

## BAB XI

# Budaya Keamanan Nuklir

Anhar R. Antariksawan & Khairul \_\_\_\_\_

### A. Pendahuluan

Penerapan teknologi dalam berbagai bidang kehidupan yang sangat maju dewasa ini tetap memerlukan peran manusia yang merancang, mengoperasikan, ataupun mengawasinya. Berbagai kegagalan penerapan teknologi yang muncul dalam bentuk kecelakaan suatu fasilitas ataupun sistem, diketahui sering disebabkan oleh kesalahan manusia. Dalam bidang teknologi nuklir pun demikian; faktor manusia menjadi salah satu faktor penting dalam keselamatan fasilitas nuklir. Kecelakaan Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN) Chernobyl Unit 4 mendapat perhatian khusus tentang pentingnya faktor manusia (Antariksawan & Juarsa, 2018). Oleh karena itu, Badan Tenaga Atom Internasional (International Atomic Energy Agency, IAEA) perlu mengeluarkan rekomendasi tentang penguatan faktor manusia dalam

---

Anhar R. Antariksawan\* & Khairul

\* Badan Riset dan Inovasi Nasional, e-mail: anha001@brin.go.id

© 2023 Editor dan Penulis

Antariksawan, A. R., & Khairul. (2024). Budaya keamanan nuklir. Dalam Antariksawan, A. R. (Ed.), *Memperkuat Keamanan Nuklir Untuk Meningkatkan Pemanfaatan Iptek Nuklir* (277–303). Penerbit BRIN. DOI: 10.55981/brin.760.c999, E-ISBN: 978-623-8372-75-1

meningkatkan keselamatan melalui penerapan budaya keselamatan (IAEA, 1991).

Hal serupa juga terjadi di bidang keamanan. Penerapan teknologi nuklir harus dilandasi dengan komitmen bahwa bahan nuklir dan zat radioaktif serta fasilitas nuklir dan radiasi harus dijamin aman, tidak mengalami gangguan keamanan seperti pencurian, sabotase, akses ilegal dan kejahatan lainnya yang dapat membahayakan masyarakat dan lingkungan. Berbagai kejadian gangguan keamanan di berbagai negara pada awal tahun 2000, membuat banyak negara anggota IAEA mendorong introduksi “budaya keamanan nuklir” dalam implementasi sistem keamanan terhadap fasilitas dan bahan nuklir serta zat radioaktif. Setelah melalui beberapa kali pembahasan dalam berbagai tingkat di IAEA, pada tahun 2005 semua negara pihak Konvensi Proteksi Fisik Material Nuklir (Convention on the Physical Protection on Nuclear Material, CPPNM) setuju secara konsensus amandemen CPPNM, termasuk untuk memasukkan klausul budaya keamanan nuklir dalam Prinsip Fundamental F sebagai berikut (Inventory of International Nonproliferation Organizations and Regimes, t.t.; IAEA, 2006):

*“Budaya Keamanan: Seluruh organisasi yang terlibat di dalam implementasi proteksi fisik harus memberikan prioritas yang memadai pada budaya keamanan; pada perkembangan dan pemeliharannya yang diperlukan untuk menjamin implementasi yang efektif di keseluruhan organisasi.”*

Selain itu, harus dicatat bahwa Kode Etik IAEA mengenai keselamatan dan keamanan sumber radioaktif (IAEA, 2004) berisi prinsip-prinsip dasar berikut:

*“Dalam rangka untuk melindungi individu, masyarakat, dan lingkungan hidup, setiap negara harus mengambil langkah-langkah yang diperlukan untuk menjamin penumbuhkembangan budaya keselamatan dan budaya keamanan terkait dengan sumber-sumber radioaktif.” [Prinsip Dasar 7(b)]*

Seiring dengan konvensi CPPNM beserta Amandemennya (CPPNM/A) dan Kode Etik tersebut, untuk memberikan panduan terkait penerapan dan penguatan Budaya Keamanan Nuklir, pada tahun 2008 IAEA menerbitkan dokumen panduan implementasi budaya keamanan nuklir (IAEA, 2008).

Secara umum, diyakini bahwa penerapan budaya keamanan nuklir yang kuat adalah penting untuk membangun sistem keamanan yang tangguh dan efektif. Oleh karena itu pula, pada Nuclear Security Summit ketiga pada tahun 2014 di Den Haag, negara peserta menyepakati, seperti tertuang dalam The Hague Communiqué, bahwa sistem keamanan fasilitas nuklir perlu menerapkan budaya keamanan nuklir selain proteksi fisik dan akuntansi bahan nuklir (The Hague, 2014)

Indonesia, sebagai negara pihak dalam CPPNM telah mengesahkan CPPNM/A melalui Peraturan Presiden (Perpres) Republik Indonesia Nomor 46 Tahun 2009 (Perpres No. 46, 2009). Selanjutnya, melalui Peraturan Pemerintah (PP) Republik Indonesia Nomor 54 (2012), Pemerintah mewajibkan setiap Pemegang Izin bahan nuklir dan instalasi nuklir harus menetapkan dan menerapkan sistem manajemen keselamatan dan keamanan instalasi nuklir yang di antaranya memuat budaya keselamatan dan keamanan. Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) sebagai Pemegang Izin instalasi nuklir menerapkan kewajiban tersebut, termasuk menuangkan pelaksanaan dan peningkatan berkelanjutan Budaya Keamanan dalam Pedoman Persyaratan Sistem Manajemen Keamanan (Peraturan Kepala [Perka] BATAN No. 153, 2010). Di negara yang sudah maju dalam pengembangan teknologi nuklir, seperti di Tiongkok dan Jepang, budaya keamanan nuklir juga ditempatkan sebagai prioritas untuk menjamin keamanan nuklir di instalasi nuklir dan fasilitas yang memiliki bahan nuklir (Zhang, H., 2014; Eguchi, N., 2016).

## **B. Model dan Karakteristik Budaya Keamanan Nuklir**

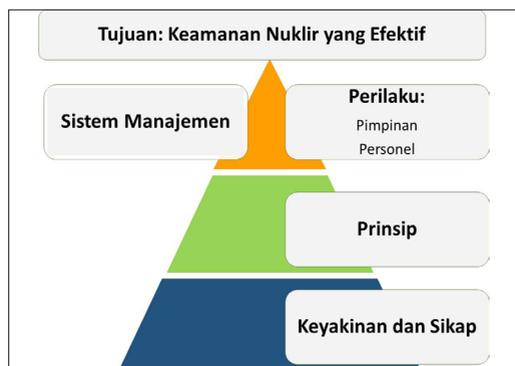
Dari sisi kata, budaya menurut KBBI (Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa, t.t.) adalah: (1) pikiran, akal budi; (2) adat istiadat;

(3) sesuatu mengenai kebudayaan yang sudah berkembang (beradab, maju); (4) sesuatu yang sudah menjadi kebiasaan dan sukar diubah. Dalam hal ini, budaya sangat erat kaitannya antara individu dan lingkungannya. Sementara itu jika dikaitkan dengan budaya keamanan, sesuai dengan penjelasan pada PP No. 54 (2012) disebutkan: “Budaya Keamanan adalah paduan sifat dan sikap organisasi dan individu dalam organisasi yang memberikan perhatian dan prioritas utama pada masalah keamanan instalasi nuklir”. Di sisi lain, dalam artikel IAEA (2008), “Nuclear Security Culture: Implementing Guide” seri *IAEA Nuclear Security Series No. 7*, Budaya Keamanan Nuklir didefinisikan sebagai: “Keseluruhan karakteristik, sikap, dan perilaku para individu, organisasi, dan institusi yang berfungsi sebagai sarana untuk mendukung dan meningkatkan keamanan nuklir”.

Dari semua batasan dan penjelasan tersebut, pengertian budaya keamanan nuklir secara umum adalah pikiran dan cara pandang yang menjadi sikap dan terwujud dalam tindakan atau perilaku dan kebiasaan, baik individu maupun organisasi, yang senantiasa memberikan perhatian dan mengutamakan keamanan sehingga mampu menjaga dan meningkatkan keamanan instalasi nuklir.

Budaya sering dipandang sebagai sesuatu yang abstrak. Oleh karena itu, diperlukan suatu model untuk dapat digunakan sebagai cara menganalisis dan mengkaji tingkat budaya, khususnya dalam konteks budaya keamanan nuklir. Untuk itu, IAEA (2008) mengadopsi model budaya organisasi dari Schein (2004) yang telah dikenal luas. Seperti halnya pada budaya organisasi, budaya keamanan nuklir dibedakan dalam tiga tingkat (Gambar 11.1). Gambaran dari model tersebut seperti piramida, yang bagian puncaknya mengarah pada sebuah tujuan akhir dari budaya keamanan, yaitu keamanan nuklir yang efektif. Setiap tingkat dari piramida tersebut disebut sebagai karakteristik. Selanjutnya, setiap karakteristik tersebut diuraikan ke dalam elemen atau atribut. Berbagai contoh elemen tersebut secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 11.1 (IAEA, 2008). Keterangan lengkap setiap elemen dapat ditemukan di IAEA (2008). Elemen tersebut pada dasarnya adalah hal yang dapat berlaku umum di berbagai organisasi. Namun,

organisasi tertentu dapat memiliki elemen yang spesifik dan berbeda dari contoh tersebut. Sebagai contoh, forum industri nuklir di Inggris memberikan panduan 8 elemen atau atribut kunci untuk terciptanya budaya keamanan nuklir yang prima (*excellent security culture*) di industri nuklir Inggris (Department of Energy and Climate Change & The National Skills Academy Nuclear, 2013). Contoh lain, Miller et al. (2020) mengajukan model budaya keamanan nuklir yang berbeda setelah melakukan survei pada 8 fasilitas nuklir di Amerika Serikat. Pendekatannya empiris dan lebih pada tataran praktis.



Sumber: IAEA (2008)

**Gambar 11.1** Model Budaya Keamanan Nuklir

Tingkat dalam model budaya organisasi menggambarkan dari yang paling dapat dilihat (di bagian paling atas) ke bagian yang paling dalam (tidak terlihat, tapi justru inti dari budaya ada di bagian paling bawah) (Schein, 2004). Dalam hal budaya keamanan nuklir, IAEA mengadopsi model tersebut. Tingkat paling dasar adalah karakteristik yang disebut keyakinan dan sikap, tingkat kedua merupakan prinsip (atau lebih lengkap adalah prinsip yang memandu pengambilan keputusan dan perilaku), dan tingkat ketiga adalah karakteristik sistem manajemen dan perilaku (pimpinan dan personel). Model piramida tersebut juga dapat dibayangkan sebagai sebuah gunung es yang berada di lautan, dengan dua tingkat di bawah adalah bagian gunung es yang terendam yang pada umumnya volumenya lebih besar,

sedangkan tingkat ketiga merupakan puncak gunung es yang terlihat karena berada di atas permukaan air. Hal tersebut menggambarkan bahwa keyakinan dan sikap serta prinsip sebagai karakteristik yang tidak tampak karena ada dalam keyakinan dan pikiran sehingga sulit untuk dapat diukur, tetapi merupakan karakteristik yang sangat penting dan mendasari budaya keamanan nuklir. Berbeda dengan itu, sistem manajemen dan perilaku merupakan karakteristik yang tampak dan lebih dapat diukur dengan menggunakan metode tertentu. Tingkat ketiga piramida ini disebut juga artefak yang merupakan hasil dari apa yang diyakini (tingkat pertama) dan prinsip yang diikuti (tingkat kedua).

**Tabel 11.1** Karakteristik dan Contoh Elemen Budaya Keamanan Nuklir

Karakteristik	Keyakinan dan Sikap	Prinsip	Sistem Manajemen dan Perilaku	
			Sistem Manajemen	Perilaku
Elemen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ancaman itu nyata</li> <li>• Keamanan nuklir penting</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motivasi</li> <li>• Kepemimpinan</li> <li>• Komitmen dan tanggungjawab</li> <li>• Profesionalisme dan kompetensi</li> <li>• Belajar dan perbaikan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kebijakan keamanan yang terlihat</li> <li>• Peran dan tanggungjawab yang jelas</li> <li>• Pengukuran kinerja</li> <li>• Lingkungan kerja</li> <li>• Pelatihan dan kualifikasi</li> <li>• Manajemen kerja</li> <li>• Keamanan informasi</li> <li>• Operasi dan perawatan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pimpinan</li> <li>• Ekspektasi</li> <li>• Penggunaan wewenang</li> <li>• Pengambilan keputusan</li> <li>• Pengawasan manajemen</li> <li>• Keterlibatan staf</li> <li>• Komunikasi</li> <li>• Peningkatan kinerja</li> <li>• Motivasi</li> <li>• Personel</li> <li>• Etika profesional</li> </ul>

Karakteristik	Keyakinan dan Sikap	Prinsip	Sistem Manajemen dan Perilaku	
			Sistem Manajemen	Perilaku
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistem penentuan tingkat sifat dapat dipercaya (trustworthiness) staf</li> <li>• Jaminan kualitas</li> <li>• Manajemen perubahan</li> <li>• Proses umpan balik</li> <li>• Rencana kontingensi</li> <li>• Penilaian diri</li> <li>• Hubungan dengan regulator</li> <li>• Koordinasi dengan organisasi lain</li> <li>• Dokumentasi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Akuntabilitas</li> <li>• Kepatuhan pada prosedur</li> <li>• Kerja sama</li> <li>• Kewaspadaan</li> </ul>

Sumber: IAEA (2008)

Fondasi dari budaya keamanan nuklir adalah keyakinan dan sikap bahwa ancaman terhadap keamanan instalasi dan bahan nuklir itu nyata dan oleh karenanya keamanan nuklir itu penting dan perlu menjadi salah satu prioritas. Keyakinan dan sikap yang terbentuk di pikiran manusia setelah beberapa lama menjadi faktor penentu dalam manusia berperilaku dan memengaruhi bagaimana seseorang merespons isu-isu dan kejadian keamanan. Dalam suatu organisasi, keyakinan ini dimulai oleh para pimpinan (manajer). Ketika keyakinan ini disampaikan oleh para pimpinan dan diterima oleh seluruh personel dalam organisasi, keyakinan ini menjadi keyakinan organisasi.

Dalam budaya keamanan nuklir, keyakinan bahwa ancaman itu nyata dan keamanan nuklir itu penting, merupakan hal mendasar yang harus tumbuh dalam setiap individu dalam organisasi sehingga membentuk sikap setiap individu untuk memperhatikan keamanan nuklir. Sebaliknya jika tidak ada keyakinan tersebut, individu akan bersikap lebih ceroboh atau bahkan abai terhadap keamanan nuklir. Keyakinan ini membentuk fondasi dari budaya keamanan nuklir dan sangat penting karena hal tersebut memengaruhi perilaku yang pada akhirnya juga memengaruhi efektivitas tercapainya tujuan keamanan nuklir. Tanpa dasar keyakinan dan sikap yang kuat, budaya keamanan nuklir yang efektif tidak akan tercipta. Keamanan nuklir harus menjadi perhatian semua orang yang bekerja di fasilitas, organisasi, atau lokasi terkait—termasuk pada tingkatan tertentu anggota masyarakat—dan bukan hanya menjadi perhatian staf keamanan saja.

Keyakinan dan sikap tersebut akan menjadi dasar prinsip dan nilai yang diyakini dan ditanamkan sebagai dasar dalam kebijakan serta pengambilan keputusan dalam organisasi, khususnya yang mengelola instalasi dan bahan nuklir. Prinsip-prinsip ini harus dijelaskan dan diinternalisasikan kepada para staf untuk selanjutnya dilaksanakan secara konsisten ke seluruh bagian organisasi. Konsistensi dan kinerja individu dalam keamanan nuklir sangat dipengaruhi oleh dorongan dan penguatan motivasi yang diterima dari para pimpinan, rekan sejawat, dan bawahan. Dalam konteks, ini kepemimpinan dari pimpinan sangat mendukung upaya internalisasi prinsip budaya keamanan nuklir sehingga semua orang mengambil tanggung jawab pribadi di dalam operasi sistem, begitu juga dengan bagaimana mereka melakukan pekerjaan mereka.

Mengingat ancaman berkembang dan berbeda dari masa ke masa, keamanan nuklir harus didukung oleh personel yang profesional dan terqualifikasi. Di sisi lain, sistem keamanan nuklir juga harus berkembang makin efektif. Selain dari aspek teknologi, harus muncul inovasi yang lebih adaptif terhadap perkembangan ancaman. Prinsip belajar dari pengalaman dan kemauan untuk melakukan perbaikan akan membantu penguatan keamanan nuklir. Serangan 11 September

atau Peristiwa Selasa Kelabu (juga disebut Serangan 9/11 atau hanya 9/11) yang terjadi di Amerika Serikat menjadi salah satu pembelajaran untuk memperhatikan kembali keamanan nuklir dan mendorong penguatan budaya keamanan. Di dalam negeri, kejadian gangguan keamanan juga pernah terjadi. Meskipun bukan menyangkut langsung keamanan nuklir, hal ini dapat menjadi dasar untuk penguatan keamanan nuklir yang efektif.

Implementasi prinsip dan nilai di lapangan yang dapat dilihat sebagai artefak meliputi dua karakteristik, yaitu sistem manajemen dan perilaku, baik perilaku pimpinan maupun personel. Sistem manajemen yang menunjukkan komitmen pada keamanan nuklir, otoritas, dan tanggung jawab yang jelas dari setiap pihak di dalam organisasi—dalam hal keamanan nuklir dan penyediaan sumber daya untuk mendukung keamanan nuklir—sangat diperlukan agar tujuan akhir keamanan nuklir yang efektif dapat tercapai. Proses manajemen perencanaan, implementasi, pengawasan atau kaji diri (*self-assessment*), dan tindakan perbaikan juga harus diterapkan. Elemen penting lain dalam sistem manajemen ini dapat dilihat pada Tabel 11.1. Di sisi lain, efektivitas keamanan nuklir bergantung pada perilaku dari seluruh pimpinan dan personel dalam organisasi. Beberapa elemen terpenting dari perilaku personel yang dapat mendukung keamanan nuklir yang efektif adalah etika profesional, akuntabilitas setiap personel, ketaatan pada prosedur yang telah ditetapkan, keterbukaan diri untuk bekerja sama dan bekerja dalam tim, serta kewaspadaan terhadap hal-hal yang menyangkut keamanan. Dari sisi pimpinan, ekspektasi terhadap target kinerja keamanan nuklir harus dikomunikasikan secara baik oleh pimpinan ke semua personel sekaligus melakukan supervisi dan pengawasan, serta mampu menggunakan otoritasnya secara tepat untuk memotivasi kinerja sesuai tugas dan tanggung jawab personel. Jika semua karakteristik tersebut dapat ditumbuhkembangkan dalam organisasi dan budaya keamanan nuklir menjadi bagian budaya organisasi, tujuan menciptakan keamanan nuklir yang efektif pasti tercapai. Hal tersebut ditandai dengan adanya program keamanan nuklir yang mampu menjalankan fungsi pencegahan, pendeteksian,

penundaan, dan responss terhadap berbagai gangguan keamanan seperti pencurian, sabotase, akses tanpa otorisasi, dan tindakan jahat lainnya yang berkaitan dengan bahan nuklir dan radioaktif dalam penggunaan, penyimpanan, ataupun selama dalam perjalanan (transportasi).

### C. Peran dan Tanggung Jawab Berbagai Institusi dan Individu

Sebagian besar negara di dunia telah memanfaatkan iptek nuklir dalam berbagai bentuk penggunaan bahan nuklir dan zat radioaktif, ataupun fasilitas radiasi di berbagai bidang industri dan kebutuhan kehidupan masyarakat. Di sisi lain, mengingat kandungan bahaya dari penggunaan bahan nuklir, zat radioaktif, dan fasilitas radiasi, tanggung jawab keamanan dan keselamatan di suatu negara melekat pada pemerintah negara tersebut. Di Indonesia pun demikian. Oleh karena itu, pemerintah Indonesia juga telah berkomitmen untuk menggunakan iptek nuklir dengan tujuan kesejahteraan, perdamaian, serta menjaga keselamatan dan keamanan masyarakat dari bahaya radiologis. Komitmen tersebut ditunjukkan melalui penandatanganan dan ratifikasi berbagai traktat internasional yang diturunkan ke berbagai peraturan perundang-undangan nasional.

Di tataran internasional, IAEA (2013) merekomendasi agar setiap negara menerapkan rezim keamanan nuklir berkelanjutan (*sustainable nuclear security regime*). Penerapan dilakukan melalui penatakelolaan bahan nuklir dan zat radioaktif, baik yang dalam penggunaan, penyimpanan, maupun pengangkutan dengan tujuan melindungi individu, masyarakat, dan lingkungan dari bahaya yang diakibatkan oleh kejadian terkait bahan nuklir dan zat radioaktif. Dalam konteks ini, rezim keamanan nuklir mencakup bahan nuklir dan zat radioaktif yang di dalam dan di luar kendali regulasi (*out of regulatory control*), dan fasilitas serta aktivitas terkait. Salah satu dari 12 elemen esensial rezim keamanan nuklir adalah budaya keamanan nuklir yang tangguh. Hal tersebut merupakan tanggung jawab dari

semua otoritas yang berkompeten dalam keamanan nuklir untuk mewujudkannya (IAEA, 2013).

Pada suatu negara, terdapat tiga pilar pihak yang memiliki tanggung jawab berbeda dalam penguatan budaya keamanan nuklir, tetapi tetap terhubung satu sama lain, yaitu negara, organisasi dan manajer yang terlibat, serta individu. Gambar 11.2 mengilustrasikan peran ketiga pilar dan hal-hal utama yang menjadi tanggung jawabnya.



Sumber: IAEA (2008)

**Gambar 11.2** Peran Pilar Utama Keamanan Nuklir

Pilar pertama yang memiliki tanggung jawab tertinggi di suatu negara adalah pemerintah negara tersebut, melalui berbagai kebijakan dan penetapan peraturan perundang-undangan (*legal framework*) yang terkait keamanan secara umum dan keamanan nuklir secara khusus. Secara spesifik, perlu ditetapkan kebijakan keamanan nasional yang juga akan menjadi payung keamanan nuklir di tingkat nasional. Selanjutnya, pemerintah juga perlu menetapkan pembagian tugas dan tanggung jawab pada berbagai institusi yang memiliki kaitan dengan berbagai aspek keamanan nuklir. Salah satu elemen penting dalam keamanan nuklir adalah keamanan informasi. Dalam hal ini, pemerintah juga perlu menetapkan kebijakan dalam keamanan informasi, khususnya keamanan informasi sensitif seperti yang terkait bahan nuklir. Tabel 11.2 berisi berbagai institusi yang berkaitan dengan keamanan, termasuk keamanan nuklir di tingkat

Buku ini tidak diperjualbelikan

nasional di Indonesia. Institusi-institusi tersebut berkaitan dengan peran sebagai penyusun kebijakan, politik luar negeri, penegakan hukum, keamanan dan pertahanan secara umum, regulator bidang ketenaganukliran, operator instalasi nuklir, serta kementerian dan badan yang menangani keamanan informasi. Khusus mengenai budaya keamanan nuklir, pemerintah juga perlu menetapkan lembaga atau badan yang memberikan panduan dan melakukan pengawasan. Di Indonesia, Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN) diberi tugas untuk melaksanakan pengawasan di bidang tenaga nuklir dan mewajibkan pemegang izin (pihak yang mendapat izin untuk mengelola instalasi dan bahan nuklir) untuk memberikan prioritas pada budaya keamanan (Perka BAPETEN No. 1, 2009).

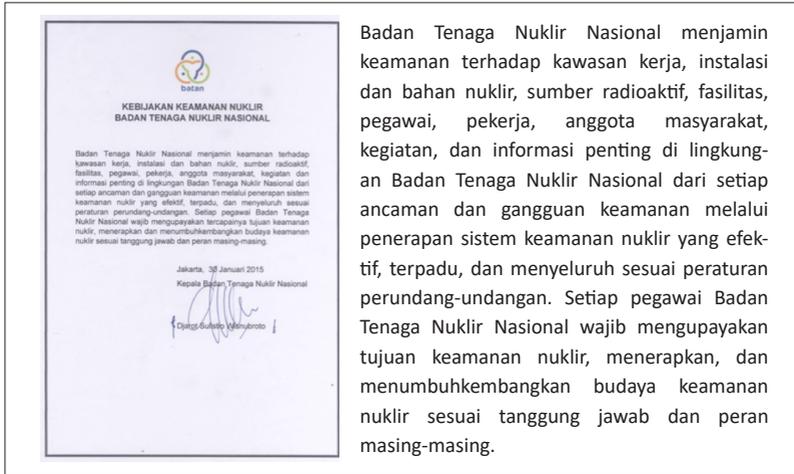
**Tabel 11.2** Contoh Institusi di Indonesia yang Terkait Keamanan Nuklir

No	Institusi	Peran
1.	Kementerian Koordinator Bidang Politik, Hukum, dan Keamanan	Koordinator semua pemangku kepentingan nasional dalam pertahanan dan keamanan
2.	Kementerian Luar Negeri-Direktorat Keamanan Internasional dan Perlucutan Senjata (KIPS)	Perumus kebijakan politik luar negeri dalam lingkup multilateral yang meliputi perdamaian dan keamanan internasional
3.	Kementerian Keuangan-Direktorat Bea dan Cukai	Pengawas keamanan ekspor dan impor barang, khususnya mencegah pengangkutan ilegal bahan nuklir dan radioaktif di perbatasan negara
4.	Tentara Nasional Indonesia (TNI)-Satuan Nuklir, Biologi, dan Kimia (Nubika), Zeni Angkatan Darat	<i>Responsder</i> ancaman bahaya yang diakibatkan oleh bahan (senjata) nuklir, biologi, dan kimia
5.	Kepolisian Republik Indonesia- Detasemen Kimia, Biologi, dan Radioaktif (KBR)	Penindak gangguan keamanan dan ketertiban masyarakat berintensitas tinggi, khususnya yang menggunakan bahan kimia, biologi, dan radioaktif
6.	BAPETEN	Pengawas dan pengatur penggunaan bahan dan instalasi nuklir (khususnya di tingkat fasilitas)

No	Institusi	Peran
7.	Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN)*	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pengguna/operator/pemegang izin bahan dan instalasi nuklir</li> <li>• Pelaksana riset dan pelatihan dalam ketenaganukliran</li> </ul>
8.	Badan Siber dan Sandi Negara (BSSN)	Perumusan dan penetapan kebijakan teknis di bidang keamanan siber dan sandi

Keterangan: \*) sejak 28 April 2021 terintegrasi dalam Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)

Pilar kedua adalah organisasi. Seperti ditunjukkan dalam Tabel 11.2, terdapat berbagai organisasi yang berkaitan dengan keamanan nuklir, hal yang sama juga dijumpai di berbagai negara lainnya. Di Indonesia, organisasi yang sangat spesifik berkaitan dengan tenaga nuklir adalah BAPETEN dan BATAN, sesuai dengan Undang-undang No. 10 (1997) merupakan badan pengawas dan badan pelaksana ketenaganukliran (setelah integrasi lembaga riset; sesuai Perpres No. 78 (2021), BRIN ditetapkan sebagai badan pelaksana. Dalam hal budaya keamanan nuklir, peran organisasi sangat penting. Sebagai ilustrasi, BAPETEN sebagai badan pengawas menetapkan regulasi dan mengawasi implementasi budaya keamanan nuklir. Sementara itu, sebagai pemegang izin, BATAN/BRIN wajib mengimplementasikan persyaratan terkait keamanan nuklir, termasuk menerapkan budaya keamanan nuklir. Di sisi lain, sebagai lembaga riset, BATAN/BRIN juga memiliki peran sebagai pelaksana riset terkait keamanan nuklir dan budaya keamanan nuklir serta melakukan pelatihan dalam keamanan nuklir. Oleh karena itu, BATAN melaksanakan berbagai hal spesifik, seperti ditunjukkan pada Gambar 11.2, antara lain, menetapkan kebijakan keamanan nuklir, menyusun tata kelola terkait keamanan nuklir, menyiapkan sumber daya, melakukan internalisasi dan kaji diri (*self-asesment*) penerapan budaya keamanan nuklir, serta upaya penguatan budaya keamanan nuklir. Gambar 11.3 merupakan contoh deklarasi kebijakan keamanan nuklir di BATAN yang salah satu pernyataannya adalah komitmen untuk menerapkan dan menumbuhkembangkan budaya keamanan nuklir.



Badan Tenaga Nuklir Nasional menjamin keamanan terhadap kawasan kerja, instalasi dan bahan nuklir, sumber radioaktif, fasilitas, pegawai, pekerja, anggota masyarakat, kegiatan, dan informasi penting di lingkungan Badan Tenaga Nuklir Nasional dari setiap ancaman dan gangguan keamanan melalui penerapan sistem keamanan nuklir yang efektif, terpadu, dan menyeluruh sesuai peraturan perundang-undangan. Setiap pegawai Badan Tenaga Nuklir Nasional wajib mengupayakan tujuan keamanan nuklir, menerapkan, dan menumbuhkembangkan budaya keamanan nuklir sesuai tanggung jawab dan peran masing-masing.

**Gambar 11.3** Pernyataan Kebijakan Keamanan Nuklir BATAN

Di dalam suatu organisasi, peran para manajer dalam penguatan budaya keamanan nuklir sangat vital. Para manajer tersebut yang langsung berhadapan dengan pelaksana di lapangan, misalnya penjaga (*guards*), petugas proteksi fisik, penilai keamanan, dan setiap individu yang di dalam tanggung jawabnya. Setiap manajer harus membagi tanggung jawab para personel, mengawasi pelaksanaan, terus-menerus memberikan motivasi, serta melakukan evaluasi dan perbaikan yang diperlukan berdasarkan hasil evaluasi. Dalam praktiknya di BATAN, terdapat dua pihak yang secara langsung berkaitan dengan budaya keamanan nuklir, yaitu manajer teknis yang mengelola bahan dan instalasi nuklir dan manajer yang bertanggung jawab terhadap unit pengamanan nuklir. Kedua pihak bersinergi untuk membangun budaya keamanan nuklir yang kuat,

Pilar ketiga adalah individu. Di dalam suatu organisasi, budaya keamanan nuklir bukan hanya tanggung jawab yang mengelola bahan dan instalasi nuklir atau petugas pengamanan nuklir, tetapi seluruh individu sesuai dengan tanggung jawab dan peran masing-masing. Hal mendasar yang perlu dimiliki oleh setiap individu adalah sikap dan perilaku aman, di antaranya kepatuhan terhadap peraturan, regulasi dan prosedur, kewaspadaan terus-menerus, sikap mempertanyakan,

Buku ini tidak diperjualbelikan

dan tanggap terhadap hal-hal yang memiliki implikasi terhadap kerentanan sistem keamanan. Walaupun keamanan menjadi perhatian semua orang di fasilitas nuklir, personel yang memiliki tanggung jawab khusus seperti petugas keamanan dan proteksi radiasi harus benar-benar terlatih, dihargai, dan terus dimotivasi. Individu-individu ini harus diberikan kesempatan pengembangan karier, begitu juga kemungkinan penugasan kembali untuk menjaga jumlah sumber daya manusia dan kompetensinya.

Budaya tidak dapat tumbuh atau berubah dalam sekejap. Oleh karena itu, diperlukan komitmen dan konsistensi untuk memelihara dan meningkatkan budaya keamanan nuklir. Dalam hal ini, manajer memiliki tanggung jawab untuk senantiasa menunjukkan kepemimpinan dan panutan yang positif melalui perhatian dan kepatuhan mereka pada praktik-praktik keamanan nuklir.

#### **D. Penerapan Budaya Keamanan Nuklir di BATAN**

Kegiatan terkait budaya keamanan nuklir di BATAN dimulai pada tahun 2010, menyusul dipublikasikannya dokumen panduan implementasi budaya keamanan nuklir oleh *IAEA Nuclear Security Series No. 7* (Antariksawan & Khairul, 2016). Kegiatan tersebut diawali dengan acara sosialisasi kepada pimpinan dan staf tingkat manajer yang diberikan langsung oleh pakar dari IAEA dan Center for International Trade and Security (CITS), University of Georgia (UGA), Amerika Serikat. Setelah itu, diseminasi juga dilakukan pada staf yang berhubungan dengan bahan dan instalasi nuklir serta pemangku kepentingan lain yang berhubungan dengan keamanan. Setelah rangkaian acara tingkat nasional tersebut, pada tahun 2011, BATAN menjadi tuan rumah *workshop* regional budaya keamanan nuklir yang diselenggarakan oleh IAEA. Dalam acara tersebut, selain pakar dari IAEA dan CITS, beberapa staf dari BATAN ikut terlibat sebagai pemateri atau pengajar.

Setelah melakukan serangkaian sosialisasi dan internalisasi budaya keamanan nuklir di seluruh fasilitas nuklir di lingkungan BATAN, IAEA menawarkan pada BATAN untuk melakukan uji coba

metode kaji diri (*self-assessment*) penerapan budaya keamanan pada instalasi nuklir. BATAN menerima tawaran tersebut, yang merupakan kegiatan pertama kali yang dilakukan oleh IAEA dan melaksanakan kaji diri penerapan budaya keamanan nuklir di 3 fasilitas reaktor nuklir riset di BATAN pada tahun 2012 (Hermana et al., 2013). Kegiatan tersebut dilaksanakan dengan dukungan dari IAEA dan CITS. Hasil yang diperoleh, selain dimanfaatkan untuk mengevaluasi dan memperbaiki metode kaji diri, BATAN juga memanfaatkan IAEA untuk mengetahui status pemahaman dan penerapan budaya keamanan di ketiga instalasi pada khususnya dan BATAN pada umumnya.

Berbekal pengalaman dilakukannya kaji diri yang pertama tersebut, serta mempertimbangkan umpan balik dari berbagai mitra dalam keamanan nuklir, termasuk IAEA, pada tahun 2014, BATAN mendeklarasikan dibentuknya Center for Security Culture and Assessment (CSCA) (Purwanto, 2014). CSCA ini dibentuk dengan maksud menjadi *center of excellence* dalam promosi, pengembangan, dan kaji diri budaya keamanan nuklir. CSCA juga menjadi upaya dalam menginstitusionalisasikan keamanan nuklir di BATAN untuk menjadikan keamanan nuklir yang efektif dan berkelanjutan (Antariksawan et al., 2014). Melalui CSCA ini pula upaya kolaborasi dengan pemangku kepentingan dalam hal keamanan bahan nuklir dan radioaktif, dilakukan. Selain itu, dalam perkembangannya, kolaborasi juga dilakukan tidak hanya pada bidang keamanan nuklir, tetapi juga keamanan yang menyangkut penggunaan bahan kimia dan biologi yang dapat membahayakan masyarakat. Budaya keamanan nuklir serta metodologi kaji dirinya menjadi inspirasi pengembangan budaya keamanan yang berkaitan dengan bahan kimia dan biologi. CSCA juga telah dilibatkan dalam berbagai kampanye keamanan nuklir di tingkat regional ataupun internasional bersama mitra utamanya, CITS dan Department of States, Amerika Serikat (United States-Department of State, US-DoS). Kerja sama yang dibangun oleh CSCA, tidak hanya bagi pengguna bahan kimia dan biologi, tetapi juga kepada akademisi. Tujuannya agar kegiatan yang dilakukan mendapat sentuhan ilmiah. Sejumlah mahasiswa telah mengikuti program magang (*internship program*) selama 1 bulan, guna memahami keamanan nuklir dan

budaya keamanan nuklir, salah satu hasilnya telah dipublikasikan (Desviana et al., 2016).

Mengingat keselamatan dan keamanan harus sejalan dan upaya internalisasi harus dilakukan secara terus-menerus, secara rutin BATAN mengintegrasikan keduanya dalam acara sarasehan budaya keselamatan dan keamanan nuklir. Pertemuan secara rutin membahas keselamatan dan keamanan akan makin memaksimalkan interseksi keduanya dan pada saat yang sama dapat meminimalisir kontradiksi di antara keduanya (Gandhi & Kang, 2013).

Pada tahun 2015, BATAN kembali mengadakan kaji diri penerapan budaya keamanan nuklir. Pada kaji diri yang kedua ini, fokus ditekankan pada tiga fasilitas nuklir yang ada di Kawasan Nuklir Serpong, yaitu Reaktor Serba Guna G.A. Siwabessy (RSG-GAS), fasilitas bahan bakar nuklir, dan fasilitas pengolahan limbah. Kaji diri ini menggunakan metode IAEA yang telah disempurnakan, termasuk berdasarkan umpan balik dari kaji diri pertama yang dilakukan BATAN. Setelah itu, pada tahun 2018, dilakukan kaji diri yang ketiga dengan fokus pada fasilitas radiasi dan pengelolaan bahan radioaktif yang ada di Kawasan Nuklir Pasar Jumat, BATAN.

Sejalan dengan komitmen bahwa keamanan nuklir menjadi tanggung jawab setiap individu di BATAN, pegawai baru dalam masa orientasi mendapatkan sosialisasi tentang keamanan nuklir, termasuk di dalamnya hal yang menyangkut budaya keamanan nuklir. Hal ini bertujuan agar pegawai baru dapat mengenal keamanan nuklir, serta menumbuhkan keyakinan dan sikap bahwa ancaman itu nyata dan keamanan nuklir adalah penting.

## **E. Kaji Diri Budaya Keamanan Nuklir**

Seperi telah disinggung sebelumnya, untuk mengetahui bagaimana status penerapan budaya keamanan nuklir, BATAN telah melakukan tiga kali kaji diri penerapan budaya keamanan nuklir pada instalasi nuklir dan fasilitas radiasi. Keseluruhan kegiatan kaji diri tersebut menggunakan metode yang dikembangkan IAEA, bahkan kaji diri pertama dan kedua mendapatkan supervisi dari pakar IAEA dan

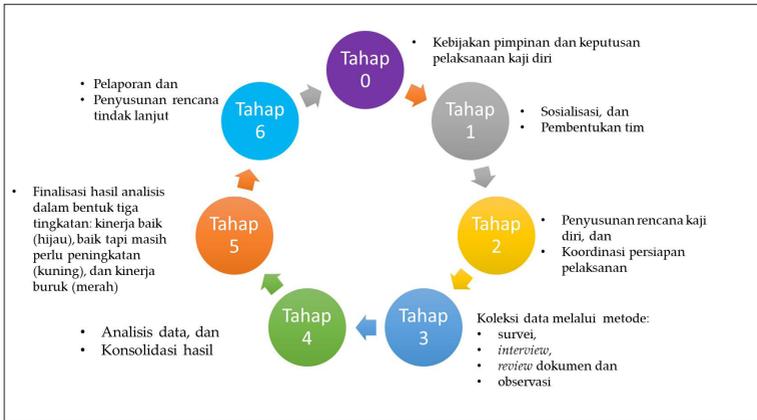
CITS-UGA. CSCA bertindak sebagai koordinator kegiatan kaji diri tersebut. Kaji diri seperti ini juga telah dilakukan oleh salah satu fasilitas PLTN di Bulgaria (Yankov, 2016) dan Korea Selatan (Yoo & Lee, 2015), fasilitas radiasi di salah satu rumah sakit di Malaysia (Khripunov, 2016), serta fasilitas radiologi lainnya (Alrammah & Aljouni, 2021). Kaji diri di beberapa negara tersebut tidak semuanya menggunakan metode IAEA, tetapi lebih banyak hanya berdasarkan survei.

Pada dasarnya, BATAN melakukan ketiga kaji diri tersebut berdasarkan tahapan dan metode dari IAEA (IAEA, 2017), meskipun pada kaji diri yang pertama, tidak sepenuhnya menggunakan metode IAEA yang pada saat tersebut masih dikembangkan. Tahapan dan metode kaji diri yang dimaksud, ditunjukkan pada Gambar 11.4. Setelah keputusan pelaksanaan kaji diri, terdapat 6 langkah lainnya, dari persiapan hingga pembuatan laporan. Untuk metode pengumpulan data, terdiri dari 4 cara, yaitu survei, wawancara, reviu dokumen, dan observasi terhadap penerapan di lapangan. Khusus untuk hasil survei, selain hasil kualitatif, kuantifikasi diberikan dalam rentang skor 1 hingga 7 dan hasil akhir dikelompokkan dalam kategori: kurang (zona merah, skor di bawah 4), baik tapi perlu perbaikan (zona kuning, skor antara 4 dan 5), dan baik (zona hijau, skor di atas 5 hingga 7).

Selain untuk mengevaluasi penerapan budaya keamanan, pelaksanaan kaji diri juga dapat berfungsi sebagai sarana pelatihan yang mirip dengan *on-the-job training*, baik bagi personel yang terlibat sebagai tim pengkaji maupun peserta survei dan interview. Berikut beberapa contoh mengapa pelaksanaan kaji diri dapat berfungsi sebagai sarana pelatihan mirip *on-the-job training* (Khripunov et al., 2016).

- 1) Saat penyusunan pernyataan untuk survei, tim akan mengeksplorasi kesesuaian indikator budaya keamanan yang tepat untuk organisasi tersebut. Dengan demikian anggota tim akan mencoba untuk memahami lebih baik budaya keamanan di organisasinya.
- 2) Pada saat mengikuti survei atau interview, saat membaca pernyataan dalam survei atau menjawab pertanyaan interview,

peserta akan “dipaksa” berpikir, memahami dan mengutarakan pandangan dan pengamatannya tentang keamanan berdasarkan apa yang diketahuinya sehingga peserta akan mengeksplorasi pengetahuannya



Sumber: IAEA (2017)

**Gambar 11.4** Tahapan dan Metode Kaji Diri

Ringkasan pelaksanaan ketiga kegiatan kaji diri diperlihatkan pada Tabel 11.3. Dalam tabel tersebut, diringkas beberapa informasi terkait pelaksanaan, yaitu waktu pelaksanaan, fasilitas yang menjadi objek kaji diri, metode pengumpulan data, jumlah dan komposisi tim pelaksana kaji diri, jumlah responssden survei dan wawancara, serta maksud pelaksanaan kaji diri. Selanjutnya, akan diuraikan hasil yang diperoleh pada kaji diri kedua (Antariksawan et al., 2018) karena menyangkut fasilitas nuklir riset penting di BATAN dan dilakukan dengan metode IAEA secara lengkap.

Dari keempat metode pengumpulan data, survei merupakan metode terpenting yang dijadikan dasar pelaksanaan pengumpulan data yang lain. Interview dilakukan berdasarkan hasil survei yang menunjukkan hasil cenderung negatif sehingga survei dimaksudkan untuk mendalami penyebabnya. Selain itu, survei juga dilakukan untuk mengelaborasi beberapa komentar yang dituliskan oleh responssden

Buku ini tidak diperjualbelikan

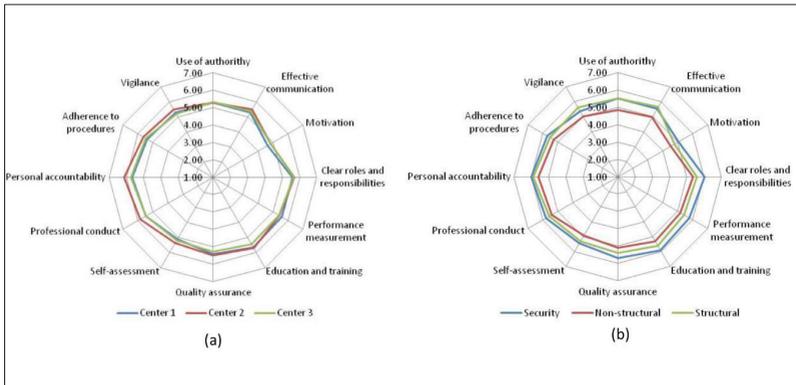
dalam survei. Perlu dicatat bahwa meskipun peserta pada kaji diri kedua lebih sedikit dari pada kaji diri pertama, komentar tertulis yang diperoleh pada kaji diri kedua lebih banyak, yaitu 35 berbanding 123 komentar. Hal ini menambah informasi bagi tim kaji diri untuk melakukan analisis hasil. Sementara itu, reuiu dokumen dan observasi dimaksudkan untuk melihat apa yang terjadi di lapangan, baik dari segi dokumentasi tertulis maupun yang dilakukan individu yang terlibat langsung atau tak langsung yang berkaitan dengan keamanan. Keseluruhan ada 30 pernyataan survei yang menyangkut 12 elemen atau atribut budaya keamanan nuklir pada sistem manajemen, perilaku pimpinan, dan individu.

**Tabel 11.3** Ringkasan Kaji Diri Penerapan Budaya Keamanan Nuklir di BATAN

	Kaji Diri #1	Kaji Diri #2	Kaji Diri #3
Waktu	2012–2013	2015–2016	2018–2019
Fasilitas	RSG GAS, reaktor TRIGA Bandung, dan reaktor Kartini	RSG-GAS, fasilitas elemen bahan bakar nuklir, fasilitas limbah radioaktif	Kawasan Nuklir Pasar Jumat (fasilitas pengelola bahan radioaktif)
Metode	Survei dan interview	Survei, interview, reuiu dokumen dan observasi, serta dengan validasi kuisisioner survei	Survei, interview, reuiu dokumen dan observasi, serta dengan validasi kuisisioner survei
Tim pengkaji	41 orang dengan latar belakang teknis	32 orang dengan latar belakang keahlian beragam	10 orang dengan latar belakang keahlian beragam
Responden	624 orang survei, 128 orang interview	277 orang survei, 43 interview	359 orang survei, 60 orang interview
Maksud	Uji coba metode IAEA dan memperoleh data baseline	Mengetahui penerapan budaya keamanan nuklir di 3 fasilitas riset nuklir	Memperoleh gambaran penerapan budaya keamanan di Kawasan Nuklir Pasar Jumat

Dari semua hasil survei yang terkumpul, tidak ada satu elemen pun yang jatuh pada zona merah, hanya ada satu di zona kuning, dan yang lainnya masuk ke zona hijau dengan skor rerata 5,25. Satu atribut yang masuk ke zona kuning menyangkut perilaku pimpinan, yaitu motivasi. Berdasarkan komentar tertulis dan interviu hal tersebut, terkonfirmasi bahwa mayoritas responssden mengharapkan pimpinan/manajernya lebih banyak waktu untuk memotivasi personel. Hal ini agar senantiasa peduli dengan keamanan serta selalu waspada dengan setiap ancaman (luar dan dalam), termasuk memberikan sistem penghargaan bagi yang berkinerja baik dalam hal keamanan. Pentingnya dorongan motivasi dari manajer ini juga ditemui dari kesimpulan hasil survei budaya keamanan nuklir yang dilakukan oleh Yoo dan Lee (2015).

Di samping itu hasil survei juga dapat digunakan untuk mempelajari perbedaan pandangan responssden terhadap penerapan budaya di tiga fasilitas nuklir dan perbedaan pandangan latar belakang responssden: petugas pengamanan, personel yang memegang jabatan struktural, dan personel pejabat fungsional. Terkait dengan hasil, jika dikaitkan dengan responssden dari ketiga fasilitas nuklir, Gambar 11.5(a) memperlihatkan bahwa tidak ada perbedaan yang berarti. Hasil tersebut memperlihatkan kecenderungan umum hasil keseluruhan. Di sisi lain, terkait perbedaan jabatan responssden, hasil survei memperlihatkan penilaian para pejabat fungsional lebih rendah di semua atribut budaya keamanan nuklir dari pada penilaian dari petugas pengamanan ataupun pejabat struktural (lihat Gambar 11.5 (b)). Pendalaman lebih lanjut dari komentar tertulis dan interviu menunjukkan masih adanya pemahaman bahwa keamanan hanya menjadi tanggung jawab petugas pengamanan. Bahkan, ada responssden yang belum pernah mengikuti sosialisasi tentang keamanan nuklir.



Keterangan: (a) tiga fasilitas nuklir dan (b) jabatan responsden

Sumber: Antariksawan et al., (2018)

**Gambar 11.5** Hasil Survei Kaji Diri Penerapan Budaya Keamanan Nuklir Kedua di BATAN

Sesuai dengan tujuan kaji diri budaya keamanan nuklir—bukan hanya sekadar kuantifikasi hasil survei, tapi lebih penting dari itu—, yaitu mengetahui elemen atau atribut budaya keamanan apa yang masih lemah dan perlu perbaikan maka beberapa hasil kaji diri di atas telah menjadi umpan balik bagi pimpinan dan manajer di BATAN untuk perbaikan kebijakan. Salah satu yang diterapkan adalah mengintegrasikan materi keamanan nuklir pada kegiatan lokakarya dan sarasehan keselamatan serta menjadikan salah satu materi pada orientasi pegawai baru. Pengintegrasian keselamatan dan keamanan juga penting dari sudut pandang bahwa keduanya, bersama dengan garda aman (safeguard) adalah tiga pilar seluruh aktivitas nuklir dan tidak ada dikotomi, meski ada beberapa perbedaan karakteristik di antara keduanya.

## F. Penutup

Faktor manusia menjadi faktor penting dalam keamanan nuklir, selain prosedur dan teknologi. Dalam hal ini, faktor manusia dipengaruhi oleh budaya yang dibentuk dari keyakinan, nilai, sikap, dan perilaku setiap individu serta organisasi yang berperan membentuk lingkungan

dan sistem budaya dalam setiap kebijakan dan aktivitasnya. Dalam konteks ini, budaya keamanan nuklir perlu ditumbuhkembangkan untuk membentuk keamanan nuklir yang efektif sehingga mampu melindungi masyarakat dan lingkungan dari bahaya akibat penggunaan bahan nuklir dan radioaktif.

BATAN yang selama ini menjadi badan pelaksana ketenaganukliran yang meliputi riset dan fungsi ketenaganukliran lainnya (sebelum berintegrasi ke dalam BRIN), telah menetapkan kebijakan keamanan nuklir. Salah satu komitmennya adalah menumbuhkembangkan budaya keamanan nuklir, diantaranya melalui sosialisasi dan sarasehan dengan seluruh pegawai secara rutin. Prinsip organisasi juga telah menetapkan keamanan nuklir sebagai salah satu landasan dalam seluruh manajemen kegiatannya. BATAN juga telah menetapkan standar untuk sistem manajemen keamanan. Sebagai bagian dari proses manajemen, kaji diri budaya keamanan nuklir telah dilakukan di BATAN untuk menilai penerapan keamanan nuklir. Selain menjadi pionir dalam penerapan kaji diri budaya keamanan, hasil kaji diri tersebut juga telah menjadi umpan balik bagi IAEA dalam mengembangkan metodologi kaji diri dan umpan balik untuk pimpinan dan manajer BATAN dalam memperkuat budaya keamanan dan meningkatkan efektivitas sistem keamanan nuklir.

BRIN yang saat ini berperan sebagai badan pelaksana ketenaganukliran harus tetap melanjutkan internalisasi dan penumbuhkembangan budaya keamanan nuklir karena budaya tidak dapat tumbuh dalam waktu singkat. Terlebih lagi, dengan lebih banyak pegawai baru yang bergabung dengan BRIN dari berbagai latar belakang, pemahaman, dan pengetahuan tentang keamanan nuklir yang beragam, upaya sosialisasi budaya keamanan nuklir harus dilanjutkan. Demikian pula halnya dengan kaji diri budaya keamanan nuklir, perlu dilakukan dalam periode tertentu untuk mengetahui sejauh mana efektivitas internalisasi dan penerapan keamanan nuklir, khususnya di semua fasilitas nuklir. CSCA yang telah menjadi salah satu model sekaligus rujukan oleh berbagai negara, termasuk IAEA, untuk pengembangan budaya keamanan nuklir juga sangat baik untuk dilanjutkan bahkan dikembangkan.

## Daftar Referensi

- Alrammah, I., & Ajlouni, A-W. (2021). A framework and a survey analysis on nuclear security culture at various radiological facilities. *Annals of Nuclear Energy*, 158, Artikel e108924. <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2021.108294>
- Antariksawan, A. R., Khripunov, I., Khairul, K., & Ebel, P. (2014). *Sustainable nuclear security culture through a multi-disciplinary and multi-stakeholder approach: The case of Indonesia* [Presentasi Makalah]. Conference: Annual Meeting of Institute of Nuclear Material Management (INMM), Indian Wells, Amerika Serikat.
- Antariksawan, A. R., & Khairul. (2016). Nuclear security culture and self-assessment: BATAN's Experience. *International Journal on Nuclear Security*, 2(2). <https://doi.org/10.7290/v7qc01db>
- Antariksawan, A. R., & Juarsa, M. (2018). Keselamatan reaktor nuklir: Kecelakaan dasar desain dan kecelakaan parah. BATAN Press. <https://penerbit.brin.go.id/press/catalog/book/572>
- Antariksawan, A. R., Khairul, K., Umbara, H., Kristuti, E., & Purnomo, B. (2018). Conducting nuclear security culture self-assessments in nuclear research facilities using the IAEA methodology. *International Journal of Nuclear Security*, 4(1). <https://doi.org/10.7290/ijns040104>
- Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa. (t.t.). *Budaya. KBBi daring*. Diakses pada 26 April 2022, dari <https://kbbi.kemdikbud.go.id/entri/budaya>
- Inventory of International Nonproliferation Organizations and Regimes. (t.t). *Convention on Physical Protection on Nuclear Material (CPPNM)*. Center for Nonproliferation Studies. [https://media.nti.org/documents/cppnm\\_7eHleau.pdf](https://media.nti.org/documents/cppnm_7eHleau.pdf)
- Desviana, A., T., Rahmawati, A., Yasmine, H., Khairul, K., Purnomo, A., B., Umbara, H., & Antariksawan, A. R. (2016). *Recommendations by the Universitas Gadjah Mada's interns for survey and interview improvements from the 2nd batch of the self-assessment for security culture in Badan Tenaga Nuklir Nasional, Indonesia* [Presentasi Makalah]. Conference: Annual Meeting of Institute of Nuclear Material Management (INMM), Indian Wells, Amerika Serikat.
- Eguchi, N. (2016). *Efforts to enhance nuclear security culture in Japan* [Presentasi Makalah]. Second International Regulators Conference on Nuclear Security, Madrid, Spanyol.
- Gandhi, S., & Kang, J. (2013). Nuclear safety and nuclear security synergy. *Annals of Nuclear Energy*, 60, 357–361. <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2013.05.002>

- Hermana, F., Khairul, K., Khripunov, I., & Nikonov, D. (2013, 1–5 Juli). *Nuclear security culture in practice* [Presentasi Makalah]. International Conference on Nuclear Security: Enhancing Global Efforts, Wina, Austria.
- International Atomic Energy Agency. (1991). Safety Culture. *Safety Series No. 75-INSAG-4*. [https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub882\\_web.pdf](https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub882_web.pdf)
- International Atomic Energy Agency. (2004). Code of conduct on the safety and security of radioactive sources. *Non-serial Publications IAEA/CODEOC/2004*. <https://www.iaea.org/publications/6956/code-of-conduct-on-the-safety-and-security-of-radioactive-sources>
- 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. (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. (2017). Self-assessment of nuclear security culture in facilities and activities. *IAEA Nuclear Security Series No. 28-T*. <https://iaea.org/publications/10983/self-assessment-of-nuclear-security-culture-in-facilities-and-activities>
- Department of Energy and Climate Change, & The National Skills Academy Nuclear. (2013). Key attributes of an excellent nuclear security culture. (2013). *Nuclear Industry Safety Directors' Forum*, (1). [https://www.nuclearinst.com/write/MediaUploads/SDF%20documents/Security/Key\\_attributes\\_of\\_an\\_excellent\\_Nuclear\\_Security\\_Culture.pdf?msclkid=ab0b7314d01f11ec8781348af7aca2c3](https://www.nuclearinst.com/write/MediaUploads/SDF%20documents/Security/Key_attributes_of_an_excellent_Nuclear_Security_Culture.pdf?msclkid=ab0b7314d01f11ec8781348af7aca2c3)
- Khripunov, I., Kutchesfahani, S., Z., & Khairul, K. (2016). Security culture and its self-assessment as supplementary tools for nuclear security training. *International Journal of Nuclear Security*, 2(1). <https://doi.org/10.7290/v79884xk>
- Khripunov, I. (2016). Nuclear security culture: From concept to practice. Dalam B. Volders, & T. Sauer (Ed.), *Nuclear Terrorism* (197–214). Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/>

- edit/10.4324/9781315679778-11/nuclear-security-culture-igor-khripunov
- Miller, J., Shaffer, M., & Hammond, D. (2020, 10–14 Februari). *A revised model for nuclear security culture* [Presentasi Makalah]. International Conference on Nuclear Security 2020, Wina, Austria.
- Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 46 Tahun 2009 tentang Pengesahan *Amendment to the Convention on Physical Protection of Nuclear Material* (Perubahan Konvensi Proteksi Fisik Bahan Nuklir). (2009). <https://jdih.bapeten.go.id/id/dokumen/peraturan/peraturan-presiden-nomor-46-tahun-2009-tentang-pengesahan-amendment-to-the-convention-on-the-physical-protection-of-nuclear-material-perubahan-konvensi-proteksi-fisik-bahan-nuklir>
- 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>
- 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 Tenaga Nuklir Nasional Nomor 153/KA/VII/2010 tentang Pedoman Persyaratan Sistem Manajemen Keamanan. (2010)
- Purwanto, H. (2014, 29 September). Indonesia launches center to promote nuclear security culture. *Antara Indonesia News Agency*. <https://en.antaranews.com/news/95877/indonesia-launches-center-to-promote-nuclear-security-culture>
- Schein, E.H. (2004). *Organizational Culture and Leadership*, 3rd ed. John Wiley & Sons, Inc.
- The Hague. (2014, 25 Maret). The hague nuclear security summit communiqué. <https://2009-2017.state.gov/documents/organization/237002.pdf>.
- Undang-undang Republik Indonesia Nomor 10 tahun 1997 tentang Ketenaganukliran. (1997). <https://jdih.bapeten.go.id/id/dokumen/peraturan/undang-undang-republik-indonesia-nomor-10-tahun-1997-tentang-ketenaganukliran>

- Yankov, V. (2016). Return on Investment of conducting a security culture self-assessment. Dalam *1540 Compass, Issue 10*(22–26). The Center for International Trade & Security, University of Georgia in cooperation with the United Nations Office for Disarmament Affairs
- Yoo, H., & Lee, J. H. (2015). Results of nuclear security culture survey on personnel at nuclear power plants. *Annals of Nuclear Energy*, 85, 398–402. <https://doi.org/10.1016/j.anucene.2015.05.001>
- Zhang, H. (2014). *Enhancing security culture in China* [Presentasi Makalah]. The 14th PIIC Beijing Seminar on International Security: Strategic Stability and Cooperation, Hangzhou, China.

