

ASPEK INFCIRC/ 225/ REVISI 5 DALAM PENGOPERASIAN REAKTOR PENELITIAN

Endang Susilowati
Pusat Reaktor Serba Guna – BATAN
Email : endang@batan.go.id

ABSTRAK

ASPEK INFCIRC/ 225/ REVISI 5 DALAM PENGOPERASIAN REAKTOR PENELITIAN. Tidak seperti reaktor daya yang dibangun untuk satu tujuan yaitu pembangkitan energi listrik, reaktor penelitian dibangun untuk berbagai macam tujuan. Perbedaan lainnya adalah bahwa reaktor penelitian mempunyai daya lebih rendah, akses lebih mudah dan dengan fitur keselamatan yang dipercaya tidak sekokoh fitur keselamatan pada reaktor daya. Meskipun demikian reaktor penelitian mempunyai pengayaan bahan bakar lebih tinggi dari pengayaan bahan bakar pada reaktor daya. Fenomena ini ditinjau dari sisi keamanan bahan dan fasilitas nuklir akan menguntungkan pelaku tindak kriminal/ *adversary* dalam melaksanakan aksi ilegalnya untuk mencuri bahan nuklir atau sabotase. Makalah ini mengenalkan secara umum karakteristik reaktor penelitian yang seringkali tidak mendukung atau menjadi ganjalan dalam merancang dan melaksanakan proteksi fisik sebagai yang direkomendasikan di dalam INFCIRC/225 / Revisi 5. INFCIRC/225/ Revisi 5 adalah dokumen terkini IAEA yang merekomendasikan ketentuan proteksi fisik yang perlu dilaksanakan baik oleh badan pengawas maupun oleh operator fasilitas. Pembahasan dilakukan dengan mengamati fitur proteksi fisik reaktor penelitian dilanjutkan dengan memahami tujuan, prinsip dasar dan persyaratan proteksi fisik guna mngembangkan sistem proteksi fisik yang andal dan efektif. Dari hasil bahasan disimpulkan bahwa pelaksanaan rekomendasi INFCIRC /225/ Revisi 5 pada pengoperasi reaktor penelitian tidak seragam tergantung kepada jenis, tujuan dan kondisi fisik masi ng-masing reaktor.

Kata kunci: reaktor penelitian, keamanan bahan nuklir, pencurian

ABSTRACT

ASPECT OF INFCIRC / 225/ REVISION 5 TO AN RESEARCH REACTOR OPERATION. Unlike to an power reactor constructed for one purpose of developing electrical energy, research reactor constructed for many purposes. Other differences are research reactor generates thermal power less than that of power reactor, user friendly access. It is deemed that its safety features does not as strong as safety features of power reactor. Eventhough, research reactor having fuel enrichment higher than that of power reactor. In the light of nuclear security concern, this phenomena will alleviate criminal adversary to conduct illegal action to steal nuclear materials and sabotage. This paper introduce research reactor characteristic associate to nuclear security system as recommended in INFCIRC/225/ Revision 5. INFCIRC/225/ Revision 5 is the latest IAEA document concerning physical protection measures havobserve to be carried out by competent authority and by facility

operator. Discussion is carried out through learning and observing of research reactor features followed by understanding of objective, fundamental principles and physical protection requirement in order to develop reliable and effective physical protection system. It is then can be concluded that compliance of INFCIRC/225/ Revision 5 need diverse measure depending on type, purpose and physical condition of each research reactor.

Key words: research reactor, nuclear material security, sabotage.

PENDAHULUAN

Reaktor penelitian dirancang dan dibangun untuk memenuhi tujuan tertentu atau reaktor penelitian dirancang dan dibangun untuk memenuhi berbagai macam tujuan, penelitian, produksi isotop, uji sifat bahan, keperluan industri dsb. Sehingga disain reaktor penelitian dioptimalkan agar tujuan operasi dan utilisasi tercapai dengan efektif dan efisien. Biasanya disekitar tapak reaktor penelitian terdapat juga *co-located facilities* meliputi fasilitas produksi isotop, fasilitas pengembangan elemen bakar, fasilitas penyimpanan elemen bakar bekas, instalasi penyimpanan limbah aktivitas sedang dan rendah, yang biasanya mempunyai sistem proteksi fisik gabungan. Beberapa perbedaan yang muncul berkenaan dengan reaktor penelitian adalah perbedaan disain, tingkat daya dan pengkayaan bahan bakar. Sementara itu kondisi penuaan dimana 70% dari reaktor penelitian yang ada didunia telah beroperasi kurang lebih 30 tahun, dimungkinkan bahwa diantara mereka dibangun tanpa memperhatikan aspek keamanan. Kesemua faktor tersebut termasuk utilisasi berpengaruh terhadap tindakan pengamanan bahan dan fasilitas nuklir.

Dikarenakan daya reaktor penelitian lebih rendah dari reaktor daya, inventori zat radioaktif yang terkungkung dalam bahan bakar lebih sedikit dari reaktor daya, dipercaya bahwa fitur keselamatan reaktor penelitian tidak sekokoh fitur keselamatan reaktor daya. Ditinjau dari sisi keamanan bahan dan fasilitas nuklir, kondisi seperti ini akan menguntungkan pelaku tindak kriminal / *adversary* dalam melaksanakan aksi

ilegalnya untuk mencuri bahan nuklir atau sabotase. Demikian juga akses masuk ke gedung reaktor tidak seketat reaktor daya mengingat berbagai macam profesi terlibat dalam pengoperasian reaktor, selain operator reaktor mereka diantaranya adalah kontraktor, *scientists*, serta pengunjung. Ketertarikan lainnya bagi *adversary* adalah bahwa bahan bakar uranium yang digunakan untuk pengoperasian reaktor mempunyai pengayaan lebih tinggi dari pada pengayaan bahan bakar uranium pada reaktor daya. Pada reaktor daya pengayaan paling tinggi sekitar 5% ^{235}U , sedangkan pengayaan bahan bakar uranium pada reaktor penelitian adalah sekitar 20% ^{235}U .

Bertitik tolak dari berbagai perbedaan kondisi dan kepentingan tersebut diatas, mengembangkan rezim keamanan nuklir untuk reaktor penelitian adalah suatu tantangan. Makalah ini mengenalkan secara umum karakteristik reaktor penelitian terkait dengan disain sistem keamanan nuklir sebagai yang direkomendasikan di dalam INFCIRC/225 Revisi 5. INFCIRC/225 Revisi 5 adalah dokumen terkini IAEA yang merekomendasikan ketentuan proteksi fisik yang perlu dilaksanakan baik oleh badan pengawas maupun oleh operator fasilitas^[1]. Lingkup yang dibahas meliputi fitur proteksi fisik reaktor penelitian dilanjutkan dengan memahami tujuan, prinsip dasar, persyaratan dan tantangan rezim proteksi fisik dalam mengembangkan sistem proteksi fisik yang andal dan efektif sehingga tujuan proteksi fisik dapat dicapai.

KARAKTERISTIK REAKTOR PENELITIAN

Beberapa puluh tahun yang lalu, kebanyakan reaktor penelitian dirancang dan dibangun tanpa memperhatikan faktor keselamatan. Disain reaktor penelitian biasanya hanya memperhatikan tujuan spesifik berkenaan dengan pemanfaatan/ utilisasi reaktor dan faktor yang melemahkan sistem keamanan *inherently* ada di dalam disain, sehingga untuk melaksanakan tindakan keamanan diperlukan tambahan dan atau modifikasi terhadap komponen keamanan yang telah tersedia.

Jenis-jenis reaktor penelitian meliputi:

- Fasilitas kekritisan
- Reaktor khusus untuk penelitian, biasanya berlokasi di Perguruan Tinggi
- Reaktor Produksi Isotop
- Reaktor Uji Materi
- Reaktor dengan fungsi multi guna/ multi purpose

Sebagaimana ketentuan di semua instalasi nuklir bahwa akses ke instalasi harus dibatasi dan dikendalikan. Akses ke reaktor penelitian sedikit lebih longgar dibanding akses ke instalasi reaktor daya, dikarenakan fitur reaktor penelitian yang berinteraksi dengan banyak jenis pemangku kepentingan dan membutuhkan *user friendly access*^[1]. Mereka diantaranya adalah *scientists*, mahasiswa, kontraktor, badan pengawas, orang asing, yang terus menerus membutuhkan akses ke reaktor. Keterbukaan dan tukar

menukar informasi adalah budaya dari para peneliti.

Pada umumnya peralatan untuk mengoperasikan reaktor mudah diakses diantaranya adalah unit pemuatan dan pembongkaran bahan bakar ke/ dari teras reaktor yang terdiri dari alat *handling tool, crane, forklift* dsb. Peralatan ini dapat dimanfaatkan oleh *adversary* dalam melaksanakan aksi ilegalnya. Demikian juga jendela kaca di ruang kendali utama yang berfungsi untuk memantau balai operasi reaktor

Target bahan nuklir untuk reaktor penelitian adalah bahan bakar segar yang disimpan di gudang bahan bakar segar, bahan bakar yang berada di teras reaktor dan bahan bakar bekas yang berada di kolam penyimpanan bahan bakar bekas. Pada reaktor penelitian tipe kolam, bahan bakar di teras dan bahan bakar di kolam penyimpan mudah diakses. Ditinjau dari aspek keamanan fenomena ini menguntungkan bagi *adversary* untuk melakukan tindak kriminal.

Menginvestigasi fitur reaktor penelitian yang berpengaruh terhadap sistem proteksi fisik dapat ditinjau dari kondisi fisik, operasi fasilitas, kebijakan dan prosedur fasilitas, kondisi kungkungan dan keselamatan serta budaya keamanan^[2]. Kondisi fisik terkait dengan :

- *site boundary* terkait dengan pemagaran, *barrier*, kondisi lingkungan, kepadatan penduduk disekitar fasilitas dipantau untuk mengantisipasi akibat aksi ilegal yang menyebabkan pelepasan zat radioaktif ke lingkungan,
- struktur gedung memperhatikan tentang kekuatan dinding, pintu,

- jendela, atap dan pintu masuk, elevasi, data fasilitas terkait dengan lokasi bahan nuklir, jumlah, jenis dan bentuk, pengayaan,
- fitur keselamatan terkait dengan *shielding*, pencegahan kekritisasi, pendinginan, kungkungan, pencegahan kebakaran, fitur fasilitas yang mungkin dapat berfungsi sebagai elemen SPF

Operasi fasilitas terkait dengan

- Kegiatan operasi
 - tujuan pemanfaatan reaktor apakah reaktor untuk penelitian, untuk produksi isotop, untuk hamburan neutron. Karakteristik fasilitas dapat dicari dari sumber/ dokumentasi, gambar *blue print*, observasi, menanyakan kepada senior ahli.
 - kondisi operasi, durasi dan frekwensi pengoperasian beraturan dengan pergantian operator / shift, pengendalian akses
- Lokasi dan pergerakan bahan nuklir di dalam fasilitas, frekuensi penerimaan dan pengiriman bahan nuklir, mekanisme pelacakan bahan nuklir. Pada umumnya manajemen tidak mempunyai prosedur keamanan yang baku untuk mengelola pergerakan bahan nuklir

Kebijakan dan prosedur fasilitas meliputi kebijakan tertulis dan penerapan kebijakan yang tidak tertulis, dokumen pengoperasian dan pengendalian operasi reaktor dsb.

Penerapan budaya keamanan secara utuh didalam keseluruhan siklus bahan nuklir dipandang sesuatu yang baru dibanding dengan budaya keselamatan

yang penerapannya telah dilaksanakan semenjak teknologi nuklir berkembang.

TANTANGAN KEAMANAN NUKLIR PADA REAKTOR PENELITIAN


Sebagai yang direkomendasikan oleh IAEA dan tertuang didalam dokumen INFCIRC/ 225/ Revisi 5, Fundamental Principle E, pemegang ijin atau/ operator perlu menerapkan sistem keamanan nuklir pada keseluruhan siklus bahan nuklir terutama fasilitas yang memanfaatkan dan menyimpan bahan nuklir. Pengaruh kondisi tapak dan lingkungan, infrastruktur lokal/ setempat, tata letak fasilitas akan berpengaruh terhadap pelaksanaan sistem keamanan yang efektif. Reaktor penelitian yang pada umumnya berlokasi tidak terlalu jauh dari pemukiman penduduk dan dibangun pada tapak nuklir bersama-sama dengan fasilitas nuklir lainnya (*co-location facilities*) membutuhkan pendekatan yang tepat. Tindak kriminal/ sabotase terhadap reaktor nuklir pada tingkat yang terparah dapat menyebabkan terlepasnya zat radioaktif ke lingkungan. Oleh karena itu sistem keamanan bersama-sama dengan sistem keselamatan harus mampu mencegahnya.

Keamanan bahan dan fasilitas nuklir pada reaktor penelitian perlu dikelola pada tingkatan risiko sesuai dengan potensi risiko (*graded approach*) apabila pencurian bahan nuklir atau sabotase bahan dan fasilitas berhasil dilaksanakan oleh *adversary*^[3]. *Graded approach* (INFCIRC/ 225/ Revisi 5, *Prinsip Fundamental H*) merupakan piranti manajemen risiko. *Graded*

approach terhadap pencurian bahan nuklir direfleksikan di dalam mengkategorisasi bahan nuklir sebagai yang ditunjukkan pada Tabel 1, Kategorisasi bahan Nuklir. Tingkat keparahan yang ditimbulkan akibat aksi kriminal pencurian bahan nuklir tergantung kepada jumlah, jenis dan bentuk bahan nuklir. Tingkat keparahan

yang ditimbulkan akibat aksi sabotase tergantung kepada daya reaktor yang dibangkitkan, inventori produk fisi dan keefektifan tindak mitigasi. Zat radioaktif yang dibebaskan ke lingkungan dan keparahan akibat sabotase dipengaruhi oleh bentuk kimia, komposisi dan aktivitas zat radioaktif.

Tabel 1. : Kategorisasi bahan nuklir



Categorization of Nuclear Material

1. Material	Description	Categorization		
1. PLUTONIUM	Unirradiated	≥ 2 kg	500 g < Pu < 2 kg	15 g \leq Pu \leq 500 g
2. Uranium - 235	unirradiated Enriched $\geq 20\%$ U-235 Uranium enriched to 10% U-235 Uranium enriched > U nat, but < 10% U-235	≥ 5 kg - -	1 kg < U-235 < 5 kg	1 kg < U-235 < 10 kg ≥ 10 kg
3. Uranium-233 4. Na U, depl U, Th and nuclear material waste	Unirradiated Unirradiated or irradiated with dose rate ≤ 1 gy/hr(100rad) at 1 m distance and unpacking	≥ 2 kg -	500 g < Pu < 2 kg -	15 g < U-235 \leq 500 g ≤ 500 kg

Operasi pengamanan fasilitas yang elemen-elemennya terdiri dari keamanan fisik, keamanan personal, keamanan informasi dan keamanan komputer saling berinteraksi membentuk suatu pertahanan ((INFCIRC/ 225/ Revisi 5, *Fundamental Principle I, Defense In-depth*)) sehingga secara fisik dan administratif bahan nuklir terlindungi dari aksi kriminal. Karena mempunyai daya thermal dan kandungan produk fisi dalam bahan bakar yang lebih rendah dari reaktor daya, menyebabkan fitur keselamatan reaktor penelitian lebih sederhana dari fitur keselamatan reaktor daya. Akibatnya sistem keselamatan mudah gagal dan ditinjau dari aspek keamanan kondisi ini menguntungkan pelaku .

Sistem keamanan fisik perlu dirancang, dipasang dan dirawat untuk memproteksi terhadap bahaya ancaman, dicapai melalui gabungan tindakan administratif dan teknis deteksi, penundaan dan respon atas aksi kriminal. Sistem keamanan personal ditujukan kepada personal termasuk kontraktor dan pengguna yang mempunyai hak untuk masuk ke reaktor^[2]. Kepada mereka perlu ada jaminan bahwa kejujuran dan kepercayaan selalu dipertahankan. Latar belakang personal dan kepercayaan digunakan untuk mengidentifikasi ada/ tidaknya indikasi atau kecurigaan untuk melakukan aksi kriminal. (INFCIRC/ 225/ Revisi 5, *Fundamental Principle L, Confidentiality*). Keamanan informasi bertujuan untuk mengendalikan dan memproteksi kerahasiaan informasi sensitif dalam bentuk elektronik, *handout*, peta, gambar teknis dsb. Pengungkapan informasi sensitif dapat mendukung pelaku kriminal dalam mewujudkan tujuannya. Informasi sensitif perlu diidentifikasi, diklasifikasi dan di *graded* untuk merefleksikan tingkat keparahan akibat aksi kriminal. Akses ke informasi sensitif harus dibatasi hanya kepada karyawan yang sesuai dengan tugasnya memerlukan informasi tersebut. Kegiatan operasi reaktor penelitian seringkali dimana pengendalian akses masuk reaktor longgar (*user friendly access*). Berbagai macam profesi diantaranya adalah *scientists*, kontraktor, mahasiswa, masyarakat, pejabat negara dll mendapat kemudahan akses masuk kedalam gedung reaktor.

Proses, sistem komputer dan elektronik data perlu dilindungi untuk mempertahankan

keutuhan, keandalan dan kerahasiaan, termasuk di dalamnya proteksi terhadap *firewall*. *Reactor Protection System (RPS)* merupakan sistem komputer paling penting dalam pengoperasian reaktor. Ada dua sistem RPS yaitu sistem analog dan sistem digital. RPS *set point* harus dilindungi untuk mencegah akses ilegal yang berpotensi untuk memporak porandakan sistem operasi reaktor dan berakibat pada kegagalan operasi. *Two-persons rule* perlu diterapkan.

Tujuan sistem proteksi fisik adalah mencegah terjadinya pencurian dan sabotase bahan dan fasilitas nuklir. Pelaku kriminal harus dilumpuhkan sebelum tujuan mereka tercapai. Keefektifan SPS tergantung dari gabungan peralatan dan personal yang dirancang dan diintegrasikan kedalam suatu sistem secara efektif. Sebagai contoh adalah dalam pengendalian personal masuk ke gedung reaktor. Prosedur keamanan dikembangkan untuk menetapkan bagaimana personal berinteraksi dengan *hardware*. Langkah awal dalam merancang dan menetapkan SPS adalah dengan mengevaluasi ancaman yang mungkin terjadi dan kemudian menentukan tindakan dan peralatan keamanan yang diperlukan untuk melawan / mematahkan aksi kriminal.

Operasi sistem keamanan dilaksanakan dengan mengacu kepada salah satunya kajian dan analisa ancaman.³⁾ Tingkat ancaman ditentukan oleh negara diwakili oleh badan pengawas bekerja sama dengan badan intelejen. Ancaman yang berasal dari dalam / *insider threat* perlu dipertimbangkan juga kemungkinannya. Analisis meliputi karakter personal yang diberi wewenang dan akses ke fasilitas, wewenangnya masuk kedalam proses operasi, dan keahliannya di dalam informasi sensitif. Penentuan tingkat keamanan/ ancaman pada reaktor penelitian juga berdasar pada potensi pencurian target. Sabotase dipertimbangkan jika sabotase berakibat kepada pelepasan zat radioaktif ke lingkungan. Analisis target yang terdiri dari bahan nuklir, peralatan sensitif dan proses yang semuanya berfungsi mengendalikan proses operasi fasilitas serta sistem keselamatan harus dilaksanakan. Target bahan nuklir dianalisa secara menyeluruh termasuk jumlah, bentuk, komposisi isotop, aktivitas, status iradiasi dan lokasi dimana bahan nuklir disimpan.

Rencana keamanan perlu dikembangkan, menjelaskan tentang tujuan mengamankan dan

pendekatan serta metoda yang digunakan untuk mengamankan bahan dan fasilitas nuklir berdasar pada jenis/ kategori sebagai yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Keberhasilan pengamanan dipengaruhi oleh kinerja *guards* dan *response force*. *Response force*, *onsite* and *offsite*, harus mampu menginterupsi dan menggagalkan aksi *adversary* yang mempunyai sumber daya dan kemampuan untuk mewujudkan aksinya.⁵⁾ Respon harus tepat waktu dengan dilengkapi persenjataan serta diluncurkan ke lokasi kriminal menggunakan strategi termasuk strategi untuk mendapatkan kembali bahan nuklir yang hilang

PEMBAHASAN

Reaktor penelitian dengan daya lebih kecil dari reaktor pembangkit tenaga listrik (PLTN) menimbulkan kesan bahwa aspek keamanannya tidak perlu seketat PLTN. Kesan ini perlu diluruskan karena fitur reaktor penelitian yang mempunyai tujuan yang berbeda-beda yaitu untuk penelitian ilmu dasar teknologi nuklir, untuk produksi isotop, untuk memanfaatkan hamburan neutron ataupun untuk uji materi, justru memerlukan perhatian spesifik untuk mengamankannya. Dari segi pengendalian akses masuk ke fasilitas, reaktor penelitian mempunyai visitor yang lebih beragam, selalu berubah-ubah dan pada umumnya bersifat *user friendly access* untuk mengoptimalkan dan mensukseskan tujuan utilitasnya. Aspek keamanan tidak diutamakan, kesuksesan pemanfaatan dan pengoperasian menjadi fokus utama. Fenomena yang tidak seimbang ini perlu segera dibenahi. Keselamatan saja tidak cukup, perlu adanya pengamanan meskipun tujuan dari keduanya sama yaitu melindungi pekerja, masyarakat dan lingkungan dari potensi bahaya radiasi yang dilepaskan.

Ditinjau dari segi lokasi dan tapak, reaktor penelitian biasanya berlokasi tidak terlalu berjauhan dengan penduduk, berlainan dengan PLTN yang kebanyakan berada di *remote area*. Meskipun sangat jarang terjadi tindakan pencurian dan sabotase atas bahan dan fasilitas nuklir perlu diantisipasi dan perlu adanya kesadaran bahwa ancaman keamanan benar adanya. Akibat sabotase akan berdampak ke beberapa sektor kehidupan. Dari segi ekonomi, *recovery* lingkungan membutuhkan dana yang sangat mahal. Dari segi politik, mengakibatkan

ketidakpercayaan masyarakat akan keselamatan dan keunggulan teknologi nuklir. Oleh karena itu meskipun reaktor penelitian mempunyai fitur yang sederhana pertahanan keamanannya harus tetap kuat sebagai yang direkomendasikan pada INFCIRC/ 225/ Revisi 5. Rencana kontijensi (*INFCIRC/ 225/ Revisi 5, Fundamental Principle K, Contingency Plan*) yang berfungsi untuk merespon tindakan ilegal pencurian bahan nuklir dan sabotase fasilitas nuklir perlu dilaksanakan, lebih bagus sesering mungkin agar kinerja sistem proteksi fisik yang terdiri dari kinerja personel yang ber *interface* dengan peralatan proteksi fisik dapat terlatih dan dievaluasi. Koordinasi/ komunikasi dengan pihak luar instansi selama pelaksanaan kontijensi perlu dilatih juga. Hambatan dalam berkomunikasi akan memperkuat posisi *adversary*.

Penerapan budaya keamanan dapat mengembangkan kerangka pemikiran bahwa dalam melaksanakan kegiatan pengoperasian, pemanfaatan dan perawatan reaktor selalu memperhatikan tujuan keamanan tanpa mengesampingkan visi dan misi reaktor penelitian.

Kesadaran, keahlian tentang keamanan nuklir perlu ditingkatkan di kalangan para pekerja khususnya pegawai yang terlibat dalam rezim keamanan nuklir tingkat fasilitas.

KESIMPULAN

Ketentuan pelaksanaan proteksi fisik sebagai yang tertuang didalam INFCIRC /225/ Revisi 5 tindakan yang berbeda-beda pada setiap pada pengoperasi reaktor penelitian tidak seragam tergantung kepada jenis, tujuan dan kondisi fisik masing-masing reaktor.

DAFTAR PUSTAKA

1. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, "Nuclear Security Recommendation on Physical Protection of Nuclear material and Nuclear Facility (INFCIRC/ 225/ Revision 5)
2. BAHAN TRAINING, " Regional Training Course on Physical Protection and Security Management of Research Reactor Serpong Indonesia, September 29 – October 3, 2014
3. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, "Nuclear Security Management

- For Research Reactor”, Technical Guidance, IARA, Vienna 014
4. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, “Physical Protection of Nuclear Material and Nuclear Facilities”, Implementing Guide of INFCIRC/ 225/ Revision 5, IAEA, Vienna