

## INFRASTRUKTUR KESELAMATAN DEKOMISIONING FASILITAS NUKLIR DI INDONESIA

**Reno Alamsyah, Agus Yudhi Pristianto**  
P2STPIBN BAPETEN. Jl. Gajah Mada No. 8. Jakarta 10120.  
r.alamsyah@bapeten.go.id

### ABSTRAK

INFRASTRUKTUR KESELAMATAN DEKOMISIONING FASILITAS NUKLIR DI INDONESIA. Telah dilakukan suatu kajian mengenai infrastruktur peraturan perundang-undangan (PUU) untuk memastikan keselamatan dalam dekomisioning fasilitas nuklir di Indonesia. Sebagaimana diketahui, satu-satunya pengalaman dekomisioning terkait nuklir yang pernah dilakukan adalah untuk fasilitas Pemurnian Asam Fosfat PT. Petrokimia Gresik. Sejauh ini, fasilitas nuklir di Indonesia sendiri belum ada yang melaksanakan dekomisioning. Namun, hal itu tidak berarti tidak akan pernah ada, apalagi semua fasilitas yang ada saat ini sudah berusia lebih dari 20 tahun. Bahkan, reaktor nuklir pertama di Indonesia yang berada di Bandung sudah dioperasikan lebih dari 50 tahun. Dekomisioning dapat saja terjadi dalam waktu yang tidak lama dari saat ini, misalnya ketika terjadi kecelakaan yang parah. Dengan demikian, masalah yang dihadapi adalah: "Bagaimana mengetahui kecukupan infrastruktur keselamatan dekomisioning di Indonesia?" Sehingga, penting bagi kita untuk secara berkala mengevaluasi dan meningkatkan infrastruktur keselamatan dekomisioning. Metode yang digunakan dalam pengkajian ini adalah dengan membandingkan regulasi yang ada di Indonesia dengan berbagai standar IAEA secara analitik, kualitatif dan/atau deskriptif. Berdasarkan analisis celah tersebut dapat disimpulkan bahwa PUU di Indonesia telah memenuhi sebagian besar persyaratan standar IAEA. Selain itu, didapatkan pula beberapa tantangan dan peluang untuk peningkatan, antara lain tentang perlunya: kebijakan nasional mengenai keselamatan dekomisioning; PUU yang lebih menjamin kesetaraan antar generasi dan prinsip 'pencemar membayar'; dan PUU mengenai pendanaan untuk membangun kompetensi, dan penelitian dan pengembangan terkait kegiatan dekomisioning. Beberapa pedoman juga perlu dikembangkan, seperti mengenai: pelaksanaan pendekatan bertingkat, perkiraan biaya dekomisioning, penilaian kemudahan dekomisioning atas suatu disain fasilitas nuklir, dan penggunaan statistik untuk mendemonstrasikan bahwa tingkat klierens telah tercapai.

Kata Kunci: Regulasi, Keselamatan, Dekomisioning, Fasilitas Nuklir,

### ABSTRACT

*DECOMMISSIONING SAFETY INFRASTRUCTURE OF NUCLEAR FACILITIES IN INDONESIA. An assessment of regulatory infrastructure has been carried out to ensure the safety in decommissioning of nuclear facilities in Indonesia. As it is well known, the only nuclear-related decommissioning experience was performed at the Phosphoric Acid Purification facility of PT. Petrokimia Gresik. So far, none of nuclear facilities in Indonesia have implemented decommissioning. However, that does not mean that there we will never do this, let alone all existing facilities are aged more than 20 years. In fact, the first nuclear reactor in Indonesia located in Bandung has been operated for more than 50 years. Decommissioning may take place in the not-too-distant future, for example when a severe accident occurs. Thus, the problem encountered is: "How to ensure the adequacy of decommissioning safety infrastructure in Indonesia?" Hence, it is important for us to periodically evaluate and improve the decommissioning safety infrastructure. The method used in this assessment is to compare the existing regulations in Indonesia with various IAEA standards in an analytic, qualitative and/or descriptive manner. Based on this gap analysis, it can be concluded that the Indonesian regulation comply with most of the IAEA standard requirements. In addition, there are also several challenges and opportunities for improvement, including the need for: national policy on the safety of decommissioning; regulation that guarantees intergenerational equity and the principle of 'polluter pays'; and, regulation on funding to build competence, and research and development related to decommissioning activities. Some guidelines also need to be developed, such as: the implementation of a graded approach, the cost estimates of decommissioning, the assessment of the practicality of decommissioning of a nuclear facility design, and the use of statistics to demonstrate that the clearance level has been achieved.*

*Keywords: Regulation, Safety, Decommissioning, Nuclear Facility.*

### PENDAHULUAN

Pemegang Izin operasi wajib mengajukan permohonan izin Dekomisioning secara tertulis kepada Kepala BAPETEN paling singkat tiga tahun sebelum izin operasi berakhir [1]. Demikian salah satu persyaratan mengenai dekomisioning antara lain diatur dalam Peraturan Pemerintah (PP) No. 2 Tahun 2014 tentang

Perizinan Instalasi Nuklir. Peraturan perundang-undangan (PUU) mengenai dekomisioning di Indonesia memang sudah cukup lengkap, tertuang mulai dari Undang-undang (UU), PP, hingga ke Peraturan Kepala (Perka) BAPETEN. PUU merupakan infrastruktur yang sangat penting dalam menjamin keselamatan dekomisioning.

Satu-satunya pengalaman dekomisioning terkait nuklir yang pernah dilakukan di Indonesia adalah untuk fasilitas Pemurnian Asam Fosfat PT. Petrokimia Gresik [2]. Sejauh ini, fasilitas nuklir di Indonesia belum ada yang melaksanakan dekomisioning. Namun, hal itu tidak berarti tidak akan pernah ada yang akan melakukannya, sebab semua fasilitas yang ada sudah berusia lebih dari 30 tahun. Bahkan, reaktor nuklir pertama yang ada di Bandung, TRIGA-2000, sudah dioperasikan lebih dari 50 tahun [3]. Dekomisioning dapat saja terjadi dalam waktu yang tidak lama dari saat ini, misalnya ketika terjadi kecelakaan yang parah.

Sesuai standar IAEA GSR Part 6 “*Decommissioning of Facilities*” [4], dekomisioning pun seharusnya sudah direncanakan pada tahap awal penentuan tapak dan desain fasilitas nuklir. Hal ini adalah karena pada dasarnya ada tiga prinsip utama terkait dengan keberlanjutan kegiatan nuklir dan harus dituangkan dalam aturan dekomisioning [5]:

1. Keselamatan generasi sekarang dan mendatang;
2. Memastikan tersedia dan dilestarikannya sumber daya keuangan, teknis dan ilmiah untuk dekomisioning fasilitas nuklir dan remediasi lokasi yang terkontaminasi (misalnya dengan membangun prinsip ‘pencemar membayar’ atau *‘the polluter pays’*); dan,
3. Kesetaraan antar generasi, yang menuntut bahwa generasi yang menimbulkan kewajiban jangka panjang harus bertanggung jawab, dan menyediakan sumber daya yang tepat untuk mengelola kewajiban ini dengan cara yang tidak akan memberikan beban yang tidak semestinya pada generasi mendatang.

Di sisi lain, dekomisioning juga memiliki aspek sosio-ekonomis yang perlu diperhitungkan. Dokumen teknis lain yang diterbitkan IAEA [6] mengulas secara mendalam dampak sosio-ekonomis dari proyek dekomisioning, baik dampak negatif maupun yang positif; Dilihat dari aspek ketenagakerjaan, pada lingkup komunitas lokal maupun untuk komunitas yang lebih luas. Berbagai studi di Amerika juga menunjukkan bahwa dekomisioning fasilitas nuklir berdampak positif secara ekonomi [7, 8, 9]. Bagaimanapun juga, perlu digarisbawahi bahwa ‘penghentian akhir dari suatu masa operasi fasilitas merupakan kegiatan industri yang wajar, dan konsekuensi sosio-ekonomi merupakan hal yang tak terhindarkan’ [6].

Kembali ke Indonesia, walaupun Indonesia belum akan melaksanakan dekomisioning dalam waktu dekat ini, Indonesia tentu tidak terbebas dari masalah tersebut. Dengan demikian, masalah yang dihadapi adalah: “Bagaimana mengetahui kecukupan infrastruktur keselamatan dekomisioning di Indonesia?” Sehingga, penting bagi kita untuk secara berkala mengevaluasi dan meningkatkan infrastruktur keselamatan dekomisioning. Paper ini mengkaji status terkini infrastruktur keselamatan dekomisioning fasilitas nuklir di Indonesia dengan menggunakan standar internasional. Melalui kajian ini, diharapkan infrastruktur keselamatan dekomisioning dapat ditingkatkan sehingga siap ketika nantinya akan diperlukan.

## METODOLOGI

Kajian dilakukan secara bertahap sbb:

1. Telaah deskripsi persyaratan keselamatan yang dimuat dalam standar utama yang diterbitkan IAEA untuk dekomisioning, yaitu GSR Part 6;
2. Studi perbandingan secara analitik dan kualitatif atas persyaratan-persyaratan tersebut terhadap kandungan persyaratan keselamatan yang termuat dalam berbagai PUU yang ada di Indonesia;
3. Melalui analisis celah (*gap analysis*) seperti itu, dilakukan pembahasan dan penarikan kesimpulan.

PUU yang dikaji pada makalah ini adalah semua yang terkait keselamatan dan dekomisioning, yaitu:

1. Undang-undang No. 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran [10];
2. PP No. 33 Tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif [11];
3. PP No. 54 Tahun 2012 tentang Keselamatan dan Keamanan Instalasi Nuklir [12];
4. PP No. 61 Tahun 2013 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif [13];
5. PP No. 2 Tahun 2014 tentang Perizinan Instalasi Nuklir [3];
6. Perka No. 4 Tahun 2009 tentang Dekomisioning Reaktor Nuklir [14];
7. Perka No. 6 Tahun 2011 tentang Dekomisioning Instalasi Nuklir Nonreaktor [15];
8. Perka No. 4 Tahun 2013 tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir [16]; dan
9. Perka No. 7 Tahun 2013 tentang Nilai Batas Radioaktivitas Lingkungan [17].

Sebagaimana diketahui, GSR Part 6 terdiri atas 8 bagian dengan 15 persyaratan. Pada setiap bagian, masing-masing persyaratan tersebut akan digunakan untuk mengkaji kecukupan PUU tersebut di atas dalam memenuhinya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut disajikan telaah persyaratan keselamatan dari standar IAEA [4] dan uraian mengenai kandungan PUU di Indonesia yang mengatur mengenai persyaratan tersebut.

### Proteksi terhadap manusia dan perlindungan terhadap lingkungan hidup

#### *Persyaratan IAEA*

Ada tiga persyaratan umum yang diuraikan dalam [4] dalam hal proteksi terhadap manusia dan perlindungan terhadap lingkungan hidup dari bahaya radiasi, yaitu:

1. Optimisasi proteksi dan keselamatan dalam dekomisioning;
2. Pendekatan bertingkat (*graded approach*) dalam dekomisioning; dan,
3. Penilaian keselamatan dekomisioning.

Penjelasan untuk ketiga hal tersebut di atas adalah sebagai berikut. Dalam hal Optimisasi, pajanan selama dekomisioning harus dianggap sebagai situasi pajanan terencana dan persyaratan yang sesuai dari ketentuan keselamatan radiasi harus diterapkan selama dekomisioning. Tentu saja Optimisasi, yang dilaksanakan melalui penetapan pembatas dosis, tidak dapat berjalan sendiri tanpa adanya ketentuan mengenai Limitasi. Proteksi radiasi harus diterapkan pada semua kegiatan yang direncanakan, dan penerimaan pajanan harus diupayakan untuk dikurangi jika terjadi kecelakaan. Akhirnya, proteksi terhadap lingkungan hidup juga harus dilaksanakan selama proses dekomisioning, dan juga setelahnya jika fasilitas tersebut akan dibebaskan dari pengawasan dengan pembatasan untuk pemanfaatan lain di masa depan.

Untuk pendekatan bertingkat, hal ini harus diterapkan pada semua aspek dekomisioning dalam menentukan ruang lingkup dan tingkat kerincian setiap fasilitas tertentu, dan harus konsisten dengan besarnya resiko radiasi yang mungkin timbul dari kegiatan dekomisioning. Dengan demikian, tipe informasi dan tingkat kerincian yang harus disampaikan kepada badan pengawas disesuaikan dengan tipe, skala, kerumitan, status dan tahapan usia fasilitas, dan dengan potensi bahaya yang dihadapi dalam dekomisioning fasilitas. Demikian pula tindakan pengawasan hendaknya

disesuaikan dengan potensi bahaya dan risiko yang dihadapi selama dekomisioning.

Mengenai penilaian keselamatan, proses ini harus dilakukan untuk semua fasilitas yang merencanakan dan melaksanakan dekomisioning. Penilaian keselamatan menjadi bagian yang paling penting dalam dokumen Rencana Akhir Dekomisioning. Disarankan, penilaian keselamatan disusun berdasarkan standar IAEA GSR Part 4 [18], dan seharusnya dilakukan untuk menganalisis semua tindakan dan insiden yang mungkin terjadi selama dekomisioning.

#### *PUU di Indonesia*

PUU di Indonesia telah mengatur mengenai kewajiban melaksanakan optimisasi melalui pembatas dosis yang nilainya ditetapkan oleh Pemegang Izin (PI) dan telah disetujui BAPETEN. Pemantauan radioaktivitas lingkungan juga wajib dilaksanakan oleh PI selama usia fasilitas, termasuk pada tahap dekomisioning. Secara administratif, PI wajib menyusun, mengembangkan, melaksanakan, dan mendokumentasikan Program Proteksi dan Keselamatan Radiasi, yang juga merupakan salah satu syarat untuk memperoleh izin dekomisioning. Dengan demikian, persyaratan optimisasi proteksi dan keselamatan dalam dekomisioning telah secara menyeluruh diuraikan dalam PUU Indonesia.

PUU di Indonesia juga telah secara eksplisit memanfaatkan pendekatan bertingkat. Perka-perka yang mengatur dekomisioning reaktor nuklir maupun instalasi nuklir nonreaktor menyatakan bahwa ketentuan di dalam Perka tersebut dilaksanakan berdasarkan pada pendekatan bertingkat bergantung pada kerumitan/kompleksitas dari fasilitas itu sendiri. Namun, belum ada penjelasan atau pedoman yang lebih rinci untuk pelaksanaan dekomisioning, pengawasan dan komunikasinya, terutama terkait dengan konsistensi terhadap besarnya resiko radiasi yang mungkin timbul dari dekomisioning.

PUU di Indonesia mengatur bahwa PI harus menyusun Program Dekomisioning (PD), yang dalam bahasa IAEA disebut sebagai Rencana Dekomisioning, sejak mulai mengajukan izin konstruksi. PD berisi analisis dan penilaian keselamatan, serta wajib dikaji ulang dan dimutakhirkan secara berkala pada tahap komisioning, setiap lima tahun selama operasi, dan selama pelaksanaan dekomisioning itu sendiri. PD menjadi bagian dari Laporan Analisis Keselamatan yang juga secara berkala harus dikaji ulang dan dimutakhirkan oleh PI. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa

persyaratan mengenai penilaian keselamatan dekomisioning yang ditetapkan dalam standar IAEA [4] telah dituangkan secara menyeluruh dalam PUU yang ada di Indonesia.

### **Pembagian tanggung-jawab**

#### *Persyaratan IAEA*

Tanggung jawab secara nasional dalam dekomisioning diberikan kepada tiga entitas utama, yaitu: Pemerintah, Badan Pengawas (BP) dan Pemegang Izin (PI). Pemerintah harus menetapkan dan memelihara kerangka kerja pemerintahan, hukum dan PUU yang mengatur bahwa semua aspek dekomisioning, termasuk pengelolaan limbah radioaktif yang dihasilkan, dapat direncanakan dan dilakukan secara selamat. Kerangka kerja ini harus mencakup alokasi tanggung jawab yang jelas, penyediaan fungsi pengawasan yang mandiri dan persyaratan sehubungan dengan jaminan keuangan untuk dekomisioning.

BP harus mengatur semua aspek dekomisioning untuk setiap tahap di sepanjang usia fasilitas, dari perencanaan awal dekomisioning selama penentuan tapak dan desain fasilitas, hingga penyelesaian tindakan dekomisioning dan penghentian otorisasi untuk dekomisioning. BP harus menetapkan persyaratan keselamatan untuk dekomisioning, kecukupan sumber daya (manusia, finansial dan teknologi), termasuk persyaratan untuk pengelolaan limbah radioaktif yang dihasilkan. BP juga harus mengambil tindakan untuk memastikan terpenuhinya persyaratan PUU.

PI harus merencanakan dekomisioning dan wajib melaksanakan dekomisioning sesuai dengan otorisasi yang diberikan untuk dekomisioning dan dengan persyaratan yang berasal dari PUU nasional. PI wajib bertanggung jawab untuk semua aspek keselamatan, proteksi radiasi dan perlindungan terhadap lingkungan hidup selama dekomisioning.

#### *PUU di Indonesia*

Indonesia telah menetapkan kerangka PUU di bidang ketenaganukliran yang juga mengatur mengenai dekomisioning. Indonesia juga telah membentuk BAPETEN sebagai BP yang independen, memisahkan antara fungsi promosi/eksekusi dan pengawasan. Indonesia juga telah memiliki fasilitas pengelolaan limbah radioaktif yang dioperasikan oleh BATAN di Serpong. Yang saat ini belum ada dalam kerangka PUU adalah kebijakan nasional yang berdiri sendiri mengenai keselamatan dekomisioning, yang seharusnya antara lain memuat prinsip-prinsip sebagaimana diuraikan

pada Bab I dengan tetap menjunjung tinggi Budaya Keselamatan.

Meskipun demikian, sistem perizinan dekomisioning telah diatur secara cukup rinci, dilengkapi dengan persyaratan teknis maupun administratif. PUU juga mengatur semua kewajiban PI dalam hal melakukan pengelolaan dekomisioning sebagaimana diuraikan dalam standar IAEA.

### **Manajemen dekomisioning**

#### *Persyaratan IAEA*

PI harus menetapkan dan melaksanakan Sistem Manajemen Terintegrasi (SMT) yang meliputi seluruh aspek dekomisioning. Standar IAEA GSR Part 2 [19] atau yang setara harus digunakan sebagai acuan, beserta standar teknis lain yang sesuai. Setiap orang yang terlibat dalam dekomisioning harus memiliki keahlian, kepakaran dan pelatihan yang dibutuhkan untuk melakukan pekerjaannya sesuai dengan prosedur tertulis yang menjamin keselamatan.

#### *PUU di Indonesia*

SMT telah diatur sebagai persyaratan keselamatan maupun perizinan dalam dekomisioning. Seluruh fasilitas nuklir yang ada di Indonesia telah menetapkan dan melaksanakan SMT untuk tahapan operasi. Dengan demikian, penerapan dan pengawasan SMT pada tahap dekomisioning akan menjadi tantangan tersendiri. Apalagi, tujuan akhir dari SMT adalah Budaya Keselamatan, yang dalam hal ini belum ada pedoman internasional untuk pelaksanaannya pada tahap dekomisioning.

### **Strategi dekomisioning**

#### *Persyaratan IAEA*

PI harus menentukan strategi dekomisioning yang akan menjadi dasar perencanaan dekomisioning. Strategi ini harus konsisten dengan kebijakan nasional pengelolaan limbah radioaktif, terjustifikasi, dan diharapkan merupakan pembongkaran segera jika secara praktis memungkinkan.

#### *PUU di Indonesia*

Sejalan dengan standar IAEA, PUU menentukan bahwa dalam keadaan normal PI harus mengutamakan pembongkaran segera (*immediate dismantling*). Meskipun demikian, tetap dibuka peluang untuk melaksanakan strategi pembongkaran tunda (*deferred dismantling*) dengan pertimbangan tertentu, atau

bahkan penguburan (*entombment*), yaitu dalam hal terjadi kecelakaan parah.

Hal yang berpotensi bermasalah dengan PUU adalah bahwa PUU menyatakan bahwa dalam kondisi kecelakaan parah dan seluruh limbah radioaktif tidak dapat dipindahkan dari fasilitas nuklir, maka "PI harus memilih hanya opsi penguburan". Hal ini menutup peluang untuk mengupayakan pembongkaran yang lebih menjamin keselamatan generasi saat ini maupun yang akan datang.

PUU juga menyatakan bahwa "Dalam hal opsi penguburan yang dipilih, PI wajib menyerahkan tanggung jawab penanganan limbah radioaktif kepada Badan Tenaga Nuklir Nasional sesuai dengan ketentuan PUU". Hal ini berpotensi berlawanan dengan prinsip 'pencemar membayar' dan bahwa tanggung-jawab keselamatan tidak dapat dialihkan.

Keadaan akhir (*end-state*) yang dipilih dalam PUU adalah *green field*, manakala dinyatakan bahwa pembebasan hanya dapat diberikan setelah tingkat klierens tercapai pada gedung dan tapak fasilitas nuklir.

### **Pendanaan dekomisioning**

#### *Persyaratan IAEA*

Tanggung jawab dalam hal penyediaan dana untuk dekomisioning harus diatur dalam PUU nasional. Ketentuan ini harus mencakup penetapan mekanisme penyediaan sumber daya keuangan yang memadai untuk menjamin keselamatan dalam dekomisioning, dan untuk memastikan bahwa dana tersebut tersedia ketika diperlukan, termasuk jika terjadi suatu keadaan yang memaksa dilaksanakannya dekomisioning secara dini. Perpanjangan izin juga harus mensyaratkan adanya jaminan finansial untuk melaksanakan dekomisioning.

#### *PUU di Indonesia*

Jaminan finansial dalam berbagai bentuk untuk pelaksanaan dekomisioning adalah salah satu persyaratan mulai dari izin komisioning. Besarnya jaminan finansial dihitung berdasarkan perkiraan biaya yang diajukan. Namun, PUU terkait pendanaan belum secara rinci mengatur dana yang harus disediakan oleh PI untuk membangun kompetensi, dan melakukan penelitian dan pengembangan terkait kegiatan dekomisioning yang harus dilaksanakannya. Pedoman untuk melakukan perkiraan biaya dekomisioning juga belum tersedia.

### **Perencanaan dekomisioning di sepanjang usia fasilitas**

#### *Persyaratan IAEA*

PI harus menyiapkan rencana dekomisioning dan harus menjaganya sepanjang usia fasilitas, melakukan pembaharuan secara berkala, sesuai dengan persyaratan dari badan pengawas, untuk menunjukkan bahwa dekomisioning dapat dilaksanakan dengan selamat hingga mencapai keadaan akhir sebagaimana telah ditetapkan. Pada tahap penentuan tapak, PI harus melakukan survey latar belakang termasuk kondisi radiologis yang digunakan sebagai data dasar. Untuk fasilitas yang baru, dekomisioning harus diperhitungkan dalam pembuatan desain fasilitas, dan rencana dekomisioning harus disampaikan dalam rangka memenuhi persyaratan izin operasi.

Sebelum pelaksanaan tindakan dekomisioning, rencana akhir dekomisioning harus disiapkan dan disampaikan kepada badan pengawas untuk persetujuan. Dokumen tersebut paling kurang berisi strategi dekomisioning; jadwal, tipe dan urutan tindakan dekomisioning; strategi pengelolaan limbah termasuk klierens, keadaan akhir yang diusulkan dan cara PI mendemonstrasikan bahwa keadaan tersebut telah tercapai; penyimpanan dan pembuangan limbah yang berasal dari dekomisioning; jadwal (*time-frame*) dekomisioning secara keseluruhan; dan pendanaan.

#### *PUU di Indonesia*

Sebagaimana diuraikan pada Pasal 2.1, PD menjadi persyaratan mulai dari permohonan izin konstruksi. PD wajib dikaji ulang dan dimutakhirkan secara berkala pada tahap komisioning, setiap lima tahun selama operasi, dan selama pelaksanaan dekomisioning itu sendiri. PD harus mendapat persetujuan BP sebelum dilaksanakan. Format dan isi PD yang harus disusun PI adalah sesuai dengan persyaratan IAEA.

PUU menyatakan bahwa persyaratan umum desain meliputi pula desain untuk kemudahan dekomisioning. Namun, belum ada kriteria untuk menentukan 'mudah' atau 'tidak mudah'. Untuk itu, suatu pedoman penilaian kemudahan dekomisioning atas suatu desain fasilitas nuklir perlu dibuat.

PUU juga memberi persyaratan mengenai pengukuran paparan latar belakang pada tahap penentuan tapak, dan mengenai klierens untuk pembebasan tapak. Namun belum ada pedoman mengenai penggunaan statistik guna mendemonstrasikan bahwa tingkat klierens telah tercapai.

## Pelaksanaan dekomisioning

### Persyaratan IAEA

Ketika rencana akhir dekomisioning telah disetujui oleh BP, maka PI harus melaksanakan rencana tersebut, termasuk pengelolaan limbah radioaktif, sesuai dengan peraturan nasional. Bila PI memilih strategi dekomisioning tertunda, maka PI wajib menjamin bahwa fasilitas dalam konfigurasi yang menjamin keselamatan, sedemikian sehingga dekomisioning dan/atau pembongkaran nantinya dapat dilakukan. PI juga wajib mendokumentasikan struktur, sistem dan komponen (SSK) yang penting bagi keselamatan. Di sisi lain, BP harus melakukan inspeksi untuk memastikan bahwa PI melaksanakan rencana akhir dekomisioning dan semua persyaratan terpenuhi.

Dalam melaksanakan dekomisioning, maka suatu pengaturan tanggap darurat yang sesuai dengan potensi bahayanya harus ditetapkan dan dipelihara. Pengaturan ini harus disusun berdasarkan standar IAEA GSR Part 7 [20]. Setiap kejadian yang penting bagi keselamatan harus dilaporkan kepada badan pengawas secara tepat waktu.

Limbah radioaktif harus dikelola untuk semua aliran limbah yang berasal dari dekomisioning.

### PUU di Indonesia

Untuk bagian ini PUU telah memenuhi persyaratan IAEA, termasuk dalam hal pengelolaan limbah radioaktif, dan pengaturan tanggap darurat serta pelaporannya. PUU juga mengamanatkan kepada BATAN untuk penyediaan tempat penyimpanan limbah radioaktif tingkat rendah dan sedang, dan penyimpanan lestari limbah radioaktif tingkat tinggi.

## Penyelesaian dekomisioning dan pembebasan izin dekomisioning

### Persyaratan IAEA

Penyelesaian tindakan dekomisioning dan penghentian otorisasi untuk dekomisioning. Pada saat tindakan dekomisioning selesai, pemegang izin harus menunjukkan bahwa kriteria keadaan akhir yang ditentukan dalam rencana akhir dekomisioning dan setiap persyaratan peraturan tambahan telah dipenuhi. Badan pengawas harus memverifikasi kepatuhan terhadap kriteria keadaan akhir dan harus membuat keputusan penghentian otorisasi untuk dekomisioning.

### PUU di Indonesia

Bagian ini telah didiskusikan pada pasal-pasal sebelumnya. Yang berpotensi menjadi persoalan di masa yang akan datang adalah pembuktian bahwa tingkat klierens telah tercapai. Untuk itu dibutuhkan pedoman statistik yang memadai sebagai bagian penting dalam pengambilan keputusan penghentian otorisasi untuk dekomisioning.

## KESIMPULAN

1. Secara umum, sebagian besar persyaratan keselamatan yang ditetapkan dalam standar IAEA mengenai dekomisioning telah dipenuhi dalam berbagai produk PUU yang ada di Indonesia;
2. Keadaan akhir (*end-state*) yang dipilih dalam PUU adalah *green field*, yaitu bahwa pembebasan hanya dapat diberikan setelah tingkat klierens tercapai pada gedung dan tapak fasilitas nuklir;
3. Beberapa celah PUU yang ditemukan dalam kajian ini antara lain adalah mengenai: perlunya kebijakan nasional keselamatan dekomisioning yang antara lain memuat prinsip-prinsip dasar dekomisioning dan Budaya Keselamatan; PUU yang lebih menjamin kesetaraan antar generasi dan prinsip 'pencemar membayar' dalam hal dekomisioning fasilitas pasca kecelakaan parah; dan PUU yang mengatur pendanaan untuk membangun kompetensi, dan penelitian dan pengembangan terkait kegiatan dekomisioning;
4. Untuk memudahkan pelaksanaan dan pengawasan dekomisioning, diperlukan juga beberapa pedoman yang saat ini belum ada, seperti mengenai: pelaksanaan pendekatan bertingkat dan SMT, perkiraan biaya dekomisioning, penilaian kemudahan dekomisioning atas suatu desain fasilitas nuklir, dan penggunaan statistik untuk mendemonstrasikan bahwa tingkat klierens telah tercapai; dan,
5. PUU yang menyatakan bahwa 'PI harus memilih hanya opsi penguburan dalam kondisi kecelakaan parah dan seluruh limbah radioaktif tidak dapat dipindahkan dari fasilitas nuklir' kurang membuka peluang untuk mengupayakan pembongkaran dan berpotensi

berlawanan dengan prinsip ‘pencemar membayar’.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Republik Indonesia, Peraturan Pemerintah No. 2 Tahun 2014 tentang Perizinan Instalasi Nuklir, Jakarta, (2014).
2. Zainus Salimin, dkk., Dekomisioning Fasilitas Pemurnian Asam Fosfat Petrokimia Gresik, ISSN 1410-6086, Jakarta (2008).
3. <http://www.batan.go.id/index.php/id/home/sejarah>. Diakses pada tanggal 4 Agustus 2017.
4. IAEA, *GSR Part 6 Decommissioning of Facilities*, Vienna, (2014).
5. IAEA, *NW-T-1.10 Advancing Implementation of Decommissioning and Environmental Remediation Programmes*, Vienna, (2016).
6. IAEA, *TRS 464 Managing the Socioeconomic Impact of the Decommissioning of Nuclear Facilities*, Vienna. (2008).
7. Kenneth D. Riener, *The Local Economic Impacts of Decommissioning the Diablo Canyon Power Plant*, San Luis Obispo, (2010).
8. Mark Berkman, *The Economic Impacts of Decommissioning Vermont Yankee*, \_\_\_\_\_, (2016).
9. Grangeston, *The Socio-Economic Impacts of Dounreay Decommissioning*, \_\_\_\_\_, (2012).
10. Republik Indonesia, Undang-undang No. 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran, Jakarta, (1997).
11. Republik Indonesia, Peraturan Pemerintah No. 33 Tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif, Jakarta, (2007).
12. Republik Indonesia, Peraturan Pemerintah No. 54 Tahun 2012 tentang Keselamatan dan Kemanan Instalasi Nuklir, Jakarta, (2012).
13. Republik Indonesia, Peraturan Pemerintah No. 61 Tahun 2013 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif, Jakarta., (2013);
14. Republik Indonesia, Peraturan Kepala BAPETEN No. 4 Tahun 2009 tentang Dekomisioning Reaktor Nuklir, Jakarta, (2009).
15. Republik Indonesia, Peraturan Kepala BAPETEN No. 6 Tahun 2011 tentang Dekomisioning Instalasi Nuklir Nonreaktor, Jakarta, (2011).
16. Republik Indonesia, Peraturan Kepala BAPETEN No. 4 Tahun 2013 tentang Proteksi dan Keselamatan Radiasi dalam Pemanfaatan Tenaga Nuklir, Jakarta, (2013).
17. Republik Indonesia, Peraturan Kepala BAPETEN No. 7 Tahun 2013 tentang Nilai Batas Radioaktivitas Lingkungan, Jakarta, (2013).
18. IAEA, *GSR Part 4 Safety Assessment for Facilities and Activities*, Vienna, (2009).
19. IAEA, *GSR Part 2 Leadership and Management for Safety*, Vienna, (2016).
20. IAEA, *GSR Part 7 Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency*, Vienna, (2015).