

## BAB III

# Sistem Proteksi Fisik

Khairul & Teguh Asmoro

---

### A. Pendahuluan

International Atomic Energy Agency (IAEA) adalah badan dunia yang dibentuk oleh anggota Perserikatan Bangsa-bangsa (PBB) dengan misi utama mendorong penggunaan ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir untuk maksud damai dan kesejahteraan. IAEA memiliki tiga pilar utama dalam menjalankan misi tersebut, yaitu teknologi dan aplikasi nuklir (*nuclear technology and application*), garda aman dan verifikasi (*safeguard and verification*), dan keselamatan dan keamanan (*safety and security*). Ketiga pilar IAEA tersebut juga ditetapkan dalam rangka mendukung serta memperkuat rezim pelarangan senjata nuklir dan penyebarannya, atau lebih dikenal dengan rezim *non-proliferation*.

IAEA memiliki peran kunci dalam memastikan bahwa pengembangan tenaga nuklir di setiap negara anggota harus berlangsung secara efisien, selamat, aman dan bertanggungjawab,

---

Khairul & Teguh Asmoro\*

Purnabakti Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), e-mail: khairulk63@gmail.com

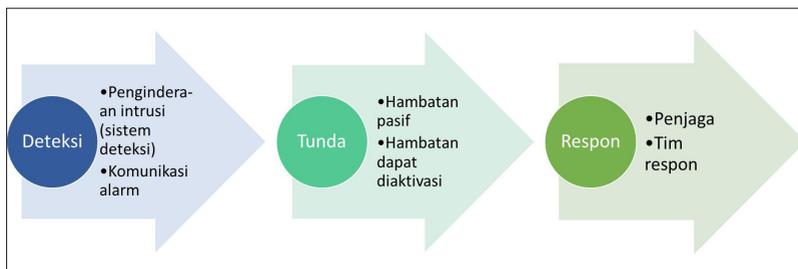
© 2023 Editor dan Penulis

Khairul & Asmoro. T. (2024). Sistem proteksi fisik. Dalam Antariksawan, A. R. (Ed.), *Memperkuat Keamanan Nuklir Untuk Meningkatkan Pemanfaatan Iptek Nuklir* (55–76). Penerbit BRIN. DOI: 10.55981/brin.760.c991, E-ISBN: 978-623-8372-75-1

serta berkelanjutan. Oleh karena itu, secara rutin IAEA melakukan pengawasan dan verifikasi ke setiap negara anggota IAEA. Selain itu, sebagai upaya IAEA dalam menjamin perlindungan terhadap bahan nuklir dan fasilitas nuklir yang terdapat di seluruh dunia, diperoleh kesepakatan bersama dari negara anggotanya untuk menyusun instrumen hukum internasional berupa Convention on the Physical Protection of Nuclear Material (CPPNM) yang telah diadopsi pada 26 Oktober 1979. CPPNM adalah instrumen hukum keamanan nuklir internasional yang mewajibkan setiap pemegang izin pengoperasian fasilitas nuklir, baik reaktor riset nuklir maupun reaktor daya (pembangkit listrik tenaga nuklir, PLTN) agar menerapkan sistem pengamanan nuklir atau lebih dikenal sebagai sistem proteksi fisik.

Sistem proteksi fisik (SPF) adalah seluruh tindakan yang dilakukan untuk melindungi instalasi dan bahan nuklir dari pemindahan secara tidak sah, sabotase, atau tindakan kejahatan lainnya. Dari keseluruhan tindakan tersebut, SPF terdiri atas tiga elemen, yaitu peralatan (*machine*), prosedur (*method*), dan manusia (*man*). SPF merupakan bagian utama dari keamanan nuklir, sedangkan keamanan nuklir lebih luas cakupannya dari SPF. Secara umum, fungsi utama SPF dapat dilihat pada Gambar 3.1.

- 1) Deteksi (*detection*), yaitu salah satu proses dalam SPF yang diawali dengan penginderaan potensi kejahatan atau tindakan tidak sah lainnya, baik oleh penjaga ataupun sistem elektronik hingga berfungsinya sistem alarm.
- 2) Penundaan (*delay*), yaitu salah satu proses dalam SPF yang ditujukan untuk memperlama waktu penetrasi penyusup atau pengganggu untuk masuk ke dalam dan/atau ke luar dari instalasi nuklir atau pengangkutan bahan nuklir. Di sisi lain, proses ini memberikan waktu bagi tim respons menghentikan musuh/ penyusup.
- 3) Respons (*responsse*), yaitu salah satu proses dalam SPF yang ditujukan untuk menghentikan (*interruption*) dan melumpuhkan (*neutralization*) musuh atau melawan upaya pemindahan bahan nuklir secara tidak sah atau tindakan sabotase.



**Gambar 3.1** Fungsi SPF

Seperti terlihat pada Gambar 3.1, fungsi SPF memiliki beberapa tahapan. Tahap awal sebelum ketiga tahapan tersebut ialah 1) upaya penangkalan (*deterrence*), seperti menempatkan petugas proteksi fisik yang gagah dan profesional di pos penjagaan serta pencahayaan yang cukup pada malam hari sehingga mengurangi potensi adanya kejahatan; dan upaya pencegahan (*prevention*) yang dapat dilakukan melalui pembentukan organisasi pengamanan, pelatihan petugas dan pengendalian akses, serta penerbitan pedoman-pedoman dan prosedur keamanan.

Upaya pencegahan tentu saja belum cukup. Untuk mengantisipasi kegagalan upaya pencegahan, fungsi deteksi harus disiapkan. Pada prinsipnya, deteksi dapat dilakukan menggunakan peralatan deteksi, sistem alarm, dan petugas pengamanan. Namun, terdapat kelemahan pada pemanfaatan faktor manusia, misalnya kelelahan. Ketika penyusup dapat menghindari deteksi, SPF harus disiapkan untuk menjalankan fungsi penundaan yang akan memperlambat langkah musuh setelah terdeteksi. Fungsi penundaan ini dapat dilakukan dengan memasang penghalang, baik pasif maupun aktif. Penundaan bersifat pasif dapat berupa sistem pemagaran, pos penjagaan, tembok bangunan, dan *vehicle barrier* yang berfungsi menahan serangan bom mobil. Penundaan aktif dapat berupa peralatan yang menggunakan elektronik dan akan bereaksi setelah mendeteksi musuh. Penundaan aktif ditempatkan dekat dengan target (lem, asap, busa). Tahap akhir dari fungsi SPF ialah respons oleh penjaga (*guards*) dan tim respons (*responsse force*) yang disiapkan khusus jika diperlukan. Penjaga, selain bertugas menjaga pintu akses juga memberikan respons

pertama terhadap adanya penyusup, di antaranya melalui komunikasi dengan pusat pengendali keamanan. Sementara itu, tim responss harus bergerak cepat untuk melumpuhkan penyusup atau penjahat yang memasuki kawasan keamanan nuklir. Baik penjaga maupun tim responss harus memiliki kualifikasi dan dilengkapi dengan peralatan yang sesuai untuk menjalankan tugas (IAEA, 2021).

Sesuai dengan semua fungsi tersebut, SPF pada hakikatnya adalah kumpulan dari peralatan, instalasi, personel, dan prosedur yang secara bersama-sama memberikan fungsi proteksi fisik seperti yang dijelaskan sebelumnya. Perlindungan terhadap bahan nuklir dan fasilitas nuklir harus dilakukan, baik pada saat bahan nuklir tersebut dalam penggunaan, pengangkutan, maupun saat penyimpanan akhir (berlaku istilah “*From the Cradle to the Grave*” atau dari awal produksi bahan nuklir sampai penyimpanan akhir). Bahkan, pertimbangan keamanan terhadap bahan dan fasilitas nuklir harus sudah diberikan sejak tahap desain suatu fasilitas atau kegiatan yang berkaitan dengan bahan nuklir. Hal ini dilakukan dengan mengkaji aspek ancaman yang mungkin timbul sehingga dapat diimplementasikan SPF yang tepat.

Indonesia menjadi negara anggota sejak didirikannya IAEA, yaitu tahun 1958, ditandai dengan diberlakukannya Undang-Undang Nomor 25 Tahun 1957 (UU No. 25, 1957). Sejalan dengan misi IAEA, pemanfaatan bahan nuklir dan secara umum ilmu pengetahuan dan teknologi (iptek) nuklir di Indonesia hanya dimaksudkan untuk tujuan damai dan kesejahteraan masyarakat. Untuk menegaskan komitmen tersebut, pemerintah Indonesia telah meratifikasi traktat internasional yang dikenal sebagai Non-Proliferation Treaty (NPT) ke dalam Undang-undang Nomor 8 Tahun 1978 (UU No. 8, 1978). Selain itu, pemerintah Indonesia juga telah meratifikasi konvensi proteksi fisik bahan nuklir (CPPNM) ke dalam Keputusan Presiden Nomor 49 Tahun 1986 (Kepres No. 49, 1986) dan Amandemennya (CPPNM/A) melalui Peraturan Presiden Nomor 46 Tahun 2009 (Perpres No. 46, 2009). Karena konvensi ini termasuk konvensi di bawah IAEA yang mengikat secara hukum (*legally binding*), pemerintah Indonesia berkewajiban melakukan persyaratan dalam konvensi tersebut. Terkait

dengan hal tersebut, Indonesia juga terbuka untuk menerima verifikasi dari IAEA atas semua pengelolaan bahan nuklir dan fasilitas nuklir, termasuk penerapan sistem proteksi fisiknya. Konvensi proteksi fisik merupakan salah satu perangkat hukum yang dapat mendukung terlaksananya traktat NPT agar pemanfaatan bahan nuklir hanya untuk tujuan damai. Konvensi proteksi fisik bertujuan untuk melindungi bahan nuklir dan fasilitas nuklir dari pencurian dan sabotase oleh kelompok yang tidak bertanggung jawab (*non-state actor*).

## B. Perkembangan dan Status Sistem Proteksi Fisik

Pada awalnya, di hampir semua negara, kegiatan proteksi fisik terhadap bahan nuklir tidak tertulis dan diatur secara jelas dalam dokumen peraturan yang berlaku di negara tersebut. Dokumen yang tertulis secara eksplisit dan mengatur secara khusus tentang proteksi fisik bahan dan fasilitas nuklir pertama kali diterbitkan oleh Amerika Serikat (AS), yaitu oleh United States Nuclear Regulatory Commission. Dengan judul *Part 73-Physical protection of plants and materials* (United States Nuclear Regulatory Commission. , t.t.).

Seperti diketahui, pada awal tahun 1970-an, akibat adanya peningkatan suhu politik akibat perang dingin antara AS dan Uni Soviet dan ketegangan regional, banyak terjadi peristiwa pembajakan pesawat terbang oleh kelompok-kelompok ekstrimis tertentu, bahkan terjadi sabotase terhadap objek-objek penting. Keadaan ini menimbulkan kekhawatiran yang luas pada dunia internasional bila hal ini terjadi pada instalasi nuklir. Sabotase pada instalasi nuklir, selain akan menimbulkan dampak yang serius bagi keselamatan masyarakat dan lingkungan juga menyebabkan jatuhnya penguasaan bahan nuklir dan zat radioaktif secara tidak sah ke tangan kelompok tertentu. Bahan nuklir dan zat radioaktif ini juga dapat dimanfaatkan oleh kelompok tersebut untuk pembuatan "bom kotor" (*dirty bomb*), bahan peledak nuklir, atau senjata pemusnah massal untuk pemerasan atau pemaksaan kehendak. Menyadari bahaya ini, pada tahun 1972, IAEA mengedarkan booklet yang bertajuk *Recommendations for the Physical Protection of Nuclear Material*. Pada tahun 1975, setelah

melalui revidi dan pembaruan, booklet tersebut dipublikasikan sebagai INFCIRC/225: *The Physical Protection of Nuclear Material* (Bufford, t.t.). Pada tahun 1975, setelah melalui revidi dan pembaruan, booklet tersebut dipublikasikan sebagai Information Circular No. 225 (INFCIRC/225): *The Physical Protection of Nuclear Material* (Bufford, t.t.).

Pada era perang dingin, tidak banyak terjadi perubahan pada rezim proteksi fisik global karena perhatian dunia internasional pada waktu itu lebih ditujukan pada penyelewengan penggunaan bahan nuklir oleh negara tertentu (*state actor*) untuk senjata pemusnah massal (*weapon mass destruction*), ketimbang oleh kelompok masyarakat (*subnational group/non-state actor*). Namun, setelah Uni Soviet runtuh, masalah keamanan bahan nuklir yang banyak tertumpuk di berbagai negara pecahan Uni Soviet banyak dipertanyakan. Hal ini disebabkan makin lemahnya pengawasan negara dan tidak jelasnya pertanggungjawaban terhadap bahan nuklir tersebut. Hal ini menimbulkan kekhawatiran internasional akan adanya penguasaan oleh pihak yang tak berkompeten terhadap bahan nuklir tersebut atau penyelundupan yang akhirnya jatuh pada kelompok teroris.

Peristiwa serangan teroris di Gedung World Trade Center, New York, AS pada tanggal 11 September 2001, membuat IAEA serta semua negara pemilik fasilitas nuklir atau reaktor nuklir terkejut dan khawatir. Setahun setelah peristiwa itu, IAEA menyusun rencana keamanan nuklir yang merupakan tonggak sejarah bagi peningkatan keamanan nuklir di setiap negara, termasuk penguatan sistem proteksi fisik bahan nuklir di sekitar tapak reaktor serta saat pengangkutan. Rencana keamanan nuklir menggambarkan usulan kegiatan keamanan nuklir IAEA yang menanggapi prioritas negara-negara anggota yang telah diungkapkan melalui keputusan dan resolusi dari badan pembuat kebijakan IAEA. Selanjutnya, IAEA bersama masyarakat dunia melakukan kajian terhadap potensi ancaman, lalu mengadakan pertemuan yang bertempat di markas besar IAEA di Wina, Austria. Pertemuan tersebut membahas serta menyepakati amandemen terhadap isi konvensi proteksi fisik bahan nuklir yang diadopsi tahun 1979, dan mengalami pembaruan beberapa kali (sebelum amandemen menjadi dokumen INFCIRC/225/Revisi 4), tidak hanya lingkup

keamanan bahan nuklir tetapi juga fasilitas nuklir. Setelah dilakukan perubahan, ada penambahan kata “Nuclear Facilities” pada nama konvensi sehingga menjadi Convention on the Physical Protection of Nuclear Material and Nuclear Facilities, Amendment (CPPNM/A) (IAEA, 2006) yang diadopsi pada 2005. Namun, baru pada bulan Mei 2016, CPPNM Amandemen (CPPNM/A) mulai berlaku. Penyempurnaan dalam amandemen memuat rincian unsur-unsur yang perlu diperhatikan dan dipertimbangkan dalam pembinaan sistem proteksi fisik nasional (*state's system of physical protection*).

Indonesia, sebagai negara pihak konvensi juga melakukan penyesuaian implementasi SPF di lapangan, seperti yang dilakukan oleh Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), agar memenuhi ketentuan baru yang termuat di CPPNM/A. Di sisi lain, Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) juga telah berupaya untuk merevisi aturan nasional terkait persyaratan SPF agar sesuai dengan CPPNM/A.

### C. Persyaratan Dasar Proteksi Fisik dan Peran Laea

Terdapat 12 prinsip dasar (*fundamental principles*) di dalam CPPNM/A yang wajib diimplementasikan oleh negara pihak konvensi tersebut mencakup Prinsip Dasar A hingga Prinsip Dasar L (IAEA, 2006). Tabel 3.1 merangkum kedua belas prinsip dasar proteksi fisik serta rangkuman isi prinsip dasar.

**Tabel 3.1.** Dua Belas Prinsip Dasar Proteksi Fisik

No.	Prinsip Dasar	Rangkuman Isi
1.	Prinsip Dasar A: Tanggung Jawab Negara	Negara bertanggung jawab terhadap penerapan proteksi fisik (keamanan nuklir) di masing-masing negara.
2.	Prinsip Dasar B: Tanggung Jawab Selama Pengangkutan Antarnegara (Internasional)	Negara bertanggung jawab terhadap keamanan bahan nuklir pada saat pengangkutan antarnegara hingga tanggung jawab berpindah tangan pada negara yang dituju.
3.	Prinsip Dasar C: Kerangka Legislatif dan Regulasi	Negara bertanggung jawab untuk membangun dan memelihara kerangka kerja legislatif dan regulasi untuk mengatur persyaratan proteksi fisik.

No.	Prinsip Dasar	Rangkuman Isi
4.	Prinsip Dasar D: Otoritas Berkompeten	Negara harus membentuk atau menunjuk otoritas berkompeten yang bertanggung jawab atas pelaksanaan kerangka legislatif dan regulasi serta fungsi pengawasan.
5.	Prinsip Dasar E: Tanggung Jawab Pemegang Izin	Tanggung jawab utama untuk pelaksanaan proteksi fisik bahan nuklir atau fasilitas nuklir berada pada Pemegang Izin (lisensi).
6.	Prinsip Dasar F: Budaya Keamanan	Pemegang Izin (lisensi) bahan nuklir dan proteksi fisik harus memprioritaskan budaya keamanan.
7.	Prinsip Dasar G: Ancaman	Penerapan sistem proteksi fisik harus mengacu pada ancaman dasar desain ( <i>design basis threat</i> ).
8.	Prinsip Dasar H: Pendekatan Bertingkat	Persyaratan proteksi fisik harus didasarkan pada pendekatan bertingkat ( <i>graded approach</i> ) dengan mempertimbangkan evaluasi terkini dari ancaman dan daya tarik bahan nuklir.
9.	Prinsip Dasar I: Pertahanan Berlapis	Persyaratan proteksi fisik harus mencerminkan konsep pertahanan berlapis ( <i>defense in depth</i> ), yaitu perlindungan terhadap bahan nuklir yang terdiri dari beberapa lapisan dan metode (struktural atau teknis lainnya, personel, dan organisasi) yang harus diatasi oleh musuh untuk mencapai bahan nuklir tersebut.
10.	Prinsip Dasar J: Jaminan Kualitas	Kebijakan penjaminan kualitas dan program penjaminan kualitas perlu ditetapkan dan dilaksanakan dengan maksud memberikan keyakinan persyaratan yang ditentukan untuk semua kegiatan yang penting untuk proteksi fisik telah terpenuhi.
11.	Prinsip Dasar K: Rencana Kontingensi	Rencana kontingensi (darurat) untuk menanggapi pemindahan bahan nuklir secara tidak sah atau sabotase fasilitas nuklir atau bahan nuklir, atau upayanya, harus disiapkan dan dilaksanakan dengan tepat oleh semua Pemegang Izin (lisensi) dan otoritas terkait.

No.	Prinsip Dasar	Rangkuman Isi
12.	Prinsip Dasar L: Kerahasiaan	Negara harus menetapkan persyaratan untuk melindungi kerahasiaan informasi dan pengungkapan yang tidak sah yang dapat membahayakan proteksi fisik bahan nuklir dan fasilitas nuklir.

Sumber: IAEA (2006)

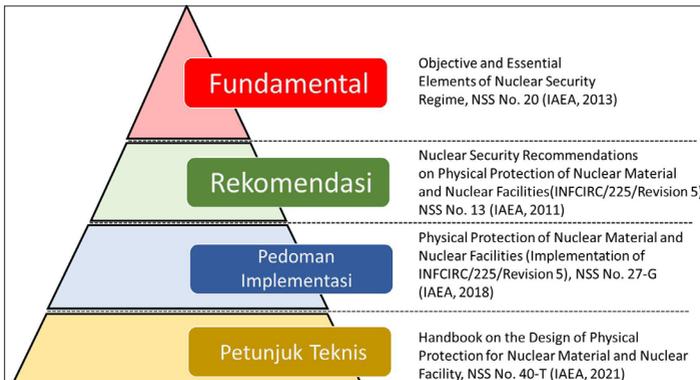
Kedua belas prinsip dasar proteksi fisik ini sangat berkaitan erat dengan kewajiban yang harus diterapkan oleh semua Negara Pihak dan/atau Pemegang Izin atau badan/perusahaan yang memiliki bahan nuklir atau fasilitas nuklir di masing-masing negara pihak konvensi, termasuk BATAN (sekarang Badan Riset dan Inovasi Nasional, BRIN) selaku operator/Pemegang Izin dalam kegiatan pemanfaatan teknologi nuklir dan bahan nuklir. Secara periodik, dengan pemberitahuan dan tanpa pemberitahuan (setahun sekali), badan pengawas (dalam hal ini BAPETEN dan IAEA), mengadakan pemeriksaan terhadap penerapan proteksi fisik, melakukan verifikasi terkait keberadaan dokumen rencana proteksi fisik, dokumen kontingensi berikut bukti kegiatannya, dan memeriksa laporan kegiatan penilaian risiko keamanan nuklir serta bukti kegiatannya.

Penerapan CPPNM/A harus didukung oleh semua pemangku kepentingan yang terkait dengan keamanan nuklir. Di Indonesia, terdapat beberapa pemangku kepentingan keamanan nuklir, antara lain, BATAN/BRIN selaku pemegang izin/operator, BAPETEN selaku badan pengawas/regulator, kepolisian negara, badan keamanan laut, bea dan cukai, badan intelijen negara, militer, serta instansi pemerintah lainnya yang terkait dengan kebijakan dalam membuat kerjasama internasional keamanan nuklir.

CPPNM/A merupakan satu-satunya instrumen legal dalam hal proteksi fisik yang bersifat mengikat secara hukum (*legally binding*). Untuk memberikan panduan penerapan prinsip dasar yang ada dalam CPPNM/A, IAEA menyusun dokumen turunan berupa rekomendasi atau pedoman implementasi yang menjadi bagian dari seri keamanan

nuklir (*Nuclear Security Series, NSS*) yang bersifat tidak mengikat (*non-legally binding*).

Sebagai catatan, NSS dipublikasikan secara resmi sejak tahun 2006. NSS dapat dibedakan atas dokumen yang bertingkat, mulai dari dokumen fundamental yang berisi tujuan dan elemen esensial keamanan nuklir, dilanjutkan dengan rekomendasi, pedoman implementasi, dan petunjuk teknis (IAEA, 2013). Negara anggota IAEA, terutama yang tengah mengembangkan program nuklirnya, mengadopsi NSS dengan memperhatikan tingkatan tersebut. Gambar 3.2 menunjukkan hierarki NSS yang disusun oleh IAEA dan contoh dokumen NSS hingga petunjuk teknis.



**Gambar 3.2** Hierarki NSS yang Disusun Oleh IAEA.

Agar penerapan sistem proteksi fisik memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan, IAEA memberikan layanan kepada negara anggotanya dalam bentuk program IAEA Nuclear Security Services, yaitu menyiapkan tim ahli yang tergabung ke dalam International Physical Protection Advisory Services (IPPAS) (IAEA, 2014). IPPAS dibentuk oleh IAEA pada tahun 1995. Tujuan IPPAS adalah memastikan apakah penerapan sistem proteksi fisik yang dilakukan oleh pemegang izin pemanfaatan teknologi nuklir di negara anggota sudah sesuai dengan prinsip dasar keamanan nuklir serta IAEA Nuclear Security Recommendation (IAEA, 2011).

IPPAS memiliki beberapa tugas, antara lain, melakukan evaluasi penerapan proteksi fisik yang dimulai dengan memeriksa regulasi terkait rezim keamanan nuklir nasional, termasuk proteksi fisik; dan melakukan evaluasi penerapan SPF di fasilitas nuklir yang dikelola oleh para pemegang izin/operator, seperti tiga reaktor riset nuklir yang dikelola oleh BATAN/BRIN.

Untuk membantu negara anggotanya dalam menerapkan keamanan nuklir, IAEA selanjutnya menyusun rencana keamanan nuklir yang disusun oleh IAEA setiap tiga tahun sekali. Hal ini bertujuan sebagai acuan bagi negara anggotanya dalam melindungi bahan nuklir dan fasilitas nuklir dari ancaman pencurian dan sabotase bahan nuklir. Bentuk bantuan keamanan nuklir yang disiapkan, tergabung di dalam dokumen IAEA–*Integrated Nuclear Security Support Plan* (INSSP). Rencana Dukungan Keamanan Nuklir Terpadu (INSSP) yang dikembangkan IAEA tahun 2009 bertujuan memfasilitasi permintaan negara anggotanya, dalam kerangka kerja yang sistematis dan komprehensif, untuk meninjau penerapan rezim keamanan nuklir anggotanya dan mengidentifikasi area yang perlu diperkuat. Rencana tersebut juga menyoroti bantuan apa pun yang diperlukan untuk mendukung pengembangan rezim keamanan nuklir yang efektif dan berkelanjutan di negara tersebut. Sejak tahun 2012 hingga sekarang, BATAN merupakan bagian dari tim INSSP Indonesia bersama BAPETEN yang berkontribusi dalam peningkatan sistem proteksi fisik, termasuk membangun kapasitas sumber daya manusia dalam hal keamanan nuklir.

#### **D. Implementasi Proteksi Fisik pada Kegiatan Nuklir BATAN**

Indonesia sebagai salah satu negara anggota IAEA, tentunya harus mematuhi penerapan keamanan nuklir dan proteksi fisik untuk menjamin pemanfaatan tenaga nuklir dalam keadaan selamat dan aman. Selain rekomendasi internasional, dalam penerapan sistem proteksi fisik juga didukung dengan peraturan dari badan pengawas tenaga nuklir nasional (dalam hal ini BAPETEN). Peraturan ini mewajibkan

setiap pemegang izin pemanfaatan tenaga nuklir untuk menerapkan sistem proteksi fisik bahan nuklir dan fasilitas nuklir selama penggunaan, pengangkutan, dan penyimpanan.

Indonesia mengoperasikan tiga reaktor riset nuklir sejak tahun 1965 hingga sekarang, yang dikelola oleh BATAN/BRIN. Ketiga reaktor tersebut, yaitu Reaktor Triga Mark II di Bandung, Reaktor Kartini di Yogyakarta dan Reaktor Serba Guna G.A. Siwabessy (RSG-GAS) di Serpong. Sesuai dengan konvensi proteksi fisik, serta mengacu pada Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 1 (2009) tentang Ketentuan Proteksi Fisik Bahan Nuklir dan Fasilitas Nuklir, ketiga reaktor riset milik BATAN ini wajib menerapkan sistem proteksi fisik dengan mengacu pada IAEA Recommendation (INFCIRC/225/Revisi 5).

Selain ketiga fasilitas nuklir utama berupa reaktor nuklir riset tersebut, BATAN mengelola beberapa kawasan nuklir yang berlokasi di Jakarta, Serpong, Bandung, dan Yogyakarta. Kawasan nuklir terbesar terletak di kawasan Pusat Penelitian Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (Puspiptek) Serpong, yang mencakup berbagai fasilitas nuklir dan fasilitas yang memanfaatkan bahan radioaktif, seperti RSG-GAS (30 MW termal), instalasi fabrikasi elemen bakar, laboratorium bahan bakar eksperimental dan laboratorium radiometalurgi, instalasi produksi radioisotop, instalasi pengelolaan limbah radioaktif dan Iradiator Gamma Merah Putih (IGMP). Keseluruhannya menempati area seluas 25 ha yang disebut dengan "daerah aktif" (dalam pagar kuning), sedangkan sarana pendukung (supporting facilities) terletak dalam area seluas 6 ha dan disebut daerah "tidak aktif".

Di instalasi nuklir tersebut, dikelola sejumlah bahan nuklir dan zat radioaktif yang memerlukan proteksi fisik (Perka BAPETEN No. 6, 2015). Selain itu, kegiatan di berbagai fasilitas di kawasan tersebut juga memerlukan sistem keselamatan, proteksi radiasi (*radiation protection*), dan penanggulangan kedaruratan nuklir (*emergency preparedness and response*). Berdasarkan hal tersebut, pada tahun 1987, disusunlah rancangan sistem keselamatan dan keamanan kegiatan nuklir BATAN di kawasan Puspiptek dengan memadukan sistem proteksi radiasi, keselamatan nuklir, dan penanggulangan kedaruratan nuklir. Ran-

cangan sistem ini disebut dengan Sistem Keselamatan dan Keamanan BATAN di kawasan Puspipstek, disingkat sebagai sistem BSS BATAN (*BATAN Safety and Security System*). BSS BATAN merupakan sistem terintegrasi yang memadukan berbagai sistem deteksi, alarm, kontrol akses di seluruh kawasan nuklir serpong, dan terkumpul di *central alarm system* (CAS), yang juga berfungsi sebagai Pusat Komando Pengendalian Kedaruratan (Puskodal). Selain untuk memenuhi persyaratan keselamatan dan keamanan nuklir internasional, tujuan pemasangan BSS BATAN ialah melindungi bahan nuklir dan instalasi nuklir dari bahaya atau gangguan, mendeteksi sedini mungkin adanya gangguan keamanan pada bahan nuklir, instalasi nuklir, bahaya radiasi dan bahaya kebakaran, serta bertindak mencegah dan menanggulangi kedaruratan. Keberadaan dan fungsi BSS BATAN beberapa kali mengalami pembaruan, termasuk memfokuskan fungsi BSS BATAN pada keamanan. Rekomendasi fungsi BSS BATAN agar fokus pada aspek keamanan yang berasal dari tim misi pakar IAEA-IPPAS pada tahun 2001. Alasannya adalah agar operator proteksi fisik di CAS fokus pada parameter keamanan sehingga tidak terganggu dengan parameter keselamatan. Parameter keselamatan menjadi tanggung jawab petugas keselamatan. Aspek sistem deteksi dan pengendalian akses serta CAS, beberapa kali mengalami peremajaan, terutama untuk menyesuaikan dengan peraturan terkini, termasuk perubahan yang menyesuaikan dengan INFCIRC/225/Revisi 5 dan peraturan nasional yang ditetapkan BAPETEN. Demikian pula dengan upaya dalam menyesuaikan rancangan dan penerapan SPF di setiap kawasan dan ketiga reaktor riset dengan persyaratan dan/atau peraturan terkini. Salah satu kriteria penting adalah penggolongan area proteksi fisik berdasarkan golongan bahan nuklir yang ada di dalam area tersebut. Penggolongan bahan nuklir ditunjukkan pada Tabel 3.2. Sesuai dengan golongan tersebut, SPF dirancang dan direncanakan agar memenuhi persyaratan yang berlaku.

**Tabel 3.2** Penggolongan Bahan Nuklir

Bahan	Uraian	Golongan			
		I	II	III	IV
Plutonium	Tidak teradiasi atau teradiasi dengan paparan $\leq 1$ Gy/jam pada jarak 1 m tidak terbungkus	$\geq 2$ kg	$500 \text{ g} < \text{Pu} < 2 \text{ kg}$	$15 \text{ g} < \text{Pu} < 500 \text{ g}$	$1 \text{ g} < \text{Pu} \leq 15 \text{ g}$
Uranium-235	Tidak teradiasi atau teradiasi dengan paparan $\leq 1$ Gy/jam pada jarak 1 m tidak terbungkus				
	• U diperkaya $\geq 20\%$ U-235	$\geq 5$ kg	$1 \text{ kg} < \text{U-235} < 5 \text{ kg}$	$15 \text{ g} < \text{U-235} < 1 \text{ kg}$	$1 \text{ g} < \text{U-235} < 15 \text{ g}$
	• U diperkaya $10\% - 20\%$ U-235	-	$\geq 10 \text{ kg}$	$1 \text{ kg} < \text{U-235} < 10 \text{ kg}$	$1 \text{ g} < \text{U-235} < 1 \text{ kg}$
	• U diperkaya di atas U alam tapi di bawah $10\%$	-	-	$\geq 10 \text{ kg}$	$1 \text{ g} < \text{U-235} < 10 \text{ kg}$
Uranium-233	Tidak teradiasi atau teradiasi dengan paparan $\leq 1$ Gy/jam pada jarak 1 m tidak terbungkus	$\geq 2$ kg	$500 \text{ g} < \text{U-233} < 2 \text{ kg}$	$15 \text{ g} < \text{U-233} < 500 \text{ g}$	$1 \text{ g} < \text{U-233} \leq 15 \text{ g}$
U-alam, U-depleksi, Th dan limbah bahan nuklir	Tidak teradiasi atau teradiasi dengan paparan $\leq 1$ Gy/jam pada jarak 1 m tidak terbungkus	-	-	$\geq 500 \text{ kg}$	$1 \text{ kg} < \text{U/Th} < 500 \text{ kg}$

Bahan	Uraian	Golongan			
		I	II	III	IV
Bahan bakar teradiasi	• Untuk pengangkutan	-	- tidak dibatasi jumlahnya	-	-
	• Untuk penyimpanan/ penggunaan	-	-	• tidak dibatasi jumlahnya	-

Keterangan: U: uranium; Pu: plutonium; Th: thorium

Sumber: Perka BAPETEN No. 1 (2009)

Selain untuk bahan nuklir, penggolongan juga dilakukan untuk sumber radioaktif (zat radioaktif berbentuk padat yang terbungkus secara permanen dalam kapsul yang terikat kuat) (Perka BAPETEN No. 6, 2015). Sesuai dengan golongan sumber radioaktif, didefinisikan tingkat keamanan yang bersesuaian dengan golongan. Berdasarkan penggolongan bahan nuklir seperti dalam Tabel 3.2, sebagai contoh, di Kawasan Nuklir Serpong (KNS), BATAN/BRIN mengelola bahan nuklir golongan II dan III.

Selanjutnya, Perka BAPETEN No. 1 (2009) mengatur area proteksi fisik ke dalam daerah proteksi, daerah vital dan daerah dalam. Daerah proteksi (*protected area*) adalah lokasi tempat bahan nuklir golongan I atau II berada, dan/atau daerah vital yang dikelilingi penghalang fisik. Gambar 3.3 memperlihatkan contoh penghalang fisik berupa pagar, beton yang dapat dipindah (juga berfungsi sebagai penunda), dan kontrol akses. Daerah dalam (*inner area*) adalah suatu lokasi yang terdapat di dalam daerah proteksi, tempat bahan nuklir golongan I digunakan dan/atau disimpan. Daerah vital adalah daerah di mana terdapat peralatan sangat sensitif, yang bila terjadi tindakan sabotase, akan terjadi pelepasan radionuklida atau sumber radioaktif ke lingkungan. Oleh sebab itu, penerapan SPF di daerah tersebut sangat penting. Sementara itu, di NSS No. 27-G (IAEA, 2018) terdapat kategori daerah akses terbatas (*limited access area*), yaitu daerah yang melingkupi fasilitas nuklir dan bahan nuklir dengan akses yang

dibatasi dan dikendalikan untuk tujuan proteksi fisik. Bahan nuklir golongan III dapat diletakkan di daerah akses terbatas.

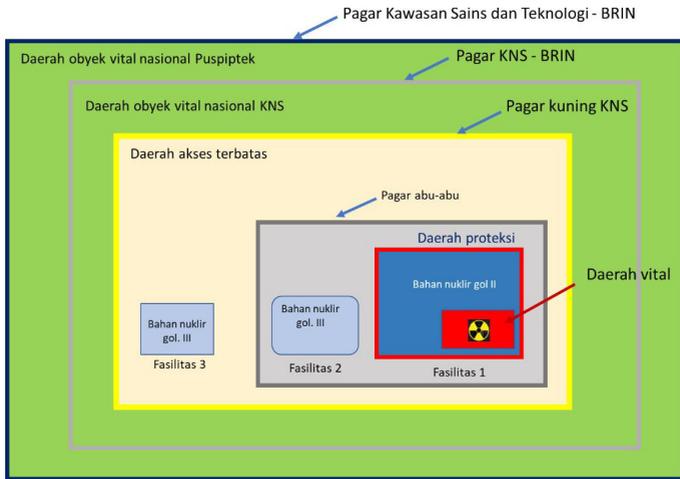


Keterangan: (a) pagar, (b) beton yang dapat dipindah, dan (c) pintu kendali akses  
Foto: Dokumentasi BATAN (2014)

**Gambar 3.3** Penghalang Fisik yang Digunakan di BATAN, Puspipstek.

Selain itu, kebijakan pengamanan objek penting milik pemerintah dikenal dengan objek vital nasional (obvitnas) (Keppres No. 63, 2004). Pengamanan obvitnas akan mendapat dukungan dari Kepolisian Republik Indonesia. Mengacu pada Keppres No. 63 (2004) tersebut, Menteri Riset dan Teknologi memutuskan Puspipstek sebagai obvitnas (Kepmen No. 112, 2004). Sementara itu, Kepala BATAN juga memutuskan bahwa KNS merupakan salah satu obvitnas (Perka BATAN No. 174, 2015).

Berdasarkan ketentuan tersebut, sebagai contoh alternatif pengamanan dan penerapan daerah proteksi fisik di KNS dengan beberapa fasilitas nuklir di dalamnya, digambarkan pada Gambar 3.4. Dalam Gambar 3.4, pagar abu-abu sebagai pembatas fisik yang menunjukkan di dalamnya terdapat daerah proteksi.



**Gambar 3.4** Alternatif Skema Pembagian Daerah Proteksi Fisik di KNS

Terkait dengan rencana SPF yang disinggung di atas, sesuai Perka BAPETEN No. 1 (2009), BATAN wajib menyiapkan dokumen rencana proteksi fisik yang mencakup informasi tentang

- 1) ancaman dasar desain,
- 2) organisasi dan personel sistem proteksi fisik,
- 3) penggolongan bahan nuklir,
- 4) prosedur terkait proteksi fisik,
- 5) desain dan pembagian daerah proteksi fisik,
- 6) sistem deteksi,
- 7) sistem penghalang fisik,
- 8) sistem akses yang diperlukan,
- 9) sistem komunikasi,
- 10) perawatan dan surveilans,
- 11) rencana kontingensi, dan
- 12) dokumentasi.

Penerapan semua kegiatan yang terdapat di dalam dokumen rencana proteksi fisik, dievaluasi oleh BAPETEN secara periodik setahun sekali. Oleh sebab itu, petugas keamanan nuklir atau petugas proteksi fisik wajib mengikuti pelatihan kompetensi keamanan nuklir.

Dari aspek personel, BATAN harus dapat memastikan bahwa operator reaktor atau pegawai yang bekerja di daerah proteksi, tergolong pegawai yang sudah dapat dipercaya (*trustworthiness*), seperti yang direkomendasikan oleh IAEA (2011). Hal ini diperlukan dalam upaya mencegah adanya ancaman dari dalam (*insider threat*) atau pegawai yang tidak loyal pada kebijakan organisasi. Terkait dengan hak tersebut, setiap pemegang izin wajib melaksanakan Program Keandalan Manusia (PKM) khususnya bagi pegawai yang bekerja di daerah vital, yang di dalamnya terdapat bahan nuklir atau pegawai yang punya akses ke informasi keamanan yang sensitif (PP No. 54, 2012).

Perka BAPETEN No. 1 (2009) juga mensyaratkan adanya evaluasi SPF secara reguler untuk mengantisipasi perubahan ancaman atau kerentanan (*vulnerability*) dari SPF yang ada. Terkait dengan hal tersebut, selama ini BATAN telah menerapkan beberapa metode untuk mengevaluasi SPF, yang semuanya wajib dilakukan dengan mengacu pada aturan yang sudah ditetapkan. Pelaksanaan evaluasi SPF sangat penting dilakukan agar ditemukan titik terlemah dalam penerapan SPF. Dengan demikian, petugas proteksi fisik dapat memberikan rekomendasi usulan kepada manajemen proteksi fisik untuk melakukan peningkatan elemen proteksi fisik melalui tahapan redesain SPF.

Petugas unit pengamanan nuklir melakukan evaluasi proteksi fisik yang mengacu pada latihan *performance testing* dan latihan kontingensi. Hasil yang diperoleh dari kedua kegiatan tersebut dianalisis oleh tim proteksi fisik yang kesimpulannya diperlukan sebagai bahan laporan evaluasi proteksi fisik (Garcia, 2005). Apabila diperoleh hasil *probability effectiveness* (PE) rendah, dilakukan redesain. Kegiatan evaluasi dilakukan dengan menggunakan perangkat dari Standar BATAN-SB 009.1 Tahun 2016 tentang Penilaian Risiko Keamanan (BATAN, 2016). Metode analisis dan evaluasi proteksi fisik yang digunakan, yaitu perangkat lunak *aplikasi Multi Path Estimate Advisory Sequence Interruption* (MPEASI) yang diterbitkan oleh Sandia National Laboratory (SNL)/U.S. Department of Energy (U.S. DOE). Secara keseluruhan, kegiatan evaluasi proteksi fisik mencakup evaluasi

terhadap dokumen ancaman dasar desain, dokumen rencana proteksi fisik, rencana kontingensi, *standard operating procedure* (SOP), kelengkapan peralatan proteksi fisik, dan sumber daya manusia (SDM). Selain itu, evaluasi sistem proteksi fisik mengacu pada laporan hasil inspeksi (LHI) BAPETEN serta dalam peraturan tambahan (*additional protocol*) yang disepakati antara pemerintah Indonesia dengan IAEA.

Untuk mendukung tujuan keamanan nuklir supaya efektif, yang dimulai dari penerapan proteksi fisik di lapangan dengan memanfaatkan perangkat keras/proteksi fisik juga perlu diperhatikan peran dari keberadaan faktor manusia. Budaya keamanan yang didukung oleh manajemen, pimpinan dan, personel adalah faktor kunci dari keberhasilan penerapan sistem proteksi fisik. Tanpa kerja sama yang baik di antara ketiga pilar budaya keamanan tersebut maka sulit memperoleh hasil yang maksimal berupa keamanan nuklir yang efektif (IAEA, 2008).

Penilaian terhadap SPF di Indonesia, khususnya di BATAN, juga telah dilakukan oleh IAEA melalui IPPAS Mission. Selama ini, Indonesia telah menerima 3 (tiga) kali IPPAS Mission, yang dimulai tahun 2001, misi tindak lanjut IPPAS tahun 2007 dan 2014. Hasil IPPAS Mission selama ini menunjukkan bahwa SPF yang ada di BATAN tergolong baik. Namun, IPPAS Mission juga memberikan banyak rekomendasi untuk peningkatan efektivitas SPF yang ada.

## E. Penutup

Konvensi proteksi fisik yang merupakan konvensi internasional bersifat wajib bagi Indonesia. Negara bertanggung jawab terhadap penerapan, perawatan, dan evaluasi proteksi fisik. Konvensi proteksi fisik diratifikasi oleh pemerintah Indonesia sebagai infrastruktur legal dalam mengamankan bahan nuklir dan fasilitas nuklir. Selain itu, terdapat rekomendasi yang disiapkan oleh IAEA sebagai acuan bagi negara dalam menerapkan sistem proteksi fisik. Rekomendasi atau pedoman seri keamanan nuklir yang dikeluarkan oleh IAEA merupakan aturan yang tidak mengikat, tetapi rekomendasi dan pedoman tersebut telah diacu oleh BAPETEN sebagai peraturan yang wajib diikuti oleh semua Pemegang Izin bahan nuklir dan fasilitas nuklir.

Sebagai instansi yang memanfaatkan tenaga nuklir dan mengelola bahan nuklir, diwajibkan penerapan sistem proteksi fisik. Desain sistem proteksi fisik harus mengacu kepada ancaman dasar desain, karakteristik fasilitas, identifikasi target/bahan nuklir, serta persyaratan peraturan dan regulasi.

Pada pertengahan tahun 2021, pemerintah membentuk organisasi baru yang diberi nama BRIN (Perpres No. 78, 2021). Organisasi ini telah mengintegrasikan beberapa lembaga penelitian non kementerian (LPNK), termasuk BATAN dan organisasi riset lainnya. Sejak itu, pengelolaan reaktor riset nuklir dan fasilitas ketenaganukliran lainnya, yang sebelumnya berada di bawah BATAN, menjadi tanggung jawab BRIN, termasuk tanggung jawab mengimplementasikan sistem proteksi fisik. Perubahan organisasi dan proses bisnis harus tidak mengganggu atau berakibat melemahkan SPF dan keamanan nuklir pada umumnya terhadap seluruh bahan dan fasilitas nuklir yang ada.

## Daftar Referensi

- Badan Tenaga Nuklir Nasional. (2016). Penilaian Risiko Keamanan Nuklir. Standar BATAN-SB 009.1.
- Bufford, J. (t.t.) *Convention on the physical protection of nuclear material and the 2005 amendment: Past, present, and future*. Diakses pada 13 Juli, 2022, dari <https://www.nti.org/wp-content/uploads/2022/01/01.-History-and-Development-of-CPPNM-and-A.pdf>
- Garcia, M. L. (2005). *Vulnerability assessment of physical protection system*. Elsevier-Butterworth-Heinemann.
- International Atomic Energy Agency. (2006). Amendment to the convention on the physical protection of nuclear material. *IAEA International Law Series No. 2*. <https://www.iaea.org/publications/7598/amendment-to-the-convention-on-the-physical-protection-of-nuclear-material>
- International Atomic Energy Agency. (2008). Nuclear security culture: Implementing guide. *IAEA Nuclear Security Series No. 7*. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1347\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1347_web.pdf)
- International Atomic Energy Agency. (2011). Nuclear security recommendations on physical protection of nuclear material and facilities (INFCIRC/225/Revision 5). *IAEA Nuclear Security Series No. 13*. <https://www.iaea.org/publications/8629/nuclear-security->

- recommendations-on-physical-protection-of-nuclear-material-and-nuclear-facilities-infcirc225revision-5
- International Atomic Energy Agency. (2013). Objective and essential elements of a state's nuclear security regime. IAEA Nuclear Security Series No. 20. <https://www.iaea.org/publications/10353/objective-and-essential-elements-of-a-states-nuclear-security-regime>
- International Atomic Energy Agency. (2014). International Physical Protection Advisory Service (IPPAS) guidelines. *Services Series No. 29*. <https://www.iaea.org/publications/10772/international-physical-protection-advisory-service-ippas-guidelines>
- International Atomic Energy Agency. (2018). Physical protection of nuclear material and nuclear facilities (Implementation of INFCIRC/225/Revision 5). *IAEA Nuclear Security Series No. 27-G*. <https://www.iaea.org/publications/11092/physical-protection-of-nuclear-material-and-nuclear-facilities-implementation-of-infcirc225revision-5>
- International Atomic Energy Agency. (2021). Handbook on the design of physical protection systems for nuclear material and nuclear facilities. *IAEA Nuclear Security Series No. 40-T*. <https://www.iaea.org/publications/13459/handbook-on-the-design-of-physical-protection-systems-for-nuclear-material-and-nuclear-facilities>
- Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 63 Tahun 2004 tentang Pengamanan Obyek Vital Nasional. (2004). <https://peraturan.bpk.go.id/Details/55738/keppres-no-63-tahun-2004>
- Keputusan Menteri Riset dan Teknologi Nomor 112/M/Kp/IX/2004 tentang Obyek Vital Nasional Kementerian Riset dan Teknologi. (2004).
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 78 Tahun 2021 tentang Badan Riset dan Inovasi Nasional (2021). <https://peraturan.bpk.go.id/Details/178084/perpres-no-78-tahun-2021>
- Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 1 Tahun 2009 tentang Ketentuan Sistem Proteksi Fisik Instalasi dan Bahan Nuklir. (2009). <https://jdih.bapeten.go.id/id/dokumen/peraturan/peraturan-kepala-badan-pengawas-tenaga-nuklir-nomor-1-tahun-2009-tentang-ketentuan-sistem-proteksi-fisik-instalasi-dan-bahan-nuklir>
- Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 6 Tahun 2015 tentang Keamanan Sumber Radioaktif. (2015). <https://jdih.bapeten.go.id/id/dokumen/peraturan/peraturan-kepala-badan-no-6-tahun-2015-tahun-2015-tentang-keamanan-sumber-radioaktif>
- Peraturan Kepala Badan Tenaga Nuklir Nasional Nomor 174/KA/VIII/2015 tentang Obyek Vital Nasional Badan Tenaga Nuklir Nasional. (2015).

- Peraturan Pemerintah Nomor 54 Tahun 2012 tentang Keselamatan dan Keamanan Instalasi Nuklir. (2012). <https://jdih.bapeten.go.id/id/dokumen/peraturan/peraturan-pemerintah-nomor-54-tahun-2012-tentang-keselamatan-dan-keamanan-instalasi-nuklir>
- United States Nuclear Regulatory Commission. (t.t.). *Part 73-Physical protection of plants and materials*. Diakses pada 12 Juli, 2022, dari <https://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/cfr/part073/full-text.html>
- Undang-undang Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 1978 tentang Pengesahan Perjanjian mengenai Pencegahan Penyebaran Senjata-senjata Nuklir. (1978). <https://jdih.bapeten.go.id/id/dokumen/peraturan/undang-undang-nomor-8-tahun-1978-tentang-pengesahan-perjanjian-mengenai-pencegahan-penyebaran-senjata-senjata-nuklir>
- Undang-undang Republik Indonesia Nomor 25 Tahun 1957 tentang Persetujuan Negara Republik Indonesia Terhadap Anggaran Dasar dari Badan Tenaga Atom Internasional (1957). <https://peraturan.bpk.go.id/Details/52452/uu-no-25-tahun-1957>