berdasarkan kondisi tersebut di atas maka perlu diatur penyelenggaraan ketenaganukliran yang sesuai dengan kepentingan nasional.

C. Landasan Yuridis

Penyelenggaraaan ketenaganukliran telah diatur dalam UUK yang telah berlaku selama 23 tahun, dalam pelaksanaannya UUK tersebut sudah banyak memberikan manfaat dalam mengarahkan kegiatan penyelenggaraan ketenaganukliran baik dalam memberikan jaminan keselamatan, keamanan bagi pekerja, masyarakat, dan lingkungan hidup. Tetapi masih terdapat beberapa kelemahan yaitu berkaitan dengan keselamatan, keamanan, dan garda-aman baik untuk instalasi nuklir dan bahan nuklir maupun untuk fasilitas radiasi dan zat radioaktif. Isu-isu lain yang perlu mendapatkan perhatian lebih lanjut walaupun sudah tercakup dalam UUK adalah terkait dengan lingkup keselamatan nuklir, keselamatan dan proteksi radiasi, pengangkutan zat radioaktif, kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan nuklir, proteksi fisik, sistem pengendalian dan pengawasan bahan nuklir dan zat radioaktif, bahan dan peralatan terkait nuklir.

Selain itu dalam UUK terdapat kekosongan hukum misalnya terkait dengan pengaturan MIR pada penambangan mineral. Hal ini terkait misalnya dengan kewenangan BAPETEN dalam pengawasan pemanfaatan tenaga nuklir terkait dengan MIR. Dengan belum terakomodasinya beberapa isu dalam UUK, yang mencakup masalah keamanan sumber radioaktif,

keamanan bahan nuklir, keamanan bahan dan peralatan terkait daur bahan bakar nuklir, dan terorisme nuklir yang tidak terkait dengan pemegang izin, maka perlu ada pengaturannya secara komprehensif dalam peraturan perundang-undangan.

Kemudian adanya beberapa istilah yang sudah tidak lagi sejalan dengan penyelenggaraan ketenaganukliran misalnya instalasi nuklir termasuk istilah lain seperti zat radioaktif, dekomisioning, kecelakaan nuklir, kerugian nuklir, dan pengusaha instalasi nuklir. Beberapa istilah memberikan keterbatasan terhadap kegiatan ketenaganukliran di Indonesia.

Terjadi banyak perkembangan di tingkat internasional yang juga memengaruhi struktur industri. Mulai dari kesesuaian peraturan Indonesia dengan konvensi di tingkat global, baik yang menyangkut pertanggungjawaban maupun lingkungan hidup (perubahan iklim), hingga insiden yang memicu perhatian internasional, seperti kecelakaan reaktor PLTN di Fukushima, Jepang, di tahun 2011.

Penyusunan pengaturan penyelenggaraan ketenaganukliran merupakan bagian dari perintah pengaturan Pasal 33 ayat (2) dan (3) UUD NRI Tahun 1945. Pasal 33 ayat (2) mengatur bahwa cabang-cabang produksi yang penting bagi negara dan yang menguasasi hajat hidup orang banyak dikuasai oleh negara. Pasal 33 ayat (3) mengatur bahwa bumi dan air dan kekayaan alam yang terkandung di dalamnya dikuasai oleh Negara dan digunakan untuk sebesar-besar kemakmuran rakyat. Ketenaganukliran adalah salah satu cabang produksi penting yang memiliki kekhususan penanganan sehingga tidak bisa disamakan dengan bidang produksi lainnya. Selain itu sumber daya alam Indonesia mengandung mineral radioaktif yang dapat dimanfaatkan guna keperluan kesejahteraan masyarakat.

Selain menjalankan UUD NRI Tahun 1945, pembentukan pengaturan penyelenggaraan ketenaganukliran juga dilakukan untuk mengakomodir perkembangan praktik penyelenggaraan ketenaganukliran di dunia internasional yang telah diatur dalam berbagai konvensi yang telah diratifikasi antara lain:

1. Undang-Undang Nomor 8 Tahun 1978 tentang Pengesahan Perjanjian Mengenai Pencegahan Penyebaran Senjata Nuklir;
2. Undang-Undang Nomor 9 Tahun 1997 tentang Pengesahan *Treaty on the Southeast Asia Nuclear Weapon Free Zone* (Traktat Kawasan Bebas Senjata Nuklir di Asia Tenggara);
3. Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2012 tentang Pengesahan Traktat Pelarangan Menyeluruh Uji Coba Nuklir (*Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty*); dan
4. Undang-Undang Nomor 10 Tahun 2014 tentang Pengesahan *International Convention for Suppression Acts on Nuclear Terrorism* (Konvensi Internasional Penanggulangan Tindakan Terorisme Nuklir).

BAB V SASARAN, JANGKAUAN, ARAH PENGATURAN, DAN RUANG LINGKUP MATERI MUATAN

A. Sasaran yang Akan Diwujudkan

Sasaran yang ingin diwujudkan yaitu tercapainya peningkatan pembangunan ekonomi nasional melalui pemanfaatan ketenaganukliran dengan tujuan damai, secara mandiri, transparan, berdaya saing, efisien, berwawasan lingkungan hidup, dan berkelanjutan untuk kesejahteraan dan kemakmuran rakyat.

B. Jangkauan dan Arah Pengaturan

a. Arah pengaturan penggantian UUK ini antara lain:

Arah pengaturan Rancangan Undang-Undang tentang Ketenaganukliran adalah untuk memberikan jaminan kepastian hukum khususnya terkait keselamatan, keamanan, dan garda-aman dalam pemanfaatan ketenaganukliran serta mengantisipasi dampak kejahatan terhadap keamanan nuklir.

b. Jangkauan

Subjek yang terkena pengaturan RUUK ini adalah Pemerintah Pusat, Pemerintah Daerah, BAPETEN sebagai badan pengawas, BRIN sebagai badan pelaksana, kementerian/lembaga, pelaku usaha, dan aparat penegak hukum sesuai tugas, fungsi, dan kewenangannya, serta masyarakat.

Objek dalam pengaturan RUUK ini adalah semua kegiatan dan fasilitas yang mengandung, memiliki, dan/atau menggunakan radiasi pengion baik berupa bahan nuklir, zat radioaktif, maupun pembangkit radiasi pengion, termasuk kegiatan dan fasilitas yang terkait dengan daur bahan nuklir. Aspek

ekonomi, keselamatan, keamanan, dan garda-aman menjadi isu utama untuk menjamin perlindungan manusia dan lingkungan hidup.

C. Ruang Lingkup Materi Muatan

Ruang lingkup materi muatan undang-undang ini meliputi:

1. Ketentuan Umum yang berisi batasan pengertian dan definisi, sebagai berikut:
    a. Ketenaganukliran adalah segala sesuatu yang berkaitan dengan kegiatan dan fasilitas tenaga nuklir untuk kesejahteraan masyarakat.
    b. Tenaga Nuklir adalah tenaga yang berasal dari zat radioaktif, bahan nuklir, dan pembangkit radiasi pengion.
    c. Radiasi Pengion adalah gelombang elektromagnetik dan/atau partikel bermuatan yang karena energi yang dimilikinya mampu mengionisasi media yang dilaluinya.
    d. Pembangkit Radiasi Pengion adalah peralatan atau mesin yang menghasilkan berkas radiasi, tanpa menggunakan zat radioaktif atau bahan nuklir.
    e. Zat Radioaktif adalah setiap zat yang mengandung satu atau lebih radionuklida, yang aktivitasnya atau konsentrasi aktivitasnya sama atau melebihi tingkat pengecualian.
    f. Bahan Nuklir adalah bahan yang dapat menghasilkan reaksi fisi atau bahan yang dapat diubah menjadi bahan yang dapat menghasilkan reaksi fisi.
    g. Instalasi Nuklir adalah bangunan dan peralatannya untuk memproduksi, memproses, menggunakan, dan menyimpan bahan nuklir termasuk bahan bakar nuklir bekas.

h. Fasilitas Radiasi adalah bangunan dan peralatannya untuk memproduksi, memproses, menggunakan, menangani, dan menyimpan zat radioaktif atau pembangkit radiasi pengion.

i. Bahan Galian Nuklir adalah mineral radioaktif sebagai bahan dasar untuk pembuatan bahan bakar nuklir, termasuk mineral ikutan radioaktif.

j. Mineral Ikutan Radioaktif adalah mineral ikutan dengan konsentrasi aktivitas paling sedikit 1 Bq/g (satu becquerel per gram) pada salah satu unsur radioaktif anggota deret uranium dan thorium atau 10 Bq/g pada unsur kalium yang dihasilkan dari kegiatan pertambangan mineral dan batubara, pertambangan minyak dan gas bumi, dan industri lainnya.

k. Limbah Radioaktif adalah zat, bahan, komponen dan/atau peralatan yang bersifat radioaktif dan/atau terkontaminasi zat radioaktif dan tidak digunakan lagi.

l. Pengelolaan Limbah Radioaktif adalah pengumpulan, pengelompokan, pengolahan, pengangkutan, dan/atau penyimpanan limbah radioaktif.

m. Bahan Bakar Nuklir Bekas adalah bahan bakar nuklir yang telah teriradiasi di teras reaktor dan dipindahkan secara permanen dari teras reaktor.

n. Keamanan Nuklir adalah kondisi dinamis bangsa dan negara yang aman secara fisik dan mental dari ancaman penyalahgunaan kegiatan dan fasilitas Ketenaganukliran dan/atau bahan dan peralatan di luar kendali pengawasan oleh setiap orang yang dapat mengancam atau membahayakan masyarakat, pemerintah, negara, dan lingkungan hidup.

o. Sabotase Nuklir adalah setiap tindakan melawan hukum yang sengaja dilakukan atau ditujukan terhadap instalasi nuklir, fasilitas radiasi, atau kegiatan pengangkutan zat radioaktif atau bahan nuklir yang dapat mengakibatkan bahaya radiasi terhadap pekerja,

masyarakat dan lingkungan hidup, baik secara langsung maupun tidak langsung.

p. Garda-Aman (*safeguards*) adalah setiap tindakan yang ditujukan untuk memastikan bahwa tujuan pemanfaatan bahan nuklir hanya untuk maksud damai.

q. Senjata Nuklir adalah bahan nuklir beserta peralatan dan perlengkapannya yang secara khusus dirancang untuk menimbulkan bahaya, menyebabkan kematian atau menghasilkan kerusakan melalui reaksi nuklir berantai yang tidak terkendali.

r. Senjata Radiologi adalah zat radioaktif tersendiri atau beserta peralatan dan perlengkapannya dan pembangkit radiasi pengion yang secara khusus dirancang untuk menyebarkan zat radioaktif atau memancarkan radiasi dengan tujuan menimbulkan bahaya terhadap manusia dan lingkungan hidup.

s. Setiap Orang adalah orang perseorangan atau korporasi.

t. Korporasi adalah kumpulan orang dan/atau kekayaan yang terorganisir, baik merupakan badan hukum maupun bukan badan hukum.

u. Otorisasi adalah pemberian kewenangan untuk memulai dan menjalankan kegiatan di bidang ketenaganukliran dari badan pengawas kepada setiap orang.

v. Tapak adalah lokasi yang dipergunakan untuk kegiatan dan fasilitas ketenaganukliran beserta fasilitas pendukungnya.

w. Konstruksi adalah kegiatan fabrikasi dan perakitan komponen atau fasilitas, pembangunan sarana, prasarana dan instalasi, pemasangan komponen dan peralatannya, atau pengujian di tapak atau wilayah tambang yang sudah ditentukan.

x. Komisioning adalah kegiatan pengujian untuk memastikan fasilitas ketenaganukliran memenuhi persyaratan dan kriteria desain, dan siap untuk dioperasikan.

y. Operasi adalah pelaksanaan kegiatan untuk menjalankan fasilitas ketenaganukliran sesuai tujuan dan kondisi yang terdapat dalam otorisasi.

z. Dekomisioning adalah kegiatan untuk menghentikan beroperasinya fasilitas ketenaganukliran sebagian atau seluruhnya secara permanen dan mengembalikan kondisi lingkungan hidup sesuai batasan yang diizinkan dari segi proteksi radiasi.

aa. Pengangkutan adalah pemindahan zat radioaktif atau bahan nuklir dari suatu tempat ke tempat lain melalui jaringan lalu lintas umum, dengan menggunakan sarana angkutan darat, air, atau udara

bb. Pengirim adalah pemegang otorisasi yang melakukan pengiriman zat radioaktif atau bahan nuklir, baik dilakukan sendiri maupun menggunakan pengangkut, yang dinyatakan dalam dokumen pengiriman

cc. Penerima adalah pemegang otorisasi yang menerima zat radioaktif atau bahan nuklir dari pengirim dan dinyatakan dalam dokumen pengiriman.

dd. Kecelakaan adalah setiap kejadian pada kegiatan dan fasilitas ketenaganukliran yang menyebabkan potensi atau terjadinya paparan radiasi atau pelepasan zat radioaktif yang tidak direncanakan, dan/atau yang dihasilkan dari lepasan batas negara yang memberikan dampak keselamatan radiologi yang signifikan pada negara lain.

ee. Kecelakaan Nuklir adalah setiap kecelakaan pada instalasi nuklir atau pengangkutan bahan nuklir yang dihasilkan dari reaksi fisi yang tidak terkendali

ff. Kesiapsiagaan Nuklir dan Radiologi yang selanjutnya disebut kesiapsiagaan nuklir adalah kemampuan siaga untuk melakukan tindakan yang efektif untuk memitigasi konsekuensi kedaruratan terhadap manusia, properti, dan lingkungan hidup.

gg. Kedaruratan Bencana Nuklir adalah situasi atau kecelakaan yang memerlukan tindakan segera, terutama untuk memitigasi bahaya atau konsekuensi yang buruk terhadap terhadap manusia, kesehatan, properti, dan lingkungan hidup

hh. Penanggulangan Kedaruratan Bencana Nuklir adalah tindakan untuk memitigasi konsekuensi kedaruratan bencana nuklir terhadap manusia, kesehatan, properti, dan lingkungan hidup. ii. Kerugian Nuklir adalah setiap kerugian yang dapat berupa kematian, cacat, luka, sakit, kerusakan harta benda, pencemaran dan kerusakan lingkungan hidup yang ditimbulkan oleh radiasi sebagai akibat reaksi fisi yang tidak terkendali dalam instalasi nuklir atau selama pengangkutan bahan nuklir, termasuk untuk melakukan tindakan preventif dan/atau pemulihan lingkungan hidup.

jj. Badan Pengawas adalah lembaga pemerintah nonkementerian yang mempunyai tugas melaksanakan pengawasan terhadap kegiatan dan fasilitas ketenaganukliran.

kk. Badan Pelaksana Ketenaganukliran yang selanjutnya disebut Badan Pelaksana adalah lembaga pemerintah yang menyelenggarakan penelitian, pengembangan, pengkajian, penerapan, pemanfaatan, dan pelayanan di bidang ketenaganukliran.

ll. Pemerintah Pusat adalah Presiden Republik Indonesia yang memegang kekuasaan pemerintahan negara Republik Indonesia yang dibantu oleh Wakil Presiden dan Menteri sebagaimana dimaksud dalam Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945.

mm. Pemerintah Daerah adalah kepala daerah sebagai unsur penyelenggara pemerintahan daerah yang memimpin pelaksanaan urusan pemerintahan yang menjadi kewenangan daerah otonom. nn. Wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia adalah salah satu

unsur negara yang merupakan satu kesatuan wilayah daratan, perairan pedalaman, perairan kepulauan, dan laut teritorial beserta dasar laut dan tanah di bawahnya, serta ruang udara di atasnya, termasuk seluruh sumber kekayaan yang terkandung di dalamnya.
oo. Wilayah Yurisdiksi adalah wilayah di luar wilayah negara kesatuan Indonesia yang terdiri atas zona ekonomi eksklusif, landas kontinen, dan zona tambahan di mana negara memiliki hak-hak berdaulat dan kewenangan tertentu lainnya sebagaimana diatur dalam peraturan perundang-undangan dan hukum internasional.

2. Asas Penyelenggaraan Ketenaganukliran

Penyelenggaraan ketenaganukliran dilaksanakan berdasarkan asas yang akan menjadi dasar dalam pengaturan norma. Adapun asas tersebut adalah:

a. asas partisipatif yaitu asas yang memberikan kesempatan kepada masyarakat untuk terlibat dalam memberikan kontribusi pada suatu kegiatan atau kebijakan. Dalam hal ketenaganukliran maka asas partisipatif dilakukan dengan melibatkan semua pihak berkepentingan, semua potensi nasional, daerah, dan pelaku usaha dalam penyelenggaraan kegiatan dan fasilitas ketenaganukliran. Keterlibatan ini harus proporsional sesuai dengan tugas, fungsi dan kewenangan masing-masing pihak.

b. asas kesejahteraan adalah kondisi terpenuhinya kebutuhan material, spiritual, dan sosial warga negara agar dapat hidup layak dan mampu mengembangkan diri, sehingga dapat melaksanakan fungsi kemasyarakatan. Kegiatan dan fasilitas ketenaganukliran wajib dikembangkan untuk tujuan kesejahteraan. Pemanfaatan ketenaganukliran merupakan salah satu sarana bagi Pemerintah untuk mencapai kesejahteraan tersebut. Karena dengan ketenaganukliran dapat dimanfaatkan untuk penyediaan energi, sarana kesehatan, ketersediaan pangan, dan dukungan pada

industri. Oleh karena itu asas kesejahteraan perlu untuk dimasukkan dalam pengaturan ketenaganukliran yang baru.

c. asas pembangunan berkelanjutan adalah prinsip pemenuhan kebutuhan saat ini tanpa mengorbankan kebutuhan generasi masa depan. Sehingga setiap penyelenggaraan ketenaganukliran harus memperhatikan kepentingan pembangunan nasional saat ini demi kelangsungan generasi masa depan.

d. asas keselamatan merupakan suatu keadaan terbebas dan terhindar dari bahaya, bencana, gangguan, dan kerusakan, yang dapat mengancam keberlangsungan kehidupan maupun harta benda seseorang serta lingkungan.[148] Merujuk pada pengertian dimaksud, dalam kaitannya dengan penyelenggaraan ketenaganukliran, maka keselamatan merupakan suatu kondisi yang harus terjadi atau prasyarat yang harus terpenuhi dalam pelaksanaan kegiatan pemanfaatan ketenaganukliran. Dengan demikian, asas keselamatan dimaknai sebagai upaya melindungi dan menghindarkan pekerja, masyarakat, serta lingkungan dari dampak negatif radiasi pengion.

e. asas keamanan dalam terminologi kamus memiliki kesamaan makna dengan keselamatan yang dapat diartikan sebagai suatu keadaan yang terbebas dari bahaya dan gangguan. Dalam kaitannya dengan penyelenggaraan ketenaganukliran, jika keselamatan berkaitan dengan menghindarkan dari dampak radiasi pengion yang muncul pada saat pemanfaatan maka keamanan lebih erat kaitannya dengan upaya mencegah ancaman hilangnya bahan nuklir atau zat radioaktif dan tindakan sabotase terhadap fasilitas yang dapat berimbas pada pelanggaran keselamatan.

f. asas akuntabilitas adalah kewajiban untuk memberikan pertanggungjawaban atau menjawab dan menerangkan kinerja dan

[148] KBBI daring Kemendikbud, diakses pada tanggal 17 September 2020.

tindakan seseorang, badan hukum, dan pimpinan organisasi pada pihak yang memiliki hak atau wewenang untuk meminta keterangan atau pertanggungjawaban.[170] Akuntabilitas merupakan mekanisme *check and balance* dari setiap kebijakan yang dilaksanakan oleh pemerintah. Prinsip ini merupakan kewajiban yang harus ditunaikan oleh lembaga pemerintah sebagai pertanggungjawaban kepada publik yang menjadi pemangku kepentingan (*stakeholder*).

g. asas independensi pengawasan mengandung dua unsur yakni independensi dan pengawasan. Independensi atau independen memiliki makna yaitu merdeka dan bebas. Kemerdekaan dan kebebasan ini umumnya dikaitkan dengan penyelenggaran organisasi artinya suatu organisasi memiliki kemandirian dan kebebasan dalam menyelenggarakan fungsi, tugas, dan kewenangan serta dalam mengambil keputusan. Adapun pengawasan bermakna penilikan atau penjagaan dalam

[170]

penyelenggaraan kegiatan. Alasan utama untuk independensi dalam pengawasan penyelenggaraan ketenaganukliran adalah untuk memastikan bahwa keputusan pengawasan dapat dibuat dan tindakan penegakan hukum diambil tanpa tekanan dari kepentingan yang mungkin bertentangan dengan upaya mewujudkan keselamatan dan keamanan.

3. Tujuan Pengaturan Ketenaganukliran

Undang-Undang Ketenaganukliran ini disusun dengan tujuan untuk mewujudkan:

a. kemandirian dalam industri dan teknologi ketenaganukliran untuk mendorong pembangunan yang berkelanjutan;

b. kemakmuran dan kesejahteraan masyarakat;

c. keselamatan, keamanan, dan ketenteraman masyarakat dan pekerja, perlindungan terhadap lingkungan hidup, dan perlindungan generasi yang akan datang, dari bahaya radiasi;
d. kepastian hukum dalam kegiatan dan fasilitas Ketenaganukliran; dan
e. budaya keselamatan dan keamanan kegiatan dan fasilitas ketenaganukliran.

4. Rencana Induk Ketenaganukliran

Rencana induk ketenaganukliran merupakan norma baru yang sebelumnya tidak diatur dalam UUK. Norma ini bertujuan untuk mewujudkan tujuan penyelenggaraan ketenaganukliran sehingga dengan adanya perencanaan tersebut dapat memberikan arah, prioritas, dan target yang ingin dicapai. Adanya perencanaan akan mempercepat penyelenggaraan ketenaganukliran yang berjalan secara optimal dan terintegrasi dengan berbagai sektor terkait.

Pemerintah Pusat menyusun rencana induk ketenaganukliran. Rencana induk ketenaganukliran menjadi dasar dalam penyelenggaraan iptek, kegiatan dan fasilitas ketenaganukliran, dan pengawasannya. Dalam penyusunan tersebut Pemerintah Pusat mempertimbangkan masukan dari pemangku kepentingan terkait untuk memaksimalkan materi perencanaan.

Rencana induk ketenaganukliran menjadi dasar dalam penyelenggaraan ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir, kegiatan dan fasilitas ketenaganukliran, dan pengawasan. Rencana induk ketenaganukliran disusun paling sedikit memuat visi dan misi, kebijakan, strategi, prioritas utama, sasaran dan tahapan capaian dan rencana jangka menengah dan panjang.

Adapun lingkup rencana induk ketenaganukliran meliputi:

a. penelitian, pengembangan, pengkajian, penerapan dan penguasaan pengetahuan dan teknologi nuklir;
b. pertambangan bahan galian nuklir;
c. penyediaan listrik dan bahang tenaga nuklir;

d. penyediaan radioisotop dan radiofarmaka;
e. industri, kesehatan, dan pangan yang berbasis teknologi nuklir;
f. pengelolaan limbah radioaktif dan bahan bakar nuklir bekas; dan
g. keselamatan, keamanan, garda-aman, dan lingkungan hidup.

Rencana induk ketenaganukliran disusun dengan berpedoman pada Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional untuk jangka waktu 25 tahun dan dapat ditinjau kembali paling sedikit 1 kali dalam jangka waktu 5 tahun. Untuk memberikan dasar hukum rencana induk ketenaganukliran sehingga dapat dioperasionalkan dengan baik maka diatur rencana induk ketenaganukliran dalam peraturan presiden.

5. Penyelenggaraan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir

Penyelenggaraan iptek nuklir dilakukan melalui penelitian dan pengembangan, pengkajian, penerapan, dan pembinaan ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir. Untuk melaksanakan kegiatan terkait penyelenggaraan iptek nuklir maka diperlukan sumber daya manusia yang kompeten. Sumber daya manusia untuk iptek nuklir meliputi:

a. pranata nuklir;
b. pengawas radiasi;
c. pengembang teknologi nuklir;
d. peneliti;
e. perekayasa;
f. analis pemanfaatan ilmu pengetahuan dan teknologi; dan
g. sumber daya manusia ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir lainnya sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Sumber daya manusia tersebut ditujukan untuk memenuhi kebutuhan nasional dalam rangka penguasaan, daya saing, dan kemandirian iptek nuklir.

a. Penelitian dan Pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir.

Penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir meliputi berbagai bidang sebagai berikut: 1) pertambangan bahan galian nuklir;

2) proses daur bahan nuklir;
3) tapak, desain, konstruksi, komisioning, operasi, dan dekomisioning instalasi nuklir dan fasilitas radiasi;
4) sistem dan komponen instalasi nuklir;
5) pengelolaan limbah radioaktif;
6) produksi radioisotop dan/atau radiofarmaka;
7) penggunaan zat radioaktif dan pembangkit radiasi pengion;
8) teknologi maju;
9) aplikasi isotop dan radiasi;
10) instrumentasi dan peralatan radiasi; dan
11) keselamatan nuklir dan keamanan nuklir.

Penelitian dan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir dilaksanakan untuk mendapatkan solusi atas permasalahan pembangunan yang dihadapi dan/atau untuk memenuhi kebutuhan manusia, serta untuk memperkuat kapasitas dan pengembangan kompetensi sumber daya manusia iptek nuklir, serta menghasilkan produk dan/atau teknologi nuklir. Badan pelaksana bertugas melaksanakan kegiatan penelitian dan pengembangan. Namun demikian, dibuka kesempatan bagi kementerian/lembaga pemerintah nonkementerian, pemerintah daerah, perguruan tinggi, dan setiap orang untuk melakukan penelitian dan pengembangan. kementerian/lembaga pemerintah nonkementerian, pemerintah daerah, perguruan tinggi, dan setiap orang yang melakukan kegiatan penelitian dan pengembangan berupa pertambangan bahan galian nuklir, proses daur bahan nuklir, dan pengelolaan bahan bakar nuklir bekas harus bekerja sama dengan badan pelaksana.

Badan pelaksana, kementerian/lembaga pemerintah nonkementerian, Pemerintah Daerah, perguruan tinggi, dan setiap orang dalam melaksanakan

penelitian dan pengembangan berupa pertambangan bahan galian nuklir, proses daur bahan nuklir, dan tapak, desain, konstruksi, komisioning, operasi, dan dekomisioning instalasi nuklir dan fasilitas radiasi wajib menyampaikan deklarasi protokol tambahan garda-aman kepada badan pengawas. Penelitian dan pengembangan yang menggunakan bahan nuklir, zat radioaktif, dan/atau pembangkit radiasi pengion wajib mendapatkan otorisasi dari badan pengawas.

b. Pengkajian Teknologi Nuklir

Setelah melalui tahap penelitian, maka tahap selanjutnya adalah pengkajian teknologi nuklir. Pengkajian teknologi nuklir dilaksanakan untuk menentukan kelayakan dan kesiapan menentukan kelayakan dan kesiapan, kemanfaatan, dampak dan implikasi teknologi nuklir.

Pengkajian teknologi nuklir dilakukan melalui:

1) perekayasaan teknologi nuklir;
2) kliring teknologi nuklir; dan 3) audit teknologi nuklir.

Perekayasaan teknologi nuklir dilakukan melalui kegiatan:

a) desain;
b) pembuatan purwarupa dan fasilitas percontohan;
c) uji fungsi; dan
d) pengoperasian.

Perekayasaan teknologi nuklir dilakukan utamanya oleh badan pelaksana. Namun demikian juga dibuka kesempatan seluas-luasnya bagi kementerian/lembaga pemerintah nonkementerian, pemerintah daerah, perguruan tinggi dan setiap orang untuk melaksanakan perekayasaan teknologi nuklir. Dalam melaksanakan perekayasaan teknologi nuklir, kementerian/lembaga pemerintah nonkementerian, pemerintah daerah, perguruan tinggi, dan setiap orang dapat bekerja sama dengan badan pelaksana.

Kliring teknologi nuklir dan audit teknologi nuklir dilakukan oleh badan pelaksana terhadap teknologi nuklir yang:

1) bersifat strategis; dan/atau
2) sumber pendanaannya berasal dari Pemerintah Pusat dan/atau Pemerintah Daerah.

Kliring teknologi nuklir dilakukan terhadap teknologi nuklir yang akan diterapkan, sedangkan audit teknologi nuklir dilakukan terhadap teknologi nuklir yang sudah diterapkan. Kliring teknologi nuklir sebagaimana dengan tujuan:

1) penilaian kesesuaian terhadap standar;
2) investigasi potensi bahaya; dan/atau 3) mitigasi risiko.

Sedangkan audit teknologi nuklir dilakukan dengan tujuan untuk perencanaan, penetuan posisi/status teknologi nuklir, mitigasi risiko, penilaian kesesuaian terhadap standar, investigasi potensi bahaya; dan/atau peningkatan kinerja.

c. Penerapan Teknologi Nuklir

Tahap selanjutnya dari penyelenggaraan iptek nuklir adalah adalah penerapan teknologi nuklir yang dilaksanakan melalui:

1) alih teknologi nuklir;
2) intermediasi teknologi nuklir;
3) difusi ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir; dan 4) komersialisasi teknologi nuklir.

Alih teknologi nuklir dilaksanakan dengan ketentuan:

a) penerima alih teknologi nuklir diutamakan badan pemerintah, perguruan tinggi dalam negeri, atau badan usaha yang didirikan berdasarkan hukum Indonesia;
b) penerima alih teknologi nuklir mampu memanfaatkan dan menguasai ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir guna kepentingan masyarakat, bangsa, dan negara;

c) kekayaan intelektual serta hasil kegiatan penelitian dan pengembangan yang dialihteknologikan tidak dinyatakan sebagai hal yang dirahasiakan; dan

d) tidak bertentangan dengan ketertiban umum dan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Alih teknologi nuklir diutamakan untuk teknologi nuklir yang bersifat strategis, mendesak, dan mendukung ketahanan nasional. Dalam pelaksanaan alih teknologi nuklir, Pemerintah Pusat menugaskan badan usaha milik negara. Alih teknologi nuklir tersebut dapat dilakukan dalam pengadaan teknologi nuklir yang pendanaannya bersumber dari anggaran pendapatan dan belanja negara. Pemerintah Daerah dapat menugaskan badan usaha milik daerah dalam hal alih teknologi nuklir. Alih teknologi nuklir tersebut dapat dilakukan dalam pengadaan teknologi nuklir yang pendanaannya bersumber dari anggaran pendapatan dan belanja daerah. Pelaksanaan alih teknologi nuklir tersebut dilaksanakan sesuai dengan peraturan perundang-undangan.

Bentuk penerapan teknologi lainnya adalah intermediasi teknologi nuklir. Intermediasi teknologi nuklir dilaksanakan oleh badan pelaksana untuk mendorong implementasi hasil penelitian, pengembangan, dan pengkajian kepada calon pengguna. Intermediasi teknologi nuklir yang dilaksanakan oleh badan pelaksana dapat berupa:

a) inkubasi teknologi;

b) temu bisnis;

c) kemitraan; dan/atau

d) promosi hasil penelitian.

Selanjutnya sebagai upaya untuk meningkatkan efektivitas adopsi iptek nuklir dilakukan difusi iptek nuklir. Pelaksanaan difusi iptek nuklir dilakukan terhadap calon pengguna iptek nuklir melalui kegiatan:

a. peningkatan kapasitas iptek nuklir;

b. evaluasi kesiapan pengguna teknologi nuklir; dan

c. pembinaan peningkatan kapasitas daya serap pengguna teknologi nuklir.

Difusi iptek nuklir tersebut dilaksanakan oleh badan pelaksana, kementerian/lembaga pemerintah nonkementerian, pemerintah daerah, perguruan tinggi, dan setiap orang.

Bentuk penerapan teknologi nuklir selanjutnya adalah komersialisasi teknologi nuklir yang dapat dilaksanakan melalui:

a. inkubasi teknologi nuklir;
b. kemitraan industri nuklir; dan/atau
c. pengembangan kawasan iptek nuklir.

Pemerintah Pusat dan Pemerintah Daerah bersinergi dalam memfasilitasi pengembangan inkubasi teknologi nuklir, kemitraan industri nuklir dan/atau pengembangan kawasan iptek nuklir sesuai dengan kesiapan dan keunggulan daerah. Komersialisasi teknologi nuklir dilaksanakan oleh badan pelaksana, kementerian/lembaga pemerintah nonkementerian, Pemerintah Daerah, perguruan tinggi, dan setiap orang.

d. Pembinaan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir

Badan pelaksana melaksanakan pembinaan teknis terhadap penyelenggaraan ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir melalui penumbuhkembangan motivasi, pemberian stimulasi, fasilitasi, dan penguatan sumber daya untuk pelaksanaan kegiatan penyelenggaraan iptek nuklir.

Ketentuan lebih lanjut mengenai penyelenggaraan iptek nuklir diatur dalam peraturan pemerintah. Sedangkan ketentuan mengenai tugas, fungsi, dan wewenang badan pelaksana dalam penyelenggaraan iptek nuklir diatur dalam peraturan presiden.

6. Pertambangan Bahan Galian Nuklir

Bahan galian nuklir sebagai sumber daya alam merupakan kekayaan nasional yang dikuasai oleh negara untuk sebesar-besar kesejahteraan rakyat. Penguasaan oleh negara tersebut diselenggarakan oleh pemerintah

pusat sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan. Pemerintah pusat menetapkan wilayah usaha pertambangan bahan galian nuklir sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan berdasarkan usulan badan pelaksana. Dalam proses pengusulan WUP, badan pelaksana berkoordinasi dengan pemerintah daerah.

Bahan galian nuklir meliputi bahan yang mengandung unsur uranium dan/atau thorium. Kegiatan pertambangan bahan galian nuklir meliputi penyelidikan umum, eksplorasi, studi kelayakan, konstruksi, penambangan, pengolahan, penyimpanan, pengalihan, dan/atau dekomisioning. Selanjutnya, kegiatan pertambangan yang menghasilkan MIR meliputi konstruksi, pengolahan, penyimpanan, pengalihan, dan/atau dekomisioning.

Penyelidikan umum, eksplorasi, dan studi kelayakan dilakukan oleh badan pelaksana dengan memberitahukan kepada badan pengawas. Dalam melaksanakan eksplorasi dan studi kelayakan, Badan pelaksana dapat menugaskan BUMN. Luas wilayah penugasan pada kegiatan eksplorasi dan studi kelayakan paling sedikit 5.000 hektare dan paling banyak 100.000 hektare.

Pemerintah pusat menugaskan BUMN untuk melaksanakan kegiatan konstruksi, penambangan, pengolahan, pengalihan, dan/atau dekomisioning. Dalam hal ini, BUMN mendapat prioritas untuk melaksanakan kegiatan konstruksi, penambangan, pengolahan, pengalihan, dan/atau dekomisioning. Dalam melaksanakan penugasan tersebut, BUMN dapat bekerja sama dengan badan usaha yang berbadan hukum. Ketentuan mengenai kerja sama BUMN dengan badan usaha yang berbadan hukum diatur dengan peraturan pemerintah.

Pertambangan bahan galian nuklir dikelompokkan dalam kegiatan pertambangan mineral radioaktif dan pertambangan MIR. Kegiatan pertambangan mineral radioaktif yang dilaksanakan oleh BUMN dengan penugasan dilaksanakan dalam wilayah penugasan penambangan mineral radioaktif. Luas wilayah penugasan penambangan mineral radioaktif pada kegiatan penambangan paling banyak 25.000 hektare.

Badan usaha milik negara dan badan usaha berbadan hukum yang melakukan kegiatan pertambangan bahan galian nuklir wajib memiliki otorisasi pertambangan bahan galian nuklir dan menerapkan persyaratan keselamatan, keamanan, dan garda-aman pertambangan bahan galian nuklir sesuai dengan tahapan kegiatan.

Pemegang perizinan berusaha pertambangan yang menghasilkan MIR wajib melakukan penyimpanan. Pemerintah pusat dapat menetapkan BUMN untuk mengolah MIR yang dihasilkan sendiri atau yang dihasilkan oleh pemegang perizinan berusaha pertambangan yang menghasilkan MIR. Badan usaha milik negara yang melakukan pengolahan dapat bekerja sama dengan badan usaha berbadan hukum. Badan usaha milik negara dan badan usaha berbadan hukum tersebut wajib memiliki otorisasi pengolahan MIR.

Pemegang otorisasi pertambangan bahan galian nuklir bertanggung jawab terhadap keselamatan, keamanan, dan garda-aman. Untuk menjamin terpenuhinya persyaratan keselamatan dan keamanan tersebut, maka personel tertentu yang bekerja pada pertambangan bahan galian nuklir wajib memiliki izin bekerja.

Persyaratan keselamatan yang harus dipenuhi oleh pemegang otorisasi meliputi:

a. keselamatan pertambangan;
b. proteksi radiasi;
c. kesiapsiagaan dan penganggulangan kecelakaan; dan
d. perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup.

Sedangkan persyaratan keamanan dan garda-aman yang harus dipenuhi meliputi:

a. pencegahan, deteksi, dan respon terhadap ancaman keamanan bahan galian nuklir; dan
b. pemberitahuan protokol tambahan.

Mengingat pertambangan bahan galian nuklir merupakan salah satu bentuk pemanfaatan sumber daya alam, maka pemegang perizinan berusaha pertambangan bahan galian nuklir wajib membayar pendapatan negara yang

terdiri atas penerimaan pajak dan penerimaan negara bukan pajak, dan pendapatan daerah, sebagai berikut:

1. penerimaan pajak, terdiri atas:
   a. pajak yang menjadi kewenangan Pemerintah sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan di bidang perpajakan; dan
   b. bea masuk dan cukai.
2. penerimaan negara bukan pajak terdiri atas:
   a. iuran tetap;
   b. iuran produksi; dan
   c. kompensasi data informasi.
3. pendapatan daerah terdiri atas:
   a. pajak daerah;
   b. retribusi daerah; dan
   c. pendapatan lain yang sah berdasarkan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Besarnya pajak dan penerimaan negara bukan pajak yang dipungut dari pemegang perizinan usaha pertambangan mineral radioaktif ditetapkan berdasarkan ketentuan peraturan perundang-undangan. Besaran tarif iuran produksi ditetapkan berdasarkan tingkat pengusahaan, produksi, dan harga komoditas tambang. Besaran tarif iuran produksi ditetapkan berdasarkan ketentuan peraturan perundang-undangan. Badan usaha milik negara dan badan usaha berbadan hukum berhak memiliki mineral, termasuk mineral ikutannya yang telah diproduksi apabila telah memenuhi iuran produksi.

7. Sanksi Administratif

Sanksi administratif akan dikenakan kepada para pemegang otorisasi yang melanggar persyaratan keamanan, persyaratan garda aman, dan pemegang perizinan berusaha tidak memenuhi kewajiban membayar pendapatan negara dan pendapatan daerah. Sanksi administratif tersebut terdiri dari peringatan tertulis, paksaan pemerintah, denda administratif,

pembekuan izin atau pencabutan izin. Ketentuan mengenai keselamatan, keamanan, dan tata cara dan pemberlakuan sanksi administratif pada pertambangan bahan galian nuklir akan diatur dengan peraturan pemerintah.

8. Instalasi Nuklir

Instalasi nuklir berdasar fungsinya terdiri dari instalasi pemurnian, instalasi pengkonversi bahan nuklir; instalasi pengayaan bahan nuklir; instalasi fabrikasi bahan bakar nuklir; instalasi penggunaan bahan nuklir; instalasi pengolahan ulang; dan instalasi penyimpanan bahan bakar nuklir.

Instalasi penggunaan ditujukan untuk:

a. memanfaatkan bahang;
b. memanfaatkan radiasi; atau
c. melakukan pengujian bahan bakar nuklir.

Sesuai dengan perkembangan teknologi dan kebutuhan saat ini maka reaktor tidak hanya dibangun di daratan (*land-based*) namun juga dapat dibangun di atas permukaan air (*floating*) maupun di bawa permukaan air (*sub-marine*).

Setiap instalasi nuklir harus mengikuti tahapan kegiatan yang meliputi tapak, desain, konstruksi, komisioning, operasi, dan dekomisioning. Badan pelaksana, perguruan tinggi, dan badan usaha berbadan hukum yang melakukan setiap kegiatan wajib mendapat otorisasi dan memenuhi persyaratan: keselamatan nuklir, proteksi radiasi, keamanan instalasi nuklir dan bahan nuklir, dan garda-aman. Untuk memastikan keselamatan tersebut, maka personel tertentu yang bekerja pada instalasi nuklir wajib memiliki izin bekerja. Pemegang otorisasi instalasi nuklir bertanggung jawab terhadap keselamatan, keamanan, dan garda-aman di instalasinya.

a. Persyaratan keselamatan nuklir

Dalam pelaksanaan tahapan kegiatan instalasi nuklir mulai dari tapak hingga dekomisioning, pemegang otorisasi harus memenuhi persyaratan keselamatan nuklir, sebagaimana diuraikan berikut ini.

1) tapak yang akan digunakan untuk membangun instalasi nuklir wajib memenuhi persyaratan keselamatan untuk:
   a. kejadian eksternal yang memengaruhi instalasi nuklir;
   b. perkiraan dampak lepasan radioaktif ke lingkungan hidup; dan
   c. antisipasi kedaruratan nuklir.

   Pemerintah pusat dapat memfasilitasi penyediaan tapak untuk PLTN. Penyediaan tapak PLTN wajib memperhatikan kesesuaian pemanfaatan ruang dalam rencana tata ruang wilayah beserta rencana rincinya sesuai dengan peraturan perundang-undangan.
2) desain instalasi nuklir yang akan dibangun harus memenuhi persyaratan dan tujuan keselamatan. Persyaratan keselamatan desain meliputi persyaratan pertahanan berlapis dan fungsi keselamatan. Persyaratan pertahanan berlapis ditujukan untuk:
   a. pencegahan kecelakaan;
   b. pengendalian lepasan zat radioaktif ke lingkungan; dan
   c. mitigasi konsekuensi radiologi apabila terjadi lepasan zat radioaktif.

   Fungsi keselamatan yang harus dipenuhi oleh instalasi nuklir meliputi:
   a. pengendalian reaktivitas;
   b. pengendalian pemindahan panas; dan
   c. pengungkungan radioaktif.

   Sedangkan tujuan keselamatan meliputi upaya untuk untuk melindungi pekerja, masyarakat, dan lingkungan hidup yang dilakukan melalui upaya pertahanan yang efektif terhadap timbulnya bahaya radiasi di instalasi nuklir.
3) konstruksi harus dilaksanakan sesuai dengan desain yang telah memenuhi persyaratan keselamatan dan dengan memastikan bahwa:
   a. struktur, sistem, dan komponen yang terpasang dalam instalasi nuklir sesuai dengan desain;

b. sistem dan komponen yang dipasok untuk instalasi nuklir memiliki mutu yang sesuai dan ketertelusuran; dan

c. kegiatan konstruksi memenuhi persyaratan keselamatan.

Selain itu pemegang otorisasi konstruksi juga harus memastikan bahwa pemasok sistem dan komponen untuk instalasi nuklir menerapkan sistem manajemen untuk mutu dan keselamatan, dan harus mengutamakan produk dalam negeri.

4) komisioning juga harus dilakukan dengan memenuhi persyaratan keselamatan, untuk memastikan:

a. keselamatan operasi;

b. kegiatan sesuai dengan tujuan desain; dan

c. uji secara menyeluruh dilakukan untuk memenuhi persyaratan keselamatan desain.

Kegiatan komisioning mencakup kegiatan pengujian instalasi tanpa bahan nuklir dan dengan bahan nuklir, yang meliputi pengujian:

a. setiap bagian struktur, sistem, dan komponen; dan

b. terintegrasi struktur, sistem, dan komponen.

5) kegiatan operasi dilaksanakan setelah komisioning selesai. Sama dengan tahap sebelumnya, kegiatan operasi juga harus memenuhi persyaratan keselamatan dan harus sesuai dengan hasil pelaksanaan kegiatan komisioning. Operasi dilaksanakan untuk memastikan persyaratan dan tujuan keselamatan terpenuhi. Oleh karena itu, selama masa operasi pemegang otorisasi wajib melaksanakan penilaian keselamatan secara berkala untuk memastikan persyaratan keselamatan tetap terpenuhi.

6) Tahap akhir dari pembangunan dan pengoperasian instalasi nuklir adalah dekomisioning. Dekomisioning dilaksanakan berdasarkan hasil analisis keselamatan dengan memenuhi persyaratan keselamatan untuk:

a. pengelolaan bahan nuklir;

b. pembongkaran struktur, sistem, dan komponen;

c. karakterisasi sumber radiasi;

d. pelaksanaan survei radiasi; dan/atau

e. pengelolaan limbah radioaktif.

Dalam pelaksanaan dekomisioning, tapak instalasi nuklir wajib dipulihkan hingga paparan radiasi mencapai nilai di bawah batasan yang ditetapkan. Dalam pelaksanaan dekomisioning, selain memenuhi ketentuan dalam UUK, pemegang otorisasi juga wajib memenuhi ketentuan peraturan perundang-undangan mengenai lingkungan hidup.

b. Proteksi radiasi pada instalasi nuklir

Persyaratan proteksi dan keselamatan radiasi harus dipenuhi pada instalasi nuklir yang meliputi justifikasi, optimisasi, dan limitasi dosis. Persyaratan justifikasi, optimisasi, dan limitasi dosis berlaku untuk pekerja dan masyarakat. Dalam penerapan justifikasi, pemegang otorisasi instalasi nuklir wajib memastikan manfaat lebih besar dibandingkan dengan bahaya radiasi yang ditimbulkan, dengan mempertimbangkan faktor teknologi, sosial, ekonomi, lingkungan hidup, dan budaya.

Selanjutnya, dalam penerapan optimisasi, setiap pemegang otorisasi instalasi nuklir wajib mengupayakan agar dosis yang diterima pekerja dan masyarakat dalam kondisi paparan kerja dan paparan darurat serendah mungkin yang dapat dicapai. Penerimaan paparan radiasi serendah mungkin yang dapat dicapai diupayakan dengan memperhitungkan faktor ekonomi, sosial, dan lingkungan hidup. Optimisasi proteksi radiasi bagi pekerja dan masyarakat diterapkan dalam bentuk pembatas dosis.

Selanjutnya dalam penerapan limitasi dosis, pemegang otorisasi instalasi nuklir wajib memastikan dosis yang diterima oleh pekerja dan masyarakat tidak melebihi batasan yang ditetapkan. Limitasi dosis diberlakukan dalam paparan terencana untuk pekerja dan masyarakat. Dalam hal paparan darurat, dosis yang diterima pekerja kedaruratan ditetapkan badan pengawas.

Dalam melaksanakan persyaratan proteksi dan keselamatan radiasi pemegang otorisasi instalasi nuklir wajib melakukan:

1) pembagian daerah kerja;

2) pemantauan paparan radiasi dan/atau kontaminasi radioaktif di daerah kerja;

3) pemantauan radioaktivitas lingkungan di luar instalasi; dan 4) pemantauan dosis yang diterima pekerja.

Ketentuan mengenai proteksi dan keselamatan radiasi pada instalasi nuklir diatur lebih lanjut dalam peraturan pemerintah.

c. Keamanan instalasi dan bahan nuklir

Pemegang otorisasi instalasi nuklir dan bahan nuklir wajib menerapkan sistem keamanan instalasi nuklir dan bahan nuklir berdasarkan penggolongan bahan nuklir untuk:

1) mencegah terjadinya pencurian atau pemindahan yang tidak sah, atau sabotase;

2) menemukan dan mengembalikan bahan nuklir yang hilang; dan 3) memitigasi dampak dari sabotase.

Dalam hal terjadi pencurian ancaman atau kehilangan bahan nuklir, pemegang otorisasi instalasi nuklir wajib segera melaporkan kepada badan pengawas dan POLRI.

d. Garda-Aman

Pemegang otorisasi wajib melaksanakan pertanggungjawaban dan pelaporan bahan nuklir, kegiatan, fasilitas, peralatan, dan bahan terkait nuklir. Kegiatan, fasilitas, peralatan, dan bahan terkait nuklir meliputi kegiatan, fasilitas, peralatan, dan bahan yang mengikuti ketentuan protokol tambahan.

Pertanggungjawaban dan pelaporan bahan nuklir, kegiatan, fasilitas, peralatan, dan bahan terkait nuklir dilaksanakan pada setiap tahapan kegiatan instalasi nuklir. Pada tahap tapak dan konstruksi pertanggungjawaban dan pelaporan bahan nuklir disampaikan dalam bentuk daftar informasi desain. Pertanggungjawaban dan pelaporan kegiatan, fasilitas, peralatan, dan bahan terkait nuklir disampaikan kepada badan pengawas dalam bentuk deklarasi protokol tambahan.

Pemegang otorisasi instalasi nuklir yang melanggar ketentuan sebagaimana diuraikan di atas dikenai sanksi administratif. Sanksi administratif terdiri atas:

a. peringatan tertulis;
b. paksaan pemerintah;
c. denda administratif;
d. pembekuan izin; atau
e. pencabutan izin.

Ketentuan mengenai keselamatan, keamanan instalasi dan bahan nuklir, garda-aman, dan tata cara dan pemberlakuan sanksi administratif diatur lebih lanjut dengan peraturan pemerintah.

9. Fasilitas Radiasi

Fasilitas radiasi secara implisit telah diatur dalam UUK dengan menggunakan istilah instalasi yang memanfaatkan sumber radiasi pengion. Kebutuhan saat ini adalah perlu pengaturan yang lebih detail terkait dengan fasilitas radiasi. Fasilitas Radiasi berdasarkan fungsinya meliputi:

a. fasilitas untuk memproduksi, memproses, menggunakan, menangani, dan menyimpan zat radioaktif; dan
b. fasilitas untuk memproduksi dan menggunakan pembangkit radiasi pengion.

Pemerintah Pusat dan Pemerintah Daerah dapat menyediakan fasilitas radiasi melalui penyediaan sumber daya. Pemerintah Pusat dan Pemerintah Daerah mengutamakan penggunaan produk dalam negeri dalam penyediaan Fasilitas Radiasi. Tingkat komponen dalam negeri (TKDN) menjadi kriteria dalam penggunaan produk dalam negeri.

Badan pelaksana, kementerian/lembaga pemerintah nonkementerian, Pemerintah Daerah, instansi pemerintah lainnya, perguruan tinggi dan setiap orang yang melaksanakan kegiatan pada fasilitas radiasi wajib mendapat otorisasi dan memenuhi semua persyaratan terkait proteksi dan keselamatan

radiasi dan/atau keamanan zat radioaktif. Pemegang otorisasi fasilitas radiasi bertanggung jawab terhadap keselamatan dan keamanan.

Otorisasi fasilitas radiasi tertentu mencakup tahapan konstruksi, komisioning, operasi dan/atau dekomisioning. Untuk memastikan fasilitas radiasi dioperasikan dengan selamat, pemegang otorisasi wajib menyediakan personel yang terlatih, terkualifikasi, dan kompeten, serta memiliki izin bekerja.

a. Proteksi dan keselamatan radiasi pada fasilitas radiasi

Persyaratan proteksi dan keselamatan radiasi pada fasilitas radiasi meliputi justifikasi, optimisasi, dan limitasi dosis. Persyaratan justifikasi, optimisasi, dan limitasi dosis tersebut berlaku untuk pasien, pekerja, dan/atau masyarakat. Dalam penerapan justifikasi, setiap fasilitas radiasi wajib memiliki manfaat lebih besar dibandingkan dengan potensi bahaya radiasi yang ditimbulkan. Penerapan justifikasi dilakukan dengan mempertimbangkan faktor teknologi, sosial, ekonomi, lingkungan hidup, dan faktor budaya.

Dalam penerapan optimisasi, pemegang otorisasi fasilitas radiasi wajib memastikan agar dosis radiasi yang diterima pasien, pekerja, dan masyarakat serendah mungkin yang dapat dicapai. Upaya agar dosis radiasi yang diterima pasien, pekerja, dan masyarakat serendah mungkin yang dapat dicapai harus memperhitungkan faktor ekonomi, sosial, dan lingkungan hidup. Optimisasi ditujukan untuk pekerja dan masyarakat dalam bentuk pembatas dosis dan untuk pasien dalam bentuk tingkat panduan atau penerapan jaminan mutu.

Dalam penerapan limitasi dosis, pemegang otorisasi fasilitas radiasi wajib memastikan paparan radiasi yang diterima oleh pekerja dan masyarakat tidak melebihi batasan yang ditetapkan. Untuk memastikan limitasi dosis tidak terlampaui, pemegang otorisasi wajib melakukan:

1) pembagian daerah kerja;
2) pemantauan paparan radiasi dan/atau kontaminasi radioaktif di daerah kerja;

3) pemantauan radioaktivitas lingkungan di luar instalasi; dan 4) pemantauan dosis yang diterima pekerja.

Limitasi diberlakukan dalam paparan terencana untuk pekerja dan masyarakat. Dalam hal paparan medik, batas dosis yang diterima pasien ditetapkan oleh dokter yang memiliki kewenangan dalam bidang radiologi. Dalam hal paparan darurat, batas dosis yang diterima pekerja kedaruratan ditetapkan badan pengawas.

b. Keamanan Zat Radioaktif

Pemegang otorisasi fasilitas radiasi wajib memenuhi persyaratan keamanan zat radioaktif berdasarkan kategorisasi zat radioaktif. Tujuan dari keamanan zat radioaktif yaitu untuk mencegah pencurian atau pemindahan tidak sah zat radioaktif di fasilitas radiasi, mencegah sabotase zat radioaktif dan sarananya, menemukan dan mengembalikan zat radioaktif yang hilang atau dicuri; dan memitigasi dampak dari sabotase. Dalam hal terjadi pencurian zat radioaktif, pemindahan zat radioaktif secara tidak sah, sabotase, atau ancaman kekerasan untuk menguasai atau melakukan sabotase terhadap zat radioaktif, pemegang otorisasi fasilitas radiasi wajib segera melaporkan kepada badan pengawas dan POLRI.

Pemegang otorisasi fasilitas radiasi yang melanggar ketentuan sebagaimana diuraikan di atas dikenai sanksi administratif. Sanksi administratif terdiri atas:

a. peringatan tertulis;
b. paksaan pemerintah;
c. denda administratif;
d. pembekuan izin; atau
e. pencabutan izin.

Ketentuan mengenai proteksi dan keselamatan radiasi, dan keamanan zat radioaktif, dan tata cara dan pemberlakuan sanksi administratif pada fasilitas radiasi diatur lebih lanjut dalam peraturan pemerintah.

10. Ekspor dan Impor

Ekspor dan impor terkait ketenaganukliran dapat dilakukan terhadap bahan nuklir, zat radioaktif, pembangkit radiasi pengion, dan bahan nonnuklir dan peralatan terkait nuklir.

Ekspor barang dapat dilakukan oleh badan pelaksana dan setiap orang jika telah terdaftar dan ditetapkan sebagai eksportir oleh Menteri yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang perdagangan. Badan pelaksana dan setiap orang yang akan melakukan ekspor harus mendapatkan otorisasi dari badan pengawas. Selanjutnya, harus dipastikan bahwa importir di negara tujuan telah mendapat otorisasi dari badan pengawas negara tujuan. Badan pelaksana dan setiap orang yang akan melakukan ekspor juga harus memperoleh keterangan dari pengguna akhir yang memuat pernyataan sebagai pengguna akhir. Persyaratan tersebut juga berlaku untuk barang dwiguna (*dual used*). Selain itu, setiap orang yang akan melakukan ekspor barang dwiguna juga wajib memperoleh pernyataan untuk tujuan damai dari pengguna akhir. Pemerintah Pusat menetapkan daftar barang yang termasuk kategori dwiguna.

Dalam hal eksportir melakukan ekspor bahan nuklir dalam bentuk bahan bakar nuklir baru maupun bahan bakar nuklir bekas, eksportir wajib memastikan negara penerima menerapkan garda-aman.

Impor dapat dilakukan oleh badan pelaksana, kementerian/lembaga pemerintah nonkementerian, instansi pemerintah lainnya, perguruan tinggi dan setiap orang apabila memiliki pengenal importir dari Menteri yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang perdagangan, mendapatkan otorisasi dari badan pengawas, telah memastikan eksportir telah mendapatkan otorisasi dari badan pengawas negara asal, dan memperoleh keterangan dari pengguna akhir yang memuat pernyataan sebagai pengguna akhir. Dalam hal impor dilakukan terhadap bahan nuklir, bahan nonnuklir, dan peralatan terkait nuklir (*dual used*), selain memenuhi kewajiban di atas, badan pelaksana, kementerian/lembaga pemerintah nonkementerian, instansi pemerintah lainnya, perguruan tinggi, dan setiap

orang yang akan melakukan impor wajib memperoleh pernyataan dari pengguna akhir bahwa barang tersebut untuk tujuan damai.

Limbah radioaktif yang berasal dari zat radioaktif yang diimpor wajib dikembalikan ke negara eksportir. Importir dan/atau pemegang otorisasi yang menggunakan zat radioaktif bertanggung jawab melakukan pengiriman kembali. Dalam kondisi tertentu, limbah radioaktif harus dikirim ke badan pelaksana atau pengelola limbah radioaktif. Kondisi tertentu ini terjadi dalam hal pihak pabrikan di negara asal telah bubar, pihak importir telah bubar, atau kondisi zat radioaktif tidak layak dilakukan pengiriman.

Badan pelaksana, kementerian/lembaga pemerintah nonkementerian, Pemerintah Daerah, instansi pemerintah lainnya, perguruan tinggi, dan
Setiap orang dilarang mengimpor limbah radioaktif ke dalam Negara Kesatuan Republik Indonesia kecuali limbah radioaktif yang berasal dari zat radioaktif yang diproduksi di Indonesia.

Badan pelaksana, kementerian/lembaga pemerintah nonkementerian, instansi pemerintah lainnya, perguruan tinggi, dan setiap orang yang melakukan impor dapat melakukan pengalihan barang impor ke pihak lain setelah mendapatkan otorisasi dari badan pengawas. Pengalihan dapat dilakukan terhadap bahan nuklir, zat radioaktif, dan pembangkit radiasi pengion.

Pemegang otorisasi ekspor atau impor bertanggung jawab terhadap keselamatan, keamanan, dan garda-aman. Ketentuan mengenai persyaratan tata laksana otorisasi, dan daftar barang dwiguna terkait ketenaganukliran diatur dalam peraturan pemerintah. Ketentuan mengenai ekspor dan impor terkait ketenaganukliran mengikuti ketentuan peraturan perundangundangan di bidang kepabeanan dan perdagangan.

Pemegang otorisasi fasilitas radiasi yang melanggar ketentuan sebagaimana diuraikan di atas dikenai sanksi administratif. Sanksi administratif terdiri atas:

a. peringatan tertulis;
b. paksaan pemerintah;

c. denda administratif;
d. pembekuan izin; atau
e. pencabutan izin.

11. Pengangkutan

Pengangkutan zat radioaktif dan bahan nuklir dalam Wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia wajib memenuhi persyaratan keselamatan dan persyaratan keamanan. Persyaratan keselamatan dalam kegiatan pengangkutan meliputi klasifikasi zat radioaktif dalam pengangkutan, pengaturan bungkusan, program proteksi dan keselamatan radiasi, dan penempatan bungkusan zat radioaktif selama pengangkutan dan penyimpanan selama transit. Sedangkan persyaratan keamanan meliputi kategorisasi zat radioaktif atau bahan nuklir, klasifikasi tingkat keamanan, dan rencana keamanan selama pengangkutan.

Pengirim wajib memiliki otorisasi untuk melaksanakan pengangkutan dari badan pengawas. Pengirim bertanggung jawab terhadap keselamatan dan keamanan pengangkutan. Tanggung jawab tersebut dapat dialihkan ke pihak penerima atau pihak pengangkut melalui perjanjian oleh kedua pihak tersebut. Pengangkut wajib memiliki izin pengangkutan zat radioaktif atau bahan nuklir dari Menteri yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang perhubungan.

Dalam hal terdapat pengiriman zat radioaktif melalui Negara Kesatuan Republik Indonesia untuk tujuan transit melalui dan/atau singgah di daerah pabean Negara Kesatuan Republik Indonesia, dengan atau tanpa mengganti sarana pengangkutan, pengirim wajib menyampaikan notifikasi pelaksanaan pengangkutan kepada Menteri yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang perhubungan dan badan pengawas sebelum masuk ke Negara Kesatuan Republik Indonesia. Jika zat radioaktif atau bahan nuklir yang diangkut, baik yang akan memasuki maupun keluar dari Negara Kesatuan Republik Indonesia tidak dilengkapi dengan dokumen yang sah, Pemerintah

Republik Indonesia berhak untuk menolak akses zat radioaktif tersebut memasuki maupun keluar dari Negara Kesatuan Republik Indonesia.

Pemegang otorisasi fasilitas radiasi yang melanggar ketentuan sebagaimana diuraikan di atas dikenai sanksi administratif. Sanksi administratif terdiri atas:

a. peringatan tertulis;
b. paksaan pemerintah;
c. denda administratif;
d. pembekuan izin; atau
e. pencabutan izin.

Ketentuan mengenai keselamatan, keamanan, dan tata cara dan pemberlakuan sanksi administratif pada pengangkutan zat radioaktif atau bahan nuklir diatur lebih lanjut dengan dalam peraturan pemerintah.

12. Pengelolaan Bahan Bakar Nuklir Bekas

Bahan bakar nuklir bekas dihasilkan pada reaktor nuklir. Badan pelaksana, perguruan tinggi dan setiap orang yang menghasilkan bahan bakar nuklir bekas wajib melaksanakan pengelolaan bahan bakar nuklir bekas untuk mencegah timbulnya bahaya radiasi terhadap pekerja, masyarakat, dan lingkungan hidup. Pengelolaan bahan bakar nuklir bekas dilakukan melalui penyimpanan, pengolahan ulang, dan pengembalian ke pabrikan. Penyimpanan meliputi penyimpanan sementara dan penyimpanan lestari. Penyimpanan sementara dapat dilakukan di dalam tapak instalasi penggunaan dan di luar tapak instalasi penggunaan. Penyimpanan sementara di dalam tapak instalasi penggunaan dilakukan dalam waktu paling singkat selama masa berlaku otorisasi operasi instalasi penggunaan. Penyimpanan sementara menjadi tanggung jawab Pemegang Otorisasi instalasi penggunaan.

Dalam hal kapasitas penyimpanan sementara di dalam tapak instalasi penggunaaan tidak dapat menampung bahan bakar nuklir bekas, pemegang otorisasi instalasi penggunaaan dapat memindahkan bahan bakar nuklir

bekas ke penyimpanan di luar tapak. Badan pelaksana atau badan usaha berbadan hukum dapat melakukan kegiatan usaha penyimpanan sementara di luar tapak bahan bakar nuklir bekas yang disimpan di luar tapak menjadi tanggung jawab pemegang otorisasi instalasi penggunaaan, kecuali telah dilakukan pengalihan tanggung jawab kepada pemegang otorisasi penyimpanan sementara di luar tapak.

Penyimpanan lestari menjadi tanggung jawab badan pelaksana. Pemegang otorisasi instalasi penggunaan atau pemegang otorisasi penyimpanan sementara wajib mengalihkan bahan bakar nuklir bekas ke Badan pelaksana untuk dilakukan pengolahan ulang dan/atau penyimpanan lestari. Bahan bakar nuklir bekas yang diserahkan ke badan pelaksana dapat dilakukan pengolahan ulang untuk memperoleh kembali bahan nuklir. Pengolahan ulang tersebut hanya dilakukan oleh badan pelaksana, dan limbah radioaktif dari pengolahan ulang dikelola oleh badan pelaksana. Penentuan lokasi penyimpanan lestari bahan bakar nuklir bekas ditetapkan oleh Pemerintah Pusat setelah mendapat persetujuan dari Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia.

Dalam hal dikarenakan penjanjian harus dikembalikan ke pabrikan bahan bakar nuklir, pabrikan bahan bakar nuklir dan pemegang otorisasi instalasi penggunaan bertanggung jawab melakukan pengembalian bahan bakar nuklir bekas tersebut.

13. Pengelolaan Limbah Radioaktif

Badan pelaksana, kementerian/lembaga pemerintah nonkementerian, Pemerintah Daerah, instansi pemerintah lainnya, perguruan tinggi, dan setiap orang yang menghasilkan limbah radioaktif wajib melaksanakan pengelolaan limbah radioaktif untuk mencegah timbulnya bahaya radiasi terhadap pekerja, masyarakat, dan lingkungan hidup. Pemegang otorisasi pengelolaan limbah radioaktif bertanggung jawab terhadap keselamatan, keamanan, dan garda-aman.

a. Klasifikasi limbah radioaktif

Pengelolaan limbah radioaktif dilakukan berdasarkan klasifikasi limbah radioaktif dengan memenuhi persyaratan keselamatan dan keamanan. Klasifikasi limbah radioaktif meliputi limbah radioaktif tingkat rendah, sedang, dan tinggi. Pengelolaan limbah radioaktif merupakan kegiatan yang mencakup prapenyimpanan, penyimpanan akhir, dan penyimpanan lestari.

b. Prapenyimpanan

Kegiatan prapenyimpanan terdiri dari beberapa kegiatan yaitu prapengolahan, pengolahan, dan penyimpanan sementara. Pemegang otorisasi pertambangan bahan galian nuklir, pemegang otorisasi instalasi nuklir, dan pemegang otorisasi fasilitas radiasi wajib melakukan prapengolahan.

Pemegang otorisasi pertambangan bahan galian nuklir, pemegang otorisasi instalasi nuklir, dan pemegang otorisasi fasilitas radiasi wajib menyerahkan limbah radioaktif tingkat rendah dan sedang kepada pengelola limbah radioaktif untuk dilakukan pengolahan dan penyimpanan sementara. Limbah radioaktif tingkat tinggi diserahkan kepada badan pelaksana untuk dilakukan pengolahan dan penyimpanan sementara. Penyerahan limbah radioaktif kepada pengelola dan badan pelaksana dapat dilakukan setelah mendapatkan persetujuan dari badan pengawas.

Pengelola limbah radioaktif terdiri atas badan pelaksana dan setiap orang. Pengelola limbah radioaktif wajib memiliki otorisasi dari badan pengawas dan memenuhi persyaratan keselamatan, keamanan, dan gardaaman. Personel tertentu yang bekerja pada instalasi pengelolaan limbah radioaktif wajib memiliki izin bekerja. Ketentuan mengenai keselamatan nuklir, proteksi dan keselamatan radiasi, keamanan instalasi nuklir dan bahan nuklir, dan garda-aman berlaku mutatis mutandis terhadap pemenuhan persyaratan keselamatan dan keamanan pengolahan dan penyimpanan sementara limbah radioaktif tingkat tinggi.

Limbah radioaktif tingkat rendah setelah mencapai tingkat tertentu (tingkat klierens) dapat dilakukan pelepasan ke lingkungan. pemegang otorisasi pertambangan bahan galian nuklir, pemegang otorisasi instalasi nuklir, dan

pemegang otorisasi fasilitas radiasi dan pengelola limbah radioaktif wajib memperoleh persetujuan klierens dari badan pengawas untuk pelepasan ke lingkungan hidup.

c. Penyimpanan Akhir

Kegiatan penyimpanan akhir limbah radioaktif ditujukan untuk limbah radioaktif tingkat rendah dan sedang. Kegiatan ini dilakukan oleh pengelola limbah radioaktif. Kegiatan penyimpanan akhir limbah radioaktif wajib memiliki otorisasi dari badan pengawas dan memenuhi persyaratan keselamatan dan keamanan. Ketentuan mengenai keselamatan nuklir, proteksi dan keselamatan radiasi, keamanan instalasi nuklir dan bahan nuklir, dan garda-aman berlaku mutatis mutandis terhadap pemenuhan persyaratan keselamatan dan keamanan penyimpanan akhir limbah radioaktif.

d. Penyimpanan lestari

Kegiatan penyimpanan lestari ditujukan untuk limbah radioaktif tingkat tinggi. Kegiatan ini dilakukan oleh badan pelaksana. Kegiatan penyimpanan lestari limbah radioaktif tingkat tinggi wajib memiliki otorisasi dari badan pengawas dan memenuhi persyaratan keselamatan dan keamanan. Ketentuan mengenai keselamatan nuklir, proteksi dan keselamatan radiasi, keamanan instalasi nuklir dan bahan nuklir, dan garda-aman berlaku juga terhadap pengolahan dan penyimpanan lestari limbah radioaktif.

Penentuan lokasi penyimpanan lestari limbah radioaktif ditetapkan oleh Pemerintah Pusat setelah mendapat persetujuan dari Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia.

e. Daur Ulang Zat Radioaktif

Zat radioaktif terbungkus yang tidak digunakan oleh pemegang otorisasi (penghasil limbah) dapat didaur ulang untuk penggunaan yang berbeda atau sama dengan sebelumnya. Untuk menjamin keselamatan dan

mutu zat radioaktif terbungkus hasil daur ulang, kajian harus dilakukan sebelum daur ulang zat radioaktif. Setiap orang yang melakukan kegiatan daur ulang dan zat radioaktif terbungkus hasil daur ulang wajib mendapatkan otorisasi dari badan pengawas.

Pemegang otorisasi yang melanggar ketentuan keselamatan, keamanan, dan garda-aman dikenai sanksi administratif. Sanksi administratif sebagaimana dimaksud pada ayat (1) terdiri atas:

a. peringatan tertulis;
b. paksaan pemerintah;
c. denda administratif;
d. pembekuan izin; atau
e. pencabutan izin

Ketentuan lebih lanjut mengenai pengelolaan limbah radioaktif, daur ulang zat radioaktif, dan dan tata cara dan pemberlakuan sanksi administratif diatur dengan peraturan pemerintah.

14. Sistem Keamanan Nuklir Nasional

Sistem kemanan nuklir nasional merupakan sistem atau kerangka kerja untuk melakukan koordinasi antar pemangku kepentingan untuk melakukan segala upaya untuk mencapai tujuan keamanan nuklir. Sistem keamanan nuklir nasional ditetapkan oleh Pemerintah Pusat dengan tujuan:

a. mencegah, mendeteksi, dan merespons kejahatan terhadap keamanan nuklir;
b. mengurangi risiko dan memitigasi dampak radiologi terhadap masyarakat dan lingkungan hidup dalam hal terjadi kejahatan terhadap keamanan nuklir; dan
c. menemukan dan mengembalikan bahan nuklir dan zat radioaktif yang hilang.

Jenis-jenis kejahatan terhadap keamanan nuklir antara lain:

a. penyalahgunaan zat radioaktif atau bahan nuklir;

b. penyelundupan bahan nuklir atau zat radioaktif masuk atau keluar wilayah negara; dan
c. sabotase terhadap kegiatan dan fasilitas ketenaganukliran dan sabotase terhadap perhelatan akbar.

Sistem keamanan nuklir nasional dilaksanakan melalui pengamanan berlapis yang meliputi: pencegahan, deteksi, dan respons, sebagaimana diuraikan berikut ini.

a. Pencegahan

Upaya pencegahan meliputi antara lain analisis dan penentuan tingkat ancaman kejahatan terhadap keamanan nuklir, penggalian informasi intelijen, penangkalan terhadap ancaman kejahatan terhadap keamanan nuklir, penetapan keamanan informasi, penetapan sistem informasi keamanan nuklir nasional, penilaian penapisan khusus personel; dan penetapan sistem koordinasi pengawasan.

Upaya pencegahan yang berupa analisis dan penentuan tingkat ancaman kejahatan keamanan nuklir dilaksanakan oleh badan pengawas bekerja sama dengan POLRI, kementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang pertahanan, TNI, kementerian/lembaga pemerintah nonkementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang keamanan laut, kementerian/lembaga pemerintah nonkementerian yang menyelenggarakan pemerintahan di bidang intelijen; dan kementerian/lembaga pemerintah nonkementerian yang menyelenggarakan pemerintahan di bidang penanggulangan terorisme.

Upaya pencegahan yang berupa penggalian informasi intelijen dilaksanakan oleh POLRI, kementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang pertahanan, TNI, lembaga pemerintah nonkementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang keamanan laut, kementerian/lembaga pemerintah nonkementerian yang menyelenggarakan pemerintahan di bidang intelijen, kementerian/lembaga

pemerintah nonkementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang penanggulangan terorisme; dan badan pengawas.

Upaya pencegahan yang berupa penangkalan terhadap Ancaman Keamanan Nuklir dilaksanakan oleh Kepolisian Negara Republik Indonesia, Kementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang pertahanan, TNI, lembaga pemerintah nonkementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang keamanan laut, kementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang kepabeanan, Kementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang intelijen, kementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang penanggulangan terorisme, badan pengawas, dan badan pelaksana.

Upaya pencegahan yang berupa penetapan keamanan informasi dilaksanakan oleh kementerian/lembaga pemerintah nonkementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang komunikasi dan informasi. Upaya pencegahan yang berupa penetapan sistem informasi keamanan nuklir nasional dilaksanakan oleh kementerian/lembaga pemerintah nonkementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang komunikasi dan informasi bekerja sama dengan badan pengawas, lembaga pemerintah nonkementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang siber dan sandi, dan badan pelaksana.

Upaya pencegahan yang berupa penilaian skrining khusus personel dilaksanakan oleh POLRI. Upaya pencegahan yang berupa penetapan sistem koordinasi pengawasan dilaksanakan oleh badan pengawas bekerja sama dengan kementerian/lembaga pemerintah nonkementerian dan/atau instansi terkait.

b. Deteksi

Upaya deteksi dilakukan terhadap perpindahan zat radioaktif dan bahan nuklir masuk ke atau keluar dari Wilayah Negara, indikasi kejahatan terhadap keamanan nuklir di wilayah perairan Indonesia dan wilayah yurisdiksi, atau indikasi kejahatan terhadap keamanan nuklir di wilayah

daratan. Upaya deteksi dilaksanakan oleh kementerian/lembaga pemerintah nonkementerian dan instansi terkait sesuai dengan kewenangannya bekerja sama dengan badan pengawas.

c. Respons

Upaya respons meliputi antara lain penilaian informasi dari upaya deteksi, notifikasi dan pelaporan, koordinasi antara kementerian, lembaga pemerintah nonkementerian, atau instansi terkait dalam merespons kejahatan terhadap keamanan nuklir; dan pengamanan terhadap barang yang dideteksi mengandung zat radioaktif atau bahan nuklir. Penilaian informasi dari upaya deteksi dilaksanakan oleh kementerian/lembaga pemerintah nonkementerian dan instansi terkait sesuai dengan kewenangannya serta berkoordinasi dengan badan pengawas.

Notifikasi dan pelaporan dilakukan oleh setiap kementerian, lembaga pemerintah nonkementerian, atau instansi terkait dalam hal hasil penilaian informasi dari upaya deteksi menunjukkan adanya kejahatan terhadap keamanan nuklir. Notifikasi disampaikan kepada badan pengawas. Pelaporan disampaikan kepada POLRI.

Koordinasi antara kementerian, lembaga pemerintah nonkementerian, atau instansi terkait dalam merespons kejahatan terhadap keamanan nuklir dilaksanakan oleh POLRI. Koordinasi ini mencakup pencegatan dalam hal kejahatan terhadap keamanan nuklir terjadi di wilayah yurisdiksi.

Pengamanan terhadap barang yang dideteksi mengandung zat radioaktif atau bahan nuklir dilaksanakan oleh kementerian/lembaga pemerintah nonkementerian sesuai dengan kewenangannya bekerja sama dengan badan pengawas.

d. Forensik Nuklir

Pemerintah Pusat harus mengembangkan forensik nuklir yang meliputi forensik nuklir untuk penegakan hukum dan laboratorium rujukan nasional untuk forensik nuklir. Kepolisian Negara Republik Indonesia melaksanakan

pengembangan forensik nuklir untuk penegakan hukum. Badan pelaksana melakukan pengembangan laboratorium rujukan nasional untuk forensik nuklir.

e. Kerahasiaan Informasi

Setiap orang wajib merahasiakan informasi Keamanan Nuklir. Informasi keamanan nuklir meliputi informasi yang dapat membahayakan pertahanan dan keamanan negara, merugikan ketahanan nasional, menghambat proses penegakan hukum, membahayakan keselamatan pekerja, masyarakat, dan lingkungan hidup; dan/atau mengancam keamanan kegiatan dan fasilitas ketenaganukliran dan perhelatan akbar.

f. Pelarangan terkait Keamanan Nuklir

Setiap orang dilarang memiliki, mengalihkan, dan/atau menggunakan informasi keamanan nuklir untuk tujuan kejahatan terhadap keamanan nuklir. Setiap orang juga dilarang membuat, menguji coba, atau menggunakan senjata radiologi; memiliki, menguasai, mengangkut, menyimpan, mentransfer, meneliti, atau mengembangkan senjata radiologi; meminta senjata radiologi dengan kekerasan atau ancaman kekerasan; atau turut serta, membantu dan/atau membujuk orang lain dalam kegiatan tersebut.

Setiap orang dilarang secara sengaja dan melawan hukum menerima, memiliki, menguasai, menggunakan, mengalihkan, mengubah, membuang, atau menyebarkan zat radioaktif atau bahan nuklir, dan meminta zat radioaktif, bahan nuklir, atau peralatan yang mengandung zat radioaktif atau bahan nuklir dengan kekerasan atau ancaman kekerasan. Setiap orang juga dilarang melakukan sabotase pada kegiatan dan fasilitas ketenaganukliran.

15. Sistem Garda-Aman Nasional

Pemerintah Pusat menyelenggarakan sistem garda-aman nasional untuk memastikan penggunaan bahan nuklir hanya untuk maksud damai;

mencegah penyalahgunaan peralatan, dan bahan terkait nuklir; dan mencegah dan mendeteksi ledakan nuklir.

a. Upaya garda-aman

Sistem garda-aman nasional dilaksanakan melalui upaya penetapan sistem pertanggungjawaban dan pengendalian bahan nuklir, pengendalian ekspor dan impor bahan nuklir, peralatan, dan bahan terkait nuklir, koordinasi pengawasan terhadap pelaksanaan sistem garda-aman, dan penetapan sistem informasi garda-aman.

Penetapan sistem pertanggungjawaban dan pengendalian bahan nuklir dan penetapan sistem informasi garda-aman dilaksanakan oleh badan pengawas. Pengendalian ekspor dan impor bahan nuklir, peralatan, dan bahan terkait nuklir dilaksanakan oleh kementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang perdagangan, kementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang kepabeanan, kementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang hubungan luar negeri, dan badan pengawas sesuai dengan ketentuan peraturan perundangundangan.

Pengawasan terhadap pelaksanaan sistem garda-aman dikoordinasikan oleh badan pengawas dengan kementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang perdagangan, kementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang perindustrian, kementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang hubungan luar negeri, dan Pemerintah Daerah.

b. Deteksi terhadap ledakan nuklir

Upaya deteksi terhadap ledakan nuklir berupa pendeteksian lepasan zat radioaktif dilakukan oleh badan pengawas dan badan pelaksana secara sendiri-sendiri atau bersama-sama sesuai dengan kewenangannya. Upaya deteksi terhadap ledakan nuklir berupa pendeteksian getaran dilakukan oleh kementerian/lembaga pemerintah nonkementerian yang menyelenggarakan

urusan pemerintahan di bidang meteorologi, klimatologi, dan geofisika. Badan Pengawas melakukan penilaian terhadap lepasan zat radioaktif dan getaran untuk memastikan sumber ledakan nuklir. Dalam hal sumber ledakan nuklir berasal dari senjata nuklir, badan pengawas berkoordinasi dengan kementerian/lembaga terkait sesuai dengan kewenangannya untuk melakukan upaya respons. Ketentuan mengenai penanganan hasil deteksi diatur dalam peraturan pemerintah.

c. Pelarangan terkait garda-aman

Setiap orang dilarang melakukan penyalahgunaan bahan nuklir, bahan nonnuklir, dan peralatan terkait nuklir. Penyalahgunaan bahan nuklir meliputi tindakan melakukan penelitian dan pengembangan bahan nuklir untuk tujuan pembuatan senjata nuklir; memproduksi, memiliki, menguasai, menyimpan, menggunakan, dan/atau mengalihkan bahan nuklir untuk tujuan pembuatan senjata nuklir; atau bahan nonnuklir dan peralatan terkait nuklir. Penyalahgunaan bahan nonnuklir dan peralatan terkait nuklir meliputi tindakan melakukan penelitian dan pengembangan bahan nonnuklir dan peralatan terkait nuklir untuk tujuan pembuatan senjata nuklir; memproduksi, memiliki, menyimpan, menggunakan, dan mentransfer bahan nonnuklir dan peralatan terkait nuklir untuk tujuan pembuatan senjata nuklir; dan melakukan ekspor atau impor bahan nonnuklir dan peralatan terkait nuklir untuk tujuan pembuatan senjata nuklir.

Setiap orang dilarang memiliki, menguasai, menggelarkan, membawa, mengangkut, menyimpan, mentransfer, meneliti, mengembangkan, dan meminta dengan kekerasan atau ancaman kekerasan senjata nuklir.

Setiap orang wajib merahasiakan informasi garda-aman. Informasi garda-aman meliputi informasi yang dapat membahayakan pertahanan dan keamanan negara; merugikan ketahanan nasional; menghambat proses penegakan hukum; dan membahayakan keselamatan pekerja, masyarakat, dan lingkungan hidup. Setiap orang dilarang memiliki, mengalihkan,

dan/atau menggunakan informasi garda-aman untuk tujuan kejahatan terhadap garda-aman.

d. Inspeksi garda-aman oleh Badan Tenaga Atom Internasional (IAEA)

Dalam hal Badan Tenaga Atom Internasional (IAEA) melaksanakan inspeksi garda-aman di Indonesia, Pemerintah menjamin kelancaran pelaksanaan kegiatan inspeksi garda-aman. Pelaksanaan inspeksi gardaaman dari Badan Tenaga Atom Internasional wajib didampingi oleh inspektur nuklir badan pengawas.

16. Sistem Kesiapsiagaan Nuklir Nasional

Pemerintah Pusat menetapkan sistem kesiapsiagaan nuklir nasional, yang mencakup unsur kesiapsiagaan, penanggulangan kedaruratan, dan rehabilitasi dan rekonstruksi. Pemegang otorisasi, Pemerintah Daerah dan Pemerintah Pusat wajib melaksanakan sistem kesiapsiagaan nuklir nasional.

Sistem kesiapsiagaan nuklir nasional dilaksanakan dengan mengutamakan keselamatan manusia, penyediaan infrastruktur dan fungsi penanggulangan, penyusunan norma, standar, prosedur, dan kriteria, dan penguatan pemahaman risiko bencana nuklir pada masyarakat.

a. Kesiapsiagaan

Pemerintah Pusat melalui lembaga pemerintah nonkementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang penanggulangan bencana dan Pemerintah Daerah menetapkan program kesiapsiagaan nuklir sesuai dengan kewenangannya. Program kesiapsiagaan nuklir disusun oleh Pemerintah Pusat dan Pemerintah Daerah berkoordinasi dengan badan pengawas.

Program kesiapsiagaan nuklir untuk tingkat nasional merupakan bagian dari rencana nasional penanggulangan bencana. Program kesiapsiagaan nuklir tingkat nasional mencakup kejadian kedaruratan pada: 1) instalasi nuklir yang berdampak pada lebih dari satu wilayah propinsi;

2) pengangkutan zat radioaktif atau bahan nuklir yang melalui rute antar provinsi;
3) paling sedikit 2 wilayah provinsi akan terdampak kedaruratan nuklir dari negara yang berbatasan dengan wilayah negara; dan
4) instalasi nuklir yang digunakan sebagai penggerak pada kapal atau kapal selam.

Program kesiapsiagaan nuklir untuk tingkat daerah merupakan bagian dari rencana penanggulangan bencana di tingkat daerah. Rencana penanggulangan bencana di tingkat daerah ditetapkan dalam Peraturan Daerah. Pemerintah Daerah menetapkan program kesiapsiagaan nuklir apabila wilayahnya terdapat instalasi nuklir yang apabila terjadi kedaruratan akan berdampak ke luar tapak dan/atau akan terdampak kedaruratan nuklir dari negara yang berbatasan dengan wilayah negara.

Pemerintah Pusat mengembangkan sistem peringatan dini untuk mengantisipasi kedaruratan bencana nuklir. Lembaga pemerintah nonkementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang penanggulangan bencana mengembangkan dan mengintegrasikan sistem peringatan dini pada tingkat nasional. Pemerintah Daerah mengembangkan sistem peringatan dini pada tingkat daerah yang terintegrasi dalam sistem peringatan dini pada tingkat nasional dan daerah.

Lembaga pemerintah nonkementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang penanggulangan bencana mengoordinasikan pelatihan dan gladi kedaruratan bencana nuklir secara terpadu sesuai dengan program kesiapsiagaan nuklir tingkat nasional. Pemerintah Daerah mengoordinasikan pelatihan dan gladi kedaruratan bencana nuklir secara terpadu sesuai dengan program kesiapsiagaan nuklir tingkat daerah. Pemegang otorisasi, Pemerintah Daerah, kementerian, dan/atau lembaga pemerintah nonkementerian terkait mengikuti pelatihan dan gladi kedaruratan bencana nuklir.

b. Penanggulangan kedaruratan bencana nuklir

Presiden menetapkan dimulainya dan menghentikan status kedaruratan bencana nuklir nasional setelah mendapatkan masukan dari lembaga pemerintah nonkementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang penanggulangan bencana dan badan pengawas. Pemerintah Pusat melalui lembaga pemerintah nonkementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang penanggulangan bencana memimpin koordinasi penanggulangan dan pengawasan dalam kedaruratan bencana nuklir.

Kepala Daerah menetapkan dan menghentikan status kedaruratan bencana nuklir daerah setelah mendapatkan masukan dari lembaga pemerintah yang bertanggung jawab dalam penanggulangan bencana daerah dan badan pengawas. Pemerintah daerah melalui lembaga pemerintah yang bertanggung jawab dalam penanggulangan bencana daerah memimpin koordinasi penanggulangan dan pengawasan dalam kedaruratan bencana nuklir pada tingkat daerah.

Penanggulangan kedaruratan bencana nuklir meliputi kegiatan:

1) identifikasi kedaruratan bencana nuklir, penentuan status kedaruratan bencana nuklir, tingkat penanggulangan, pelaporan kepada insansi terkait, dan pengaktifan tim penanggulangan kedaruratan bencana nuklir;
2) tindakan untuk membatasi dan mengurangi dampak radiasi, kondisi paparan radiasi, dan/atau kontaminasi apabila terjadi kedaruratan bencana nuklir;
3) tindakan pemberian tempat berlindung sementara, evakuasi, dan/atau pemberian tablet iodium;
4) penggunaan alat proteksi radiasi, pemantauan dosis radiasi yang diterima, dan pengendalian kontaminasi zat radioaktif;
5) tindakan bagi petugas penanggulangan yang terkena paparan berlebih;
6) pemberian instruksi pembatasan konsumsi makanan yang dicurigai telah terkontaminasi zat radioaktif;

7) pemberian informasi dan instruksi kepada pekerja dan masyarakat sekitar secara cepat dan tepat; dan/atau 8) pemberian informasi kepada media.

Badan pengawas berkoordinasi dan bekerja sama dengan badan pengawas negara yang berbatasan dengan wilayah Indonesia dan organisasi internasional di bidang tenaga atom terkait dengan potensi lepasan zat radioaktif dan kontaminasi lintas batas.

c. Kejadian khusus

Dalam hal terdapat kejadian khusus, badan pengawas memimpin pelaksanaan tindakan penanggulangan. Kejadian khusus ini meliputi adanya zat radioaktif atau bahan nuklir yang tidak diketahui pemiliknya dan jatuhnya satelit bertenaga nuklir. Dalam pelaksanaan tindakan penanggulangan, badan pengawas dapat meminta bantuan kepada dan/atau berkoordinasi dengan lembaga pemerintah nonkementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang penanggulangan bencana dan/atau instansi terkait.

d. Rehabilitasi dan rekonstruksi

Pemerintah Pusat dan Pemerintah Daerah melaksanakan rehabilitasi dan rekonstruksi penanggulangan kedaruratan bencana nuklir. Rehabilitasi dan rekonstruksi dilaksanakan setelah deklarasi penghentian kedaruratan bencana nuklir. Rehabilitasi dan rekonstruksi dilaksanakan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

17. Pertanggungjawaban Kerugian Nuklir

Pemegang otorisasi instalasi nuklir wajib bertanggung jawab mutlak atas kerugian nuklir yang diderita oleh pihak ketiga akibat kecelakaan nuklir yang berdampak di dalam dan di luar instalasi nuklir.

Dalam hal terjadi kecelakaan nuklir selama pengangkutan bahan nuklir atau bahan bakar nuklir bekas, yang bertanggung jawab atas kerugian nuklir

yang diderita oleh pihak ketiga adalah pemegang otorisasi pengirim. Pemegang otorisasi pengirim dapat mengalihkan tanggung jawabnya kepada pemegang otorisasi penerima atau pengusaha pengangkutan jika telah diperjanjikan secara tertulis.

Apabila pertanggungjawaban kerugian nuklir melibatkan lebih dari satu pemegang otorisasi instalasi nuklir dan tidak mungkin menentukan secara pasti bagian kerugian nuklir yang disebabkan oleh masing-masing pemegang otorisasi, masing-masing pemegang otorisasi tersebut bertanggung jawab secara bersama-sama. Pertanggungjawaban masing-masing pemegang otorisasi instalasi nuklir tidak melebihi batas jumlah pertanggungjawabannya.

Apabila dalam suatu lokasi terdapat beberapa instalasi nuklir yang dikelola oleh satu pemegang otorisasi instalasi nuklir, pemegang otorisasi instalasi nuklir wajib mempertanggungkan pertanggungjawaban kerugian nuklir yang disebabkan oleh setiap instalasi yang dikelolanya.

Pemegang otorisasi instalasi nuklir tidak bertanggung jawab terhadap kerugian nuklir yang disebabkan oleh kecelakaan nuklir yang terjadi karena akibat langsung dari pertikaian atau konflik bersenjata internasional atau dalam negeri.

Apabila pemegang otorisasi instalasi nuklir dan pemegang otorisasi pengirim setelah melaksanakan tanggung jawabnya dapat membuktikan bahwa pihak ketiga yang menderita kerugian nuklir disebabkan oleh kesengajaan penderita sendiri, pemegang otorisasi tersebut dapat dibebaskan dari tanggung jawabnya untuk membayar seluruh atau sebagian kerugian yang diderita. Pemegang otorisasi instalasi nuklir dan pemegang otorisasi pengirim berhak untuk menuntut kembali ganti rugi yang telah dibayarkan kepada pihak ketiga yang melakukan kesengajaan.

Pemegang otorisasi instalasi nuklir dan pemegang otorisasi pengirim wajib mempertanggungkan pertanggungjawabannya melalui asuransi atau jaminan keuangan lainnya. Dalam hal pemegang otorisasi pengirim mengalihkan tanggung jawabnya, ketentuan tentang kewajiban untuk

mempertanggungkan pertanggungjawabannya melalui asuransi atau jaminan keuangan lainnya berlaku bagi pemegang otorisasi penerima atau pengusaha pengangkut.

Apabila jumlah pertanggungan berkurang karena telah digunakan untuk membayar kerugian nuklir, pemegang otorisasi instalasi nuklir harus menjaga agar jumlah pertanggungan tetap sesuai dengan jumlah yang ditetapkan.

Apabila perjanjian pertanggungan telah berakhir atau batal karena suatu sebab lain, pemegang otorisasi instalasi nuklir tersebut harus segera memperbaharui perjanjian pertanggungannya. Dalam hal pemegang otorisasi instalasi nuklir belum memperbaharui perjanjian pertanggungan dan terjadi kecelakaan nuklir, pemegang otorisasi tersebut tetap bertanggung jawab atas kerugian nuklir yang diderita oleh pihak ketiga akibat kecelakaan nuklir yang berdampak di dalam dan di luar instalasi nuklir.

Pertanggungjawaban kerugian nuklir akibat kecelakaan di instansi pemerintah dijamin oleh negara. Pertanggungjawaban kerugian nuklir diatur sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Perusahaan asuransi yang menanggung ganti rugi nuklir yang disebabkan kecelakaan nuklir wajib melakukan pembayaran ganti rugi sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Hak menuntut ganti rugi akibat kecelakaan nuklir kadaluwarsa apabila tidak diajukan dalam waktu 10 tahun terhitung sejak diterbitkan pernyataan kecelakaan nuklir dari Kepala Badan Pengawas.

Apabila kerugian nuklir akibat kecelakaan nuklir melibatkan bahan nuklir yang dicuri, hilang, atau ditelantarkan maka jangka waktu untuk menutut ganti rugi dihitung dari saat terjadinya kecelakaan nuklir dengan ketentuan jangka waktu itu tidak boleh melebihi 20 tahun terhitung sejak bahan nuklir dicuri, hilang, atau ditelantarkan.

Pengadilan dapat menetapkan periode kadaluwarsa terhadap hak untuk menuntut ganti rugi dalam jangka waktu paling cepat 3 tahun sejak

penderita mengetahui atau patut mengetahui kerugian nuklir yang diderita dan tidak melebihi jangka waktu yang ditetapkan di atas.

Pengadilan Negeri yang berwenang memeriksa dan mengadili tuntutan ganti rugi adalah sebagai berikut:

1. Pengadilan Negeri tempat kecelakaan nuklir terjadi;
2. Pengadilan Negeri Jakarta Pusat dalam hal terjadi kecelakaan nuklir selama pengangkutan bahan bakar nuklir atau bahan bakar nuklir bekas di luar wilayah yurisdiksi.

18. Pengawasan Ketenaganukliran

Pelaksanaan fungsi pengawasan terhadap setiap fasilitas dan kegiatan ketenaganukliran di Indonesia dilakukan oleh badan pengawas yang bertanggung jawab langsung kepada Presiden. Dalam melaksanakan tugas pengawasan tersebut, badan pengawas harus bersifat netral dan bebas dari segala bentuk pengaruh dan intervensi dari semua pihak. Badan pengawas mengutamakan independensi dalam pengambilan keputusan pengawasan ketenaganukliran. Ketentuan mengenai tugas, fungsi, dan wewenang badan pengawas diatur dengan peraturan presiden.

Pelaksanaan fungsi pengawasan oleh badan pengawas dilaksanakan melalui proses pembentukan peraturan, pemberian otorisasi, dan pelaksanaan inspeksi. Dalam pembentukan peraturan, pemberian otorisasi, dan pelaksanaan inspeksi, badan pengawas melakukan reviu dan asesmen.

a. Pembentukan peraturan

Proses pembentukan peraturan yang dilaksanakan oleh badan pengawas dilakukan dari tahap perencanaan, penyusunan, pembahasan, pengesahan, atau penetapan sampai dengan tahap pengundangan. Pembentukan peraturan dilaksanakan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

b. Pemberian otorisasi

Fungsi pengawasan selanjutnya adalah memberikan otorisasi kepada pemohon otorisasi. Otorisasi terdiri atas perizinan berusaha untuk pelaku usaha, perizinan untuk nonpelaku usaha, persetujuan, izin bekerja, dan sertikat produk.

Perizinan berusaha untuk pelaku usaha meliputi izin, sertifikat standar, dan registrasi. Sedangkan perizinan untuk nonpelaku usaha meliputi izin ketenaganukliran, penunjukan, dan registrasi.

Perizinan untuk nonpelaku usaha diberikan kepada badan hukum publik dan badan hukum privat nonpelaku usaha. Izin bekerja diberikan kepada personel tertentu yang bekerja pada pertambangan bahan galian nuklir, instalasi nuklir, fasilitas radiasi, pengelolaan limbah radioaktif, dan pengelolaan bahan bakar nuklir bekas, serta kegiatan ekspor, impor, dan pengangkutan. Perizinan berusaha dilaksanakan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Sertifikat produk diwajibkan terhadap produk tertentu untuk digunakan di instalasi nuklir, fasilitas radiasi, pertambangan bahan galian nuklir, atau pengangkutan. Produk tertentu tersebut merupakan produk yang berkaitan dengan kepentingan keselamatan, keamanan, kesehatan, atau pelestarian fungsi lingkungan hidup. Pelaku usaha dan nonpelaku usaha yang menghasilkan produk tertentu wajib memiliki sertifikat produk. c. Inspeksi

Badan pengawas melaksanakan inspeksi terhadap kegiatan dan fasilitas ketenaganukliran yang bertujuan untuk memverifikasi kesesuaian dengan peraturan perundang-undangan, persyaratan, dan kondisi dalam otorisasi. Inspeksi mencakup aspek keselamatan, keamanan, dan gardaaman. Dalam melaksanakan inspeksi, badan pengawas melakukan koordinasi dengan kementerian dan/atau lembaga lain yang terkait.

Badan pengawas menetapkan program inspeksi. Inspeksi yang dilakukan badan pengawas dapat bersifat inspeksi berkala dan inspeksi insidental. Kedua jenis inspeksi tersebut dapat dilakukan dengan pemberitahuan dan tanpa pemberitahuan. Pelaksanaan inspeksi terhadap

pemegang otorisasi dilakukan melalui pendekatan berperingkat dengan berdasarkan pada tingkat risiko radiasi yang ditimbulkan.

Badan pengawas menetapkan inspektur nuklir untuk melaksanakan kegiatan inspeksi. Dalam melaksanakan tugas inspeksi, inspektur nuklir berwenang untuk memperoleh informasi, mengakses setiap lokasi, dan menghentikan sementara kegiatan dan fasilitas ketenaganukliran dalam hal terjadi kondisi yang berbahaya terhadap keselamatan dan keamanan. Secara rinci kewenangan inspektur adalah sebagai berikut:

a. memperoleh akses lokasi kegiatan dan fasilitas ketenaganukliran sebelum otorisasi diterbitkan, selama berlakunya otorisasi, dan setelah berakhirnya otorisasi;
b. memperoleh data dan informasi terhadap kegiatan dan fasilitas ketenaganukliran sebelum otorisasi diterbitkan, selama berlakunya otorisasi, dan setelah berakhirnya otorisasi;
c. memperoleh akses ke vendor, pemasok, dan pabrikan struktur, sistem, dan komponen;
d. memperoleh akses terhadap kegiatan, fasilitas, peralatan, dan bahan terkait nuklir selain kegiatan dan fasilitas; dan
e. menghentikan sementara kegiatan dan fasilitas ketenaganukliran dalam hal terjadi kecelakaan.

19. Peran Serta Masyarakat

Masyarakat dapat berperan serta dalam upaya terkait ketenaganukliran dengan tujuan:

a. pencapaian keselamatan nuklir dan radiasi di fasilitas dan kegiatan ketenaganukliran; dan
b. pencegahan terhadap kejadian keamanan nuklir.

Peran serta masyarakat tersebut dapat dilakukan dengan cara:

a. memberikan masukan dalam kegiatan pengawasan ketenaganukliran;
b. memberikan masukan terhadap penyelenggaraan iptek nuklir; dan
c. memberikan informasi atau laporan adanya ancaman keamanan nuklir dan keselamatan nuklir atau radiasi .

Masukan, informasi, atau laporan tersebut harus dapat dipertanggungjawabkan oleh masyarakat yang menyampaikannya. Informasi,

atau laporan kemudian ditindaklanjuti oleh kementerian, lembaga pemerintah, atau instansi terkait. Penyampaian masukan, informasi atau laporan tersebut dapat dilakukan oleh perseorangan, kelompok, organisasi profesi, badan usaha atau organisasi kemasyarakatan lain.

Dalam memberikan informasi atau laporan, masyarakat berhak memperoleh perlindungan hukum baik dalam pelaporan, proses penyelidikan dan penyidikan, selama masa pengadilan, dan setelah selesai proses pengadilan. Perlindungan hukum dilaksanakan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

20. Kerja Sama Internasional

Pemerintah Pusat melaksanakan kerja sama internasional dalam bidang ketenaganukliran dengan pemerintah negara lain, lembaga, atau organisasi internasional sesuai dengan peraturan perundang-undangan. Kerja sama internasional dilakukan dengan mengutamakan kepentingan nasional dan tanpa adanya kondisionalitas politik. Kerja sama internasional dalam bidang ketenaganukliran meliputi:

a. pemberian peluang pelatihan dan kesempatan kerja bagi sumber daya manusia;
b. penyelenggaraan hubungan dengan pusat-pusat penelitian, baik pemerintah maupun swasta;
c. pengembangan dan peningkatan kapasitas kelembagaan untuk penelitian dan pengembangan; dan
d. penyelenggaraan iptek nuklir dan kemitraan jangka panjang antara pemilik teknologi dan pengguna potensial lokal.
e. peningkatan kapasitas pengawasan ketenaganukliran;
f. penyelenggaraan keamanan nuklir; dan
g. kerja sama lainnya sesuai dengan ketentuan peraturan perundangundangan.

Kerja sama internasional bidang ketenaganukliran dikoordinasikan dengan kementerian yang menyelenggarakan urusan pemerintahan di bidang

hubungan luar negeri sesuai dengan ketentuan peraturan perundangundangan.

21. Penyidikan dan Pembuktian

a. Penyidikan

Penyidikan dalam perkara terkait ketenaganukliran dilakukan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan. Penyidikan tersebut dilakukan oleh pejabat POLRI. Selain itu penyidikan juga dilakukan oleh penyidik TNI Angkatan Laut dan PPNS di bidang ketenaganukliran yang diberi wewenang khusus sebagai penyidik untuk melakukan penyidikan dalam tindak pidana di bidang ketenaganukliran.

PPNS berwenang:

1) melakukan pemeriksaan atas kebenaran laporan atau keterangan berkenaan dengan tindak pidana ketenaganukliran;
2) melakukan pemeriksaan terhadap setiap orang yang diduga melakukan tindak pidana ketenaganukliran;
3) meminta data dan bahan keterangan dari setiap orang berkenaan dengan peristiwa tindak pidana ketenaganukliran;
4) melakukan pemeriksaan atas pembukuan, catatan, dan dokumen lain berkenaan dengan tindak pidana ketenaganukliran;
5) melakukan pemeriksaan di tempat tertentu yang diduga terdapat bahan bukti, pembukuan, biaya, dan dokumen lain;
6) melakukan penyitaan terhadap benda sebagaimana dimaksud dalam KUHAP yang dapat dijadikan bukti dalam perkara tindak pidana ketenaganukliran;
7) meminta bantuan ahli dalam rangka pelaksanaan tugas penyidikan tindak pidana ketenaganukliran;
8) menghentikan penyidikan sebagaimana dimaksud dalam KUHAP;
9) memasuki tempat tertentu, memotret, dan/atau membuat rekaman audio visual;

10) melakukan penggeledahan terhadap badan, pakaian, ruangan, dan/atau tempat lain yang diduga merupakan tempat dilakukannya tindak pidana; dan/atau
11) menangkap dan menahan pelaku tindak pidana.

Dalam melakukan penangkapan dan penahanan pelaku tindak pidana, penyidik pegawai negeri sipil berkoordinasi dengan penyidik POLRI. PPNS memberitahukan dimulainya penyidikan kepada penuntut umum dengan tembusan kepada penyidik POLRI paling lama 7 hari setelah dikeluarkannya surat perintah penyidikan. Hasil penyidikan yang telah dilakukan oleh PPNS disampaikan kepada penuntut umum melalui penyidik POLRI.

b. Pembuktian

Alat bukti yang sah dalam pembuktian kejahatan terhadap ketenaganukliran meliputi:

1) alat bukti sebagaimana dimaksud dalam KUHAP; dan
2) alat bukti lain berupa informasi elektronik dan/atau dokumen elektronik dan/atau hasil cetaknya sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Penyidik, penuntut umum, hakim, atau pejabat Pusat Pelaporan dan Analisis Transaksi Keuangan (PPATK) dapat meminta atau memerintahkan penyedia jasa keuangan atau instansi berwenang untuk melakukan pemblokiran terhadap harta kekayaan yang secara langsung atau tidak langsung atau yang diketahui atau patut diduga digunakan atau akan digunakan, baik seluruh maupun sebagian, untuk tindak pidana kejahatan terhadap keamanan nuklir. Pelaksanaan pemblokiran tersebut mengikuti mekanisme yang diatur dalam peraturan perundang-undangan mengenai pencegahan dan pemberantasan tindak pidana pendanaan terorisme.

Penyidik, penuntut umum, atau hakim wajib merahasiakan pihak pelapor yang melaporkan terjadinya dugaan kejahatan terhadap ketenaganukliran. Pihak pelapor diberikan perlindungan khusus oleh negara dari kemungkinan ancaman yang membahayakan diri, jiwa, dan/atau hartanya, termasuk

keluarganya. Perlindungan khusus tersebut dilaksanakan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Barang bukti berupa zat radioaktif, bahan nuklir, senjata nuklir, atau senjata radiologi yang masih diperlukan untuk proses pemeriksaan dalam tingkat penyidikan, penuntutan, dan pemeriksaan di sidang pengadilan termasuk barang yang dinyatakan dirampas berdasarkan putusan hakim disimpan di fasilitas badan pelaksana untuk memastikan terpenuhinya persyaratan keselamatan nuklir, keselamatan radiasi, keamanan nuklir, dan keamanan zat radioaktif.

Dalam hal barang bukti tidak mungkin disimpan di fasilitas badan pelaksana, badan pengawas menetapkan tempat penyimpanan lainnya yang memenuhi persyaratan keselamatan nuklir, keselamatan radiasi, keamanan nuklir, dan keamanan zat radioaktif. Eksekusi atas barang bukti selain yang disimpan di fasilitas badan pelaksana dilaksanakan berdasarkan putusan hakim sesuai peraturan perundang-undangan. Pelaksanaan eksekusi dilakukan setelah badan pengawas memastikan barang bukti memenuhi persyaratan keselamatan nuklir, keselamatan radiasi, keamanan nuklir, dan keamanan zat radioaktif.

Dalam hal barang bukti tidak mungkin disimpan di fasilitas badan pelaksana, penyimpanan barang bukti berupa zat radioaktif, bahan nuklir, senjata nuklir, atau senjata radiologi menjadi tanggung jawab badan pengawas. Badan pelaksana tidak boleh menerima barang bukti yang harus disimpan untuk keperluan pemeriksaan dalam tingkat penyidikan, penuntutan dan pemeriksaan di sidang pengadilan, jika tidak dilengkapi dokumen yang sah dari pejabat yang bertanggung jawab secara yuridis atas barang bukti tersebut. Biaya penyimpanan atas barang bukti ditanggung oleh Pemerintah Pusat. Ketentuan mengenai penyimpanan dan perlakuan terhadap barang bukti mengikuti ketentuan peraturan perundang-undangan.

22. Ketentuan Pidana

Penerapan sanksi pidana dalam RUUK ini dilakukan secara bertingkat berdasarkan pendekatan risiko. Perbuatan-perbuatan yang dapat mengakibatkan dampak serius seperti korban jiwa, pencemaran lingkungan, dapat langsung dikenakan sanksi pidana.

Dalam RUUK diatur perbuatan-perbuatan yang dapat diancam pidana, sebagai berikut:

a. Setiap orang yang melaksanakan kegiatan pertambangan bahan galian nuklir tanpa otorisasi dan/atau menimbulkan kecelakaan;
b. Setiap orang yang melaksanakan kegiatan tapak, konstruksi, komisioning, operasi, dan dekomisioning instalasi nuklir tanpa otorisasi dan/atau karena kelalaiannya menimbulkan kerugian nuklir;
c. Setiap orang yang melaksanakan kegiatan pada fasilitas radiasi tanpa otorisasi dan/atau menimbulkan kecelakaan;
d. Setiap orang yang melaksanakan kegiatan ekspor impor tanpa otorisasi dan/atau karena kelalaiannya menimbulkan kecelakaan;
e. Setiap orang yang melaksanakan kegiatan pengangkutan tanpa otorisasi dan/atau karena kelalaiannya menimbulkan kecelakaan;
f. melaksanakan yang menghasilkan, mengedarkan, atau memperdagangkan produk tertentu untuk digunakan di instalasi nuklir atau fasilitas radiasi atau pengangkutan yang tidak dilakukan sertifikasi,
g. Setiap pemegang otorisasi yang mempekerjakan personel untuk melaksanakan kegiatan pertambangan bahan galian nuklir, mengoperasikan instalasi nuklir atau fasilitas radiasi, dan/atau melakukan pengelolaan limbah radioaktif tanpa izin bekerja dan/atau karena kelalaian personelnya mengakibatkan kecelakaan;
h. setiap personel yang melaksanakan kegiatan pertambangan bahan galian nuklir, mengoperasikan instalasi nuklir, fasilitas radiasi, dan/atau melakukan pengelolaan limbah radioaktif tanpa izin bekerja dan/atau menimbulkan kecelakaan;

i. Setiap orang yang menghasilkan Bahan Bakar Nuklir Bekas dan tidak melakukan pengelolaan bahan bakar nuklir bekas;

j. Setiap orang yang menghasilkan limbah radioaktif dan tidak melakukan kegiatan pengelolaan limbah radioaktif;

k. Setiap orang yang melakukan kejahatan terhadap keamanan nuklir;

l. Setiap orang yang memiliki, mengalihkan, dan/atau menggunakan informasi keamanan nuklir untuk tujuan kejahatan terhadap keamanan nuklir;

m. Setiap orang yang:

   1) membuat, menguji coba, atau menggunakan senjata radiologi;

   2) memiliki, menguasai, mengangkut, menyimpan, mentransfer, meneliti, atau mengembangkan senjata radiologi;

   3) meminta senjata radiologi dengan kekerasan atau ancaman kekerasan; atau

   4) turut serta, membantu, dan/atau membujuk orang lain dalam kegiatan pada angka 1) dan 2).

n. Setiap orang yang secara sengaja dan melawan hukum:

   1) menerima, memiliki, menguasai, menggunakan, mengalihkan, mengubah, membuang, atau menyebarkan zat radioaktif atau bahan nuklir; dan

   2) meminta zat radioaktif, bahan nuklir, atau peralatan yang mengandung zat radioaktif atau bahan nuklir dengan kekerasan atau ancaman kekerasan.

o. Setiap orang yang melakukan Sabotase pada kegiatan dan fasilitas ketenaganukliran.

p. Setiap orang yang melakukan penyalahgunaan bahan nuklir berupa tindakan:

   1) melakukan penelitian dan pengembangan bahan nuklir untuk tujuan pembuatan senjata nuklir;

2) memproduksi, memiliki, menguasai, menyimpan, menggunakan, dan/atau mengalihkan bahan nuklir untuk tujuan pembuatan senjata nuklir; atau
3) melakukan ekspor atau impor bahan nuklir untuk tujuan pembuatan senjata nuklir;

q. Setiap orang yang melakukan penyalahgunaan bahan nonnuklir dan peralatan terkait nuklir berupa tindakan:
1) melakukan penelitian dan pengembangan bahan nonnuklir dan peralatan terkait nuklir untuk tujuan pembuatan senjata nuklir;
2) memproduksi, memiliki, menguasai, menyimpan, menggunakan, dan/atau mengalihkan bahan nonnuklir dan peralatan terkait nuklir untuk tujuan pembuatan senjata nuklir; atau
3) melakukan ekspor atau impor bahan nonnuklir dan peralatan terkait nuklir untuk tujuan pembuatan senjata nuklir;

r. Setiap orang yang mengakses, memiliki, mendistribusikan, mentransmisikan, membuat dapat diaksesnya informasi garda-aman untuk tujuan kejahatan terhadap garda-aman;

s. Setiap orang yang memiliki, menguasai, menggelarkan, membawa, mengangkut, menyimpan, mentransfer, meneliti, mengembangkan, dan/atau meminta dengan kekerasan atau ancaman kekerasan senjata nuklir dan yang mengakibatkan korban jiwa;

t. Setiap orang yang memiliki, mengalihkan, dan/atau menggunakan informasi garda-aman untuk tujuan kejahatan terhadap garda-aman.

Dalam RUUK ini juga diatur mengenai pemberatan apabila tindak pidana menyebabkan luka berat atau matinya seseorang. Perbuatan yang mengakibatkan luka berat dipidana dengan pidana penjara paling lama 12 tahun, dan yang mengakibatkan matinya orang dipidana dengan pidana mati atau penjara seumur hidup atau pidana penjara paling lama 20 tahun. Dalam RUUK ini setiap ancaman pidana menyesuaikan dengan dampak perbuatan yang dilakukan yaitu dikategorikan ancaman pidana. Terdapat ancaman

mulai dari ancaman paling sedikit yaitu 6 bulan dan paling banyak 10 tahun. Berdasarkan dampak yang akan terjadi selain diancam dengan pidana penjara juga diancam dengan pidana denda, yang berkisar paling sedikit Rp. 2.000.000.000,00 dan paling banyak Rp. 10.000.000.000,-.

Pidana korporasi juga diatur dalam RUUK, yang mana apabila sesuatu perbuatan yang dipidana menurut RUUK ini dilakukan oleh atau atas kekuasaan suatu korporasi, penuntutan dapat dilakukan dan pidana dijatuhkan kepada korporasi, pengurus, dan personel pengendali. Selain pidana pokok, terhadap korporasi juga dapat dijatuhi pidana tambahan berupa:

a. pembekuan sebagian atau seluruh kegiatan korporasi;
b. pencabutan otorisasi usaha dan dinyatakan sebagai korporasi terlarang;
c. pembubaran korporasi;
d. perampasan aset korporasi untuk negara;
e. pengambilalihan korporasi oleh negara;
f. pengumuman putusan pengadilan;
g. perbaikan kerusakan akibat dari tindak pidana pelanggaran keselamatan nuklir dan kejahatan keamanan nuklir; dan/atau
h. perampasan atau penghapusan keuntungan yang diperoleh dari pelanggaran keselamatan nuklir dan kejahatan terhadap keamanan nuklir.

BAB VI PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan bab-bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Permasalahan yang dihadapi UUK saat ini adalah belum menjangkau secara menyeluruh perkembangan kemajuan ilmu pengetahuan dan

teknologi, serta belum dapat memenuhi kebutuhan pengaturan keselamatan, keamanan, dan garda-aman kegiatan dan fasilitas ketenaganukliran, kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan nuklir, peran serta masyarakat dan kerja sama internasional. Permasalahan yang dihadapi terkait penyalahgunaan bahan nuklir, zat radioaktif, pembangkit radiasi pengion yang dapat mengancam kehidupan berbangsa, bernegara, dan bermasyarakat adalah belum ada rumusan pidana yang khusus untuk menjerat segala bentuk tindakan yang termasuk dalam penyalahgunaan bahan nuklir, zat radioaktif, dan pembangkit radiasi pengion.

2. Penggantian UUK diperlukan untuk:
   a. mendorong pertumbuhan industri, kesehatan masyarakat, penguasaan teknologi, penyediaan energi baru terbarukan;
   b. terwujudnya optimalisasi sumber energi nuklir, kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan nuklir, pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dan kelembagaannya;
   c. mengakomodasi penerapan beberapa konvensi dan perjanjian internasional yang telah diratifikasi; dan
   d. menyelaraskan dan mengikuti perkembangan peraturan perundangundangan.
3. Landasan filosofis, sosiologis, dan yuridis dalam pembentukan RUUK sebagai berikut:
   a. Landasan filosofis untuk memenuhi cita-cita bangsa Indonesia dalam rangka melaksanakan pembangunan nasional dan mencapai tujuan nasional sesuai dengan Pancasila dan Undang-Undang Dasar Tahun 1945.
   b. Landasan sosiologis untuk memberikan rasa selamat, aman, manfaat, serta tertib hukum dan transparansi kepada masyarakat dalam kegiatan ketenaganukliran.

c. Landasan yuridis adalah Pasal 5 ayat (1), Pasal 20, Pasal 33 ayat (2) dan ayat (3) UUD Negara Republik Indonesia tahun 1945.

4. Sasaran yang ingin diwujudkan, jangkauan, dan arah pengaturan dalam RUUK sebagai berikut:

   a. Sasaran yang ingin diwujudkan adalah terwujudnya perkembangan industri nuklir nasional dari hulu sampai hilir, tercapainya pengaturan yang komprehensif mengenai keselamatan dan keamanan, dan garda-aman pada fasilitas dan kegiatan ketenaganukliran serta keamanan nuklir di luar pengawasan ketenaganukliran, dan terwujudnya pengaturan implementatif perjanjian internasional yang telah diratifikasi.

   b. Jangkauan pengaturan meliputi semua kegiatan dan fasilitas yang mengandung, memiliki, dan/atau menggunakan radiasi pengion baik berupa bahan nuklir, zat radioaktif, maupun pembangkit radiasi pengion, termasuk kegiatan dan fasilitas yang terkait dengan daur bahan nuklir.

   c. Arah pengaturan bertujuan memberikan ketegasan dalam pengaturan industri nuklir nasional termasuk industri pertambangan bahan galian nuklir, menyempurnakan pengaturan yang lebih tegas dan komprehensif mengenai keselamatan dan keamanan dan garda-aman fasilitas dan kegiatan ketenaganukliran, memberikan pengaturan untuk mengisi kekosongan hukum, dan pengaturan ketenaganukliran sebagai implementasi pengesahan perjanjian internasional.

B. Saran

1. Perlu segera disusun Rancangan Undang-Undang Penggantian UUK yang menjawab semua permasalahan yang dihadapi terkait ketenaganukliran.
2. Perlunya Rancangan Undang-Undang Penggantian UUK ini untuk dibahas melalui rapat koordinasi panitia antar kementerian, dan diharmonisasi dengan Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia, serta dimasukkan ke dalam *longlist* Program Legislasi Nasional (prolegnas) tahun 2020-2024 dan daftar prioritas tahunan prolegnas tahun 2024.
3. Materi pengaturan yang bersifat teknis operasional diatur lebih lanjut dengan peraturan pelaksanaan dari Undang-Undang ini.

===== Akhir dari naskah =====

DAFTAR SINGKATAN

No	Singkatan/Akronim	Kepanjangan
1.	UUD NRI	Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia
2.	UUK	Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran
3.	BATAN	Badan Tenaga Atom Nasional
4.	BAPETEN	Badan Pengawas Tenaga Nuklir
5.	BRIN	Badan Riset dan Inovasi Nasional
6.	IAEA	Badan Tenaga Atom Internasional
7.	MIR	Mineral ikutan radioaktif
8.	PLTU	Pembangkit Listrik Tenaga Uap
9.	PLTN	Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir
10.	BUMN	Badan Usaha Milik Negara
11.	PT INUKI	PT Industri Nuklir Indonesia
12.	B3	Bahan berbahaya dan beracun
13.	CPPNM	*Convention on Physical Protection of Nuclear Material*
14.	CNT	*United Nations Convention on Suppression of Acrs of Nuclear*
15.	NPT	*Nuclear Non-Proliferation Treaty*

16. CSA *Comprehensive Safeguards Agreement*
17. SEANWFZ *Treaty on South-East Asia Nuclear Weapon-Free Zone*
18. BPHN Badan Pembinaan Hukum Nasional
19. BNPB Badan Nasional Penanggulangan Bencana
20. LTA Lembaga Tenaga Atom
21. NORM *Naturally occuring radioactive material*
22. PRP Pembangkit radiasi pengion
23. SF-1 *Fundamental Safety Principle*
24. I-CoNSEP *Indonesia Center of Excellence on Nuclear Security and Emergency Preparedness*
25. RPM *Radiation Portal Monitor*
26. ASN *The French Nuclear Safety Authority*
27. KUHAP Kitab Undang-Undang Hukum Acara Pidana
28. PPNS Penyidik Pegawai Negeri Sipil
29. LIPI Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
30. BPPT Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
31. LAPAN Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional
32. RIRN Rencana Induk Riset Nasional
33. ESDM Energi dan Sumber Daya Mineral
34. BPOM Badan Pengawas Obat dan Makanan
35. SDM iptek Sumber daya manusia iptek
36. ISCED International Standard Classification of Education
37. ISCO88 International Standard Classification of Occupations
38. Litbang Penelitian dan pengembangan
39. TENORM *Technologically Enhanced Natural Occuring Radioactive Material*
40. CNNC *China National Nuclear Corporation*
41. CGN *China Nuclear Power Group*
42. BHP *Broken Hill Proprietary's*
43. WUP Wilayah Usaha Pertambangan
44. WIUP Wilayah Izin Usaha Pertambangan
45. IUPK Izin Usaha Pertambangan Khusus
46. GSR *General Safety Requirement*
47. RDE Reaktor Daya Eksperimental
48. RN Reaktor Nuklir
49. INNR Instalasi Nuklir NonReaktor
50. UAE *United Arab Emirate*
51. PLTT Pembangkit Listrik Tenaga Thorium
52. SMR *Small Modular Reactor*

53. PLTA Pembangkit Listrik Tenaga Air
54. CPO *Crude Palm Oil*
55. ALARA *As Low As Reasonably Achieveable*
56. IBN Instalasi dan Bahan Nuklir
57. FRZR Fasilitas Radiasi dan Zat Radioaktif
58. AERB *Atomic Energy Regulatory Board of India*
59. HS *Harmonized System*
60. AHTN menjadi *Asean Harmonized Tariff Nomenclature, Buku* BTKI *Tarif Kepabeanan Indonesia* 61. KUMHS Ketentuan Umum untuk Menginterpretasi *Harmonized System* (KUMHS)
62. AHTN *Asean Harmonised Tariff Nomenclature*
63. FTA *Free Trade Agreement*
64. BMAD Bea Masuk Anti Dumping
65. BMTP Bea Masuk Tindakan Pengamanan
66. SGCA *Strategic Goods Control Act*
67. INSW *Indonesia National Single Window*
68. ICAO *International Civil Aviation Organization*
69. IMDG Code *International Maritime Dangerous Good Code*
70. ADR *International Carriage of Dangerous Goods by Road*
71. RID *International Carriage of Dangerous Goods by Rail*
72. MOX *Mixed Oxide*
73. VSLW *Very Short Lived Waste*
74. VLLW *Very Low Level Waste*
75. LLW *Low Level Waste*
76. ILW *Intermediate Level Waste*
77. HLW *High Level Waste*
78. ITDB *Incident and Trafficking Database*
79. MORC *Material out of regulatory control*
80. BIN Badan Intelijen Negara Republik Indonesia
81. DJBC Direktorat Jenderal Bea dan Cukai
82. BSSN Badan Siber dan Sandi Negara
83. NWFZ *Nuclear Weapon Free Zone*
84. BPBD Badan Penanggulangan Bencana Daerah
85. OTDNN Organisasi Tanggap Darurat Nuklir Nasional
86. BMKG Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika
87. SKPD Satuan Kerja Perangkat Daerah
88. SYBAN *Syndicat Belge d'Assurances Nucleaires*
89. D.K.V.G *Deutsche Kernreaktor*

Versicherungsgemeinschaft

90. INIP *Indian Nuclear Insurance Pool*
91. TMI *Three Mile Island*
92. ANI *American Nuclear Insurance*
93. SDR *Special Drawing Rights*
94. JDIH Jaringan Data dan Informasi Hukum
95. PPID Pejabat Pengelola Informasi dan Dokumentasi
96. KAERI *Korea Atomic Energy Research Institute*
97. OJT *On Job Training*
98. KTUN Keputusan Tata Usaha Negara
99. RIA *Regulatory Impact Analysis*
100. ROCCIPI *Rule, Opportunity, Capacity, Communication, Interest, Process and Ideology*
101. PNBP Penerimaan negara bukan pajak
102. BPFK Balai Pengamanan Fasilitas Kesehatan
103. LPFK Loka Pengamanan Fasilitas Kesehatan
104. PDPL Pemantauan Dosis Personel dan Lingkungan
105. MPTN Majelis Pertimbangan Tenaga Nuklir
106. PSMA *Prostate Specific Membrane Antigen*
107. LKPP Lembaga Kebijakan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah
108. BGN Bahan Galian Nuklir
109. DHPB Dana Hasil Produksi Batubara
110. PLTG Pembangkit Listrik Tenaga Gas
111. LCoE *Levelized Cost of Energy*
112. PLTS Pembangkit Listrik Tenaga Surya
113. PLTB Pembangkit Listrik Tenaga Bayu
114. TKDN Tingkat Kandungan Dalam Negeri
115. GLOBOCAN *Global Burden of Cancer*
116. WHO Badan Kesehatan Dunia
117. IARC *International Agency for Research on Cancer*
118. CIRC *China Isotope and Radiation Corporation*
119. STM *Strategic Trade Management*
120. DGR *Deep Geologocal Repositories*
121. AR *At the Reactor*
122. AFR *Away from Reactor*
123. PPTI Program Pengembangan Teknologi Industri
124. NNWS *Non-Nuclear Weapon State*
125. TPNW Traktat Pelarangan Senjata Nuklir
126. LOCA *Loss of Coolant Accident*

127. OTDN	Organisasi Tanggap Darurat Nuklir
128. CNS	*Convention on Nuclear Safety*
129. CTBT	*Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty*
130. RUPBASAN	Rumah Penyimpanan Benda Sitaan Negara
131. KUHP	Kitab Undang-Undang Hukum Pidana
132. LFO	*Legal Financial Obligation*
133. Lartas	Larangan dan pembatasan
134. UU Sisnasiptek	Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2019 tentang Sistem Nasional Ilmu Pengetahuan dan Teknologi
135. PPATK	Pusat Pelaporan dan Analisis Transaksi Keuangan
136. AMDAL	Analisis Mengenai Dampak terhadap Lingkungan
137. HAKLI	Himpunan Ahli Kesehatan Lingkungan Indonesia
138. ICSANT	*International Convention on Suppression of Acts of Nuclear Terrorism*