



## Evaluasi Indikator Kinerja Keselamatan Reaktor Non Daya

Liliana Yetta Pandi<sup>1</sup> dan Bintoro Ajie<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Pusat Pengkajian Sisiem dan Teknologi Pengawasan Instalasi dan Bahan Nuklir  
 Badan Pengawas Tenaga Nuklir  
 Jl. Gajah Mada No. 8, Jakarta 10120

[p.liliana@bapeten.go.id](mailto:p.liliana@bapeten.go.id)

### Makalah Tinjauan

**Menyerahkan**  
 2 Maret 2022

**Diterima**  
 30 Juni 2022

**Terbit**  
 29 Juli 2022

### ABSTRAK

Indikator kinerja keselamatan (IKK) merupakan tindakan/upaya yang dapat diamati yang memberikan wawasan konsep keselamatan untuk mengukur secara langsung bertujuan untuk mengukur seberapa efektif pengendalian yang dilakukan untuk mencegah kecelakaan atau insiden yang tidak diinginkan. IKK digunakan untuk mengidentifikasi trend dalam kinerja relatif terhadap tujuan keselamatan, yang memungkinkan tindakan yang diambil untuk mengatasi perubahan yang tidak diinginkan. Saat ini IAEA telah memberikan format untuk IKK reaktor non daya dan BAPETEN telah menerbitkan Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir (Perka BAPETEN) Nomor 1 Tahun 2017 tentang Pelaksanaan Inspeksi dalam Pengawasan Pemanfaatan Tenaga Nuklir, oleh karena itu perlu dilakukan evaluasi keharmonisan format IKK untuk reaktor non daya. Tujuan makalah ini adalah mengharmoniskan muatan IKK versi IAEA dengan perka BAPETEN, sehingga muatan yang ada pada IKK versi IAEA lebih rinci. Semua aspek IKK versi IAEA diakomodir semuanya pada format IKK hasil evaluasi, dan juga format IKK versi evaluasi mengakomodir Perka BAPETEN) Nomor 1 Tahun 2017. Pada makalah ini disampaikan bahwa evaluasi format IKK tidak bertentangan dengan Perka BAPETEN No. 2/2015 tentang Verifikasi dan Penilaian Keselamatan Reaktor Nondaya maupun isi dari Perka BAPETEN No. 1/2017 tentang Pelaksanaan Inspeksi dalam Pengawasan Pemanfaatan Tenaga Nuklir.

**Kata kunci:** indicator kinerja keselamatan, reaktor nondaya

### ABSTRACT

*Safety performance indicators (SPI) are observable actions/efforts that provide safety insights directly aimed at measuring how adequately the controls prevent accidents or unwanted incidents. In addition, the SPI is used to identify trends in performance relative to safety objectives, allowing actions to be taken to address unintended changes. Currently, the IAEA has the format for SPI non-power reactors, and BAPETEN has issued Regulation Number 1 of 2017 on Implementation of Inspections in Regulatory of Nuclear Energy Utilization; therefore, it is necessary to evaluate the harmony format of the SPI for non-day reactors. The purpose of this paper is to harmonize the contents of the IAEA version of the SPI with the BAPETEN regulations so that the contents of the IAEA version of the SPI are more detailed. Therefore, all aspects of the IAEA version of the SPI are accommodated in the SPI evaluation result format, and the evaluation version of the SPI format accommodates BAPETEN Regulation Number 1 of 2017.*

**Keywords:** safety performance indicator, research reactor.

### PENDAHULUAN

Sejak pembangunan suatu reaktor nuklir telah muncul suatu pertanyaan tentang bagaimana keselamatan pengoperasian reaktor nuklir. Keselamatan tidak mudah untuk ditentukan itu bahkan lebih sulit untuk menetapkan dan menilai tingkat keselamatan yang tinggi. Pengalaman menunjukkan bahwa fokus pada setiap aspek kinerja tidak efektif, dan dapat menyesatkan/keliru. Apa yang lebih valid adalah gambaran yang lebih luas yang disajikan oleh seperangkat indikator yang dirancang

untuk memantau aspek-aspek penting dari kinerja keselamatan operasional.

Namun, ada pemahaman umum bahwa reaktor nuklir harus memiliki atribut untuk beroperasi dengan selamat, oleh karena itu diperlukan suatu indikator untuk mengukur kinerja keselamatan. Dalam hal untuk indikator keselamatan kinerja dan terkait dengan keselamatan reaktor non daya, pemegang izin operasi reaktor non daya diwajibkan melakukan penilaian keselamatan terhadap kinerja keselamatan operasi yang ditetapkan pada Pasal 6

ayat 1 huruf e Peraturan Kepala (Perka) BAPETEN No. 2 tahun 2015 tentang Verifikasi dan Penilaian Keselamatan Reaktor Nondaya [1]. Oleh karena itu setiap reaktor non daya perlu menentukan indikator terbaik sesuai kebutuhannya.

IKK reaktor nondaya diperlukan oleh pemegang izin untuk menilai keselamatan dalam pelaksanaan pengoperasian reaktor nondaya sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas serta kualitas pelaksanaan pengoperasian terkait dengan keselamatan. Keselamatan merupakan tujuan umum untuk semua yang terlibat dalam desain, pengoperasian dan pengawasan reaktor nuklir. Oleh karena itu, konsep keselamatan tidak mudah ditentukan. Namun, ada pemahaman umum bahwa reaktor nuklir harus memiliki indikator untuk beroperasi dengan selamat, maka IAEA menyusun format dalam laporan IKK. Adapun tujuan IKK adalah untuk mengukur seberapa efektif pengendalian ini untuk mencegah hasil keselamatan yang tidak diinginkan. IKK juga digunakan untuk mengidentifikasi kecenderungan dalam kinerja relatif terhadap tujuan keselamatan organisasi, yang memungkinkan tindakan untuk mengambil tempat dalam mengatasi perubahan yang tidak diinginkan [2].

IKK reaktor nondaya dilakukan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas serta kualitas pelaksanaan pengoperasian reaktor nondaya terkait keselamatan oleh pemegang izin. Perlu dilakukan kajian untuk melakukan pengembangan proses yang lebih obyektif dalam memantau kinerja keselamatan reaktor penelitian. Setiap butir/parameter IKK memberikan indikasi obyektif mengenai kebutuhan untuk meningkatkan pelaksanaan pengoperasian reaktor penelitian dengan selamat oleh pemegang izin.

Pada makalah ini akan dibahas tentang format IKK versi IAEA dan IKK hasil evaluasi. Tujuan penulisan makalah ini adalah untuk muatan IKK lebih rinci dari muatan yang terdapat pada IKK versi IAEA. Semua aspek IKK versi IAEA diakomodir semuanya pada format IKK hasil evaluasi, selain itu evaluasi format IKK juga mengomodir Perka BAPETEN Nomor 1 Tahun 2017 tentang Pelaksanaan Inspeksi dalam Pengawasan Pemanfaatan Tenaga Nuklir. Makalah ini disusun berdasarkan studi literatur.

## POKOK BAHASAN

Sehubungan dengan penilaian IKK reaktor non daya, maka IAEA telah memberikan format IKK reaktor nondaya sebagai berikut [3, 4, 5]:

- 1) Manajemen
- 2) Dokumen keselamatan
- 3) Pengawasan
- 4) Operasi
- 5) Perawatan
- 6) Manajemen bahan bakar bekas
- 7) Manajemen Penuaan
- 8) Pemadaman jangka panjang
- 9) Personel operasi

- 10) Kesiapsiagaan
- 11) Proteksi radiasi
- 12) Lepasana radioaktif
- 13) Pengelolaan limbah radioaktif.

Pada Lampiran Format dan Isi Laporan Penilaian Keselamatan Berkala Bab VI. Kinerja Keselamatan dan Umpan Balik Pengalaman Operasi dari Perka BAPETEN Nomor 2 tahun 2015 tentang Verifikasi dan Penilaian Keselamatan Reaktor Nondaya [1] memuat tentang penilaian kinerja keselamatan meliputi: a. analisis kejadian operasi terantisipasi, kecelakaan dasar desain, dan kecelakaan; b. pelaksanaan operasi reaktor; c. pelaksanaan program perawatan; d. pelaksanaan modifikasi dan utilisasi; e. ketidakterediaan dan keandalan sistem keselamatan; dan f. pelaksanaan program proteksi dan keselamatan radiasi

Pada Perka BAPETEN Nomor 1 Tahun 2017 tentang Pelaksanaan Inspeksi dalam Pengawasan Pemanfaatan Tenaga Nuklir Bab I Ketentuan Umum Pasal 1 angka 10 menyatakan bahwa Indikator Keselamatan dan Keamanan adalah indikator pemenuhan persyaratan keselamatan dan keamanan pada tiap jenis kegiatan dan pada Pasal 55 ayat 4 mengatur tentang Indikator keselamatan dan/atau keamanan fasilitas bidang IBN meliputi ketersediaan dan kecukupan [6]: a. organisasi dan sumber daya manusia; b. program dan prosedur; c. pelaksanaan kegiatan; dan d. rekaman dan pelaporan.

Berdasarkan IKK versi IAEA, dan muatan pada format dan isi laporan penilaian keselamatan berkala dari Peraturan dan IKK pada Peraturan Kepala Perka BAPETEN Nomor 1 Tahun 2017 yang hanya memuat garis besarnya saja, maka perlu dibuat format IKK dan dikembangkan sehingga memudahkan melakukan penilaian dan verifikasi keselamatan. Dalam rangka mengakomodir IKK versi peraturan Bapeten dan IAEA maka kajian IKK yang dikembangkan memuat hal berikut:

- A. Organisasi memuat:
  - 1) Fasilitas.
  - 2) Struktur Organisasi dan Wewenang
  - 3) Manajemen.
  - 4) Sistem manajemen.
- B. Pengawasan.
- C. Keselamatan Instalasi meliputi:
  - 1) Operasi reaktor.
  - 2) Pertahanan Berlapis.
  - 3) Sistem Proteksi Reaktor.
  - 4) Modifikasi.
  - 5) Perawatan.
  - 6) Manajemen Bahan Bakar Bekas.
  - 7) Manajemen Penuaan.
  - 8) Pemadaman jangka panjang
- D. SDM memuat:
  - 1) Pelatihan.
  - 2) Kinerja Manusia/Human Performance.
  - 3) Personel Operasi Reaktor.
- E. Keselamatan Personel, Masyarakat dan Lingkungan.
  - 1) Proteksi Radiasi (Paparan Radiasi).

- 2) Lepas Radioaktif.
- 3) Limbah Radioaktif.
- 4) Kesiapsiagaan nuklir.

#### F. Garda Aman dan Protokol Tambahan, dan proteksi Fisik.

- 1) Garda Aman dan Protokol Tambahan.
- 2) Proteksi Fisik.

### METODE

Metode yang digunakan untuk penulisan makalah ini adalah studi literatur terhadap beberapa pustaka dan peraturan perundangan. Pustaka yang dipilih bahan studi/evaluasi adalah memuat IKK reaktor nuklir di antaranya dokumen IAEA (*Safety Performance Indicators, Topical Issue Paper No. 5*), makalah yang terkait dengan IKK, dan peraturan perundang-undangan di Indonesia. Setelah itu dilakukan evaluasi terhadap muatan yang terdapat dalam semua Pustaka.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### I. IKK versi IAEA

IAEA telah menetapkan IKK untuk reaktor non daya sebagai berikut [3, 4, 5]:

##### A. Manajemen.

Indikator manajemen memuat:

- 1) Apakah struktur manajemen dengan penetapan peranan, tanggungjawab dan jalur komunikasi yang jelas.
- 2) Apakah ada perubahan organisasai pengoperasi?
- 3) Apakah kebijakan manajemen menempatkan keselamatan pada prioritas tertinggi?
- 4) Sedikitnya satu komite keselamatan menasihati manajer reaktor di tempat.
- 5) Jumlah pertemuan komite keselamatan.
  - a. Jumlah rekomendasi.
  - b. Jumlah rekomendasi dilaksanakan.
- 6) Jumlah ulasan keselamatan internal, audit dan penilaian.
  - a. Jumlah rekomendasi.
  - b. Jumlah rekomendasi dilaksanakan.
- 7) Jumlah *peer review* nasional atau internasional.
  - a. Jumlah rekomendasi.
  - b. Jumlah rekomendasi dilaksanakan.
- 8) Jumlah rekomendasi terbuka selama lebih dari 3 bulan.

##### B. Dokumen Keselamatan

Indikator ini untuk menilai dokumen perizinan yang terkait dengan keselamatan:

- 1) Adakah pemutakhiran LAK yang mencerminkan kondisi konfigurasi fasilitas saat ini?
- 2) Adakah pemutakhiran Batas Kondisi Operasi yang mencerminkan hasil analisis keselamatan dalam LAK saat ini? dan
- 3) Waktu rencana pemutakhiran LAK berikutnya.

##### C. Pengawasan.

Indikator ini memuat tentang:

- 1) Nama Badan Pengawas.
- 2) Keindependenan Badan Pengawas dari organisasi pengoperasi
  - a. Apakah independen total?
  - b. Tidak independen total, tetapi sebagian (misal dalam kementerian yang beda)?
  - c. Lainnya (sebutkan).
- 3) Jumlah dokumen keselamatan yang direview oleh Badan Pengawas.
- 4) Jumlah penilaian atau inspeksi pengawasan.
- 5) Jumlah temuan pengawasan yang memerlukan tindakan korektif atau tindakan penegakan.
- 6) Jumlah temuan pengawasan yang telah ditutup.

##### D. Operasi

Indikator ini memantau jumlah perubahan daya yang tidak direncanakan di luar *scram* dan penggunaan reaktor yang mungkin mempengaruhi fungsi sistem keselamatan:

- 1) Pemanfaatan utama reaktor.
- 2) Daya maksimum yang diizinkan.
- 3) Daya operasi reaktor rata-rata.
- 4) Jadwal operasi Reaktor.
- 5) Teratur atau tidak.
- 6) Jumlah waktu yang dijadwalkan operasi tahunan.
- 7) Persentase waktu operasi tahunan yang dijadwalkan yang dicapai.
- 8) Rata-rata daya operasi.
- 9) Jumlah kejadian yang tidak biasa yang dilaporkan ke Badan Pengawas atau IRSRR
- 10) Jumlah pemadaman yang tidak direncanakan karena:
  - a. Tindakan operator (misalnya, *scram*).
  - b. Tindakan sistem proteksi reaktor (*scram* otomatis).
  - c. Disebabkan oleh eksperimen atau eksternal (misal kegagalan daya).
  - d. Penyebab lainnya.

##### E. Perawatan

Indikator ini memantau program perawatan untuk mempertahankan keandalan, ketersediaan, dan keselamatan struktur, sistem dan komponen (SSK), dan untuk mengembalikan keandalan dan ketersediaan SSK saat SSK menjadi rusak:

- 1) Jumlah kegiatan pengujian periodik yang direncanakan.
- 2) Persentase kegiatan pengujian yang direncanakan benar-benar dilakukan.
- 3) Jumlah kegiatan *in-service inspection* terhadap SSK yang penting bagi keselamatan.
- 4) Persentase direncanakan *in-service inspection* benar-benar dilakukan.
- 5) Jumlah kegagalan sistem keselamatan ditemukan dalam pengujian dan inspeksi.
- 6) Jumlah kegiatan perawatan yang direncanakan.
- 7) Persentase kegiatan pengujian yang direncanakan benar-benar dilakukan.

- 8) Jumlah perawatan SSK yang masih terbuka selama lebih dari 3 bulan.
- 9) Jumlah perawatan yang paling penting tidak direncanakan

#### F. Manajemen bahan bakar bekas

Indikator ini memantau jumlah bahan bakar bekas yang ada di lokasi atau dipindahkan dari tapak ke fasilitas penyimpanan bahan bakar bekas di luar instalasi.

- 1) Jumlah elemen bakar bekas yang dikeluarkan.
- 2) Jumlah elemen bahan bakar bekas dipindahkan dari tapak reaktor.
  - a. Disimpan pada fasilitas penyimpanan sementara bahan bakar bekas.
  - b. Dire-eksport ke negara asal.
- 3) Status elemen bahan bakar bekas di tapak situs (misalnya di kolam reaktor, penyimpanan kering).

#### G. Manajemen Penuaan.

Indikator ini memantau program manajemen penuaan dan implementasi dari program tersebut untuk kelangsungan pengoperasian SSK.

- 1) Apakah sudah ada program manajemen penuaan?
- 2) Jika tidak ada, kapan program tersebut akan dibuat dan ditetapkan?
- 3) Kegiatan utama terkait dengan manajemen penuaan yang diterapkan (misal modernisasi, perbaikan, penggantian, penilaian umur peralatan dan lain-lain).

#### H. Pemadaman jangka panjang

Indikator ini memantau tentang kegiatan selama reaktor padam yang lama.

- 1) Untuk reaktor dalam pemadaman jangka panjang, apakah bahan bakar telah dikeluarkan dari teras? Apakah bahan bakar telah dipindahkan dari tapak?
- 2) Apakah telah memodifikasi dokumentasi keselamatan yang sesuai?
- 3) Apakah telah menerapkan program perawatan terhadap sistem reaktor?
- 4) Apakah staf cukup memadai untuk surveilans dan keselamatan reaktor?

#### I. Personel Operasi

Indikator ini ditujukan untuk memantau kualifikasi dan kemampuan operator reaktor untuk menjamin operasi reaktor non-daya selamat:

- 1) jumlah total staf dalam operasi dan perawatan.
- 2) jumlah total operator dan supervisor.
- 3) Jumlah personel perawatan.
- 4) Jumlah personel dalam pelatihan dan pelatihan ulang untuk posisi resmi.
- 5) Jumlah lowongan tenaga kerja operasi dan perawatan atau direncanakan dalam tahun berikutnya.
- 6) Perkiraan jumlah staf baru yang akan direkrut pada tahun depan.

#### J. Kesiapsiagaan

Tujuan dari penerapan IKK terhadap aspek kesiapsiagaan nuklir ini bagi pengawasan adalah untuk memastikan bahwa pemegang izin reaktor penelitian ini mampu mengimplementasikan tindakan yang memadai dalam melindungi keselamatan dan kesehatan bagi pekerja dan masyarakat selama waktu terjadi kedaruratan nuklir.

- 1) Adakah pemutakhiran program kedaruratan pada tapak?
- 2) Waktu pemutakhiran program kedaruratan yang direncanakan mendatang.
- 3) Jumlah latihan kedaruratan pada tapak.
- 4) Apakah pengaturan tanggap darurat yang sesuai di luar tapak?
- 5) Jumlah latihan kedaruratan yang melibatkan tanggap darurat luar tapak.

#### K. Proteksi radiasi

Indikator ini memantau keselamatan bagi pekerja radiasi dan menjaga paparan radiasi dosis okupasional yang diterima pekerja dibawah batas yang ditetapkan.

- 1) dosis radiasi kolektif untuk staf operasi reaktor (orang-Sv).
- 2) dosis rata-rata kepada staf operasi reaktor (Sv).
- 3) dosis individu maksimum untuk anggota staf operasi (Sv).
  - a. dosis individu minimum untuk anggota dari staf operasi (Sv).
- 4) dosis radiasi kolektif untuk semua staf dalam pekerjaan terkait reaktor (termasuk peneliti, dan lain-lain) (orang-Sv).
- 5) dosis rata-rata untuk semua staf di reaktor yang terkait dengan pekerjaan (Sv).
- 6) Dosis individu maksimum untuk setiap orang di reaktor (Sv).
  - a. Dosis individu minimum untuk setiap orang di reaktor (Sv).
  - b. Apakah ada insiden melebihi paparan?
- 7) Apakah daerah kerja reaktor diklasifikasikan dari aspek proteksi radiasi.
- 8) Apakah ada perubahan klasifikasi daerah kerja.

#### L. Lepasan radioaktif

Indikator ini memantau keselamatan publik dan menjaga agar pelepasan efluen radioaktif di sekitar reaktor tidak melebihi nilai batas dosis yang ditetapkan:

- 1) Aktivitas gas mulia yang dilepaskan ke atmosfer (GBq).  
Batas lepasan gas mulia ke atmosfer (GBq).
- 2) Aktivitas yodium yang dilepaskan ke atmosfer (MBq).  
Batas lepasan yodium (GBq).
- 3) Aerosol (partikel ... Sr, Y, Cs, dll ... ..) (Bq).  
Batas lepasan aerosol (Bq).
- 4) Limbah radioaktif cair tingkat rendah yang dilepas (m<sup>3</sup>).

- Konsentrasi limbah cair tingkat rendah yang dilepas (Bq/m<sup>3</sup>).
- 5) Limbah cair radioaktif tingkat menengah yang dilepas (m<sup>3</sup>).  
Konsentrasi limbah cair tingkat menengah (Bq/m<sup>3</sup>).
- 6) Limbah radioaktif cair tingkat tinggi yang dilepas (m<sup>3</sup>).  
Konsentrasi limbah cair tingkat tinggi yang dilepas (Bq/m<sup>3</sup>).

#### M. Pengelolaan limbah radioaktif

Indikator ini memantau jumlah limbah radioaktif berupa padatan.

- 1) Limbah padat radioaktivitas rendah yang dihasilkan (m<sup>3</sup>).
- 2) Limbah padat radioaktivitas menengah yang dihasilkan (m<sup>3</sup>).
- 3) Limbah padat radioaktivitas tinggi yang dihasilkan (m<sup>3</sup>).
- 4) Jumlah limbah radioaktif padat dipindahkan dari tapak (atau dari gedung reaktor ke fasilitas pengelolaan limbah pada tapak) (m<sup>3</sup>).

## II. IKK Hasil Evaluasi

Dalam rangka mengakomodasi Perka BAPETEN Nomor 1 Tahun 2017 tentang Pelaksanaan Inspeksi dalam Pengawasan Pemanfaatan Tenaga Nuklir Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 2 tahun 2015 tentang Verifikasi dan Penilaian Keselamatan Reaktor Nondaya, maka dilakukan kajian untuk penyusunan IKK dari berbagai literatur dan dengan referensi utama dari format IKK versi IAEA, maka IKK yang dihasilkan dari kajian adalah sebagai berikut:

### A. Organisasi:

#### 1. Fasilitas.

Semua butir aspek fasilitas IKK versi IAEA seluruhnya diadopsi dan tidak ada tambahan butir/parameter IKK.

#### 2. Struktur Organisasi dan Wewenang.

- 2.1. Apakah telah menetapkan dan melaksanakan kebijakan keselamatan?
- 2.2. Apakah telah mengembangkan dan berkomitmen terhadap budaya keselamatan berdasarkan pernyataan kebijakan keselamatan dan tujuan keselamatan?
- 2.3. Apakah telah menyusun, menetapkan, melaksanakan, dan mengembangkan secara berkesinambungan sistem manajemen?
- 2.4. Apakah telah menentukan kriteria keselamatan?
- 2.5. Apakah telah menetapkan, melaksanakan, dan mengembangkan prosedur dan aturan internal untuk memastikan terkendalinya keselamatan dalam segala kondisi operasi?
- 2.6. Apakah organisasi pengoperasian menjamin pengoperasian reaktor nondaya sesuai dengan BKO dan prosedur?

- 2.7. Apakah organisasi memiliki pembagian tugas, kewenangan dan tanggungjawab serta jalur komunikasi yang jelas?

2.7.1. memiliki organisasi/manajemen operasi?

2.7.2. Memiliki organisasi/ manajemen perawatan?

2.7.3. memiliki organisasi/manajemen keselamatan kerja?

2.7.4. memiliki organisasi/manajemen penuaan?

2.7.5. memiliki organisasi/manajemen *safeguard*?

2.7.6. memiliki organisasi/manajemen proteksi fisik?

- 2.8. Apakah menetapkan dan memastikan petugas memiliki tingkat kompetensi dan keahlian yang sesuai dengan bidang tugasnya (ya/tidak).

- 2.9. Apakah telah melakukan evaluasi, pemantauan dan audit secara berkala terhadap hal-hal yang berkaitan dengan keselamatan?

- 2.10. Apakah telah menyusun dan memutakhirkan laporan analisis keselamatan?

- 2.11. Apakah telah menyediakan instalasi dan sarana pelayanan penunjang yang cukup yang diperlukan selama pengoperasian reaktor?

- 2.12. Apakah telah melakukan pelatihan SDM terkait isu keselamatan?

- 2.13. Apakah telah melakukan reвью terhadap pengalaman operasi?

- 2.14. Apakah telah menetapkan indikator kinerja keselamatan?

- 2.15. Apakah sudah menyusun laporan operasi?

### 3. Manajemen

Semua butir aspek manajemen IKK versi IAEA seluruhnya diadopsi dan tidak ada tambahan butir/parameter IKK.

#### 4. Sistem manajemen

Semua butir aspek sistem manajemen IKK versi IAEA seluruhnya diadopsi dan terdapat tambahan butir/parameter IKK berikut ini:

- 4.1. Jumlah temuan karena tidak adanya konsistensi antara kebijakan dan rencana keselamatan dengan pelaksanaan kegiatan.

- 4.2. jumlah temuan terkait keselamatan dengan tidak adanya komitmen manajemen terhadap keselamatan.

- 4.3. jumlah temuan kegiatan terkait keselamatan karena tidak terintegrasi/terkoordinasi.

- 4.4. jumlah temuan terkait keselamatan karena ketidaksesuaian pelaksanaan dengan tugas dan tanggungjawabnya.

- 4.5. Apakah semua prosedur yang penting tersedia?

- 4.6. Apakah semua instruksi kerja telah diberikan?
- 4.7. Apakah proses kegiatan terkait keselamatan telah dilakukan?
- 4.8. Apakah pengendalian proses dilakukan?
- 4.9. Prosentase prosedur yang diperiksa dan dimutakhirkan terhadap perencanaan pembuatan prosedur.
- 4.10. Jumlah dan prosentase revisi/review terhadap prosedur, kebijakan, aturan, dokumen keselamatan.

## 5. Dokumen Keselamatan

Semua butir aspek dokumen keselamatan IKK versi IAEA seluruhnya diadopsi dan tidak aditambahan parameter IKK.

### B. Pengawasan

Semua butir aspek pengawasan IKK versi IAEA seluruhnya diadopsi dan terdapat tambahan butir/parameter IKK berikut ini:

- 1) Jumlah pelanggaran BKO.
- 2) Jumlah pelanggaran ketentuan izin dan LAK.
- 3) Jumlah pelanggaran prosedur.
- 4) Jumlah pelanggaran yang ditemukan melalui audit jaminan mutu oleh badan pengawas.
- 5) Jumlah pekerja yang menerima dosis melebihi batas.
- 6) Jumlah persyaratan izin/ketentuan peraturan yang ditunda

### C. Keselamatan Reaktor

#### 1. Operasi Reaktor, memuat:

Semua butir aspek operasi reaktor IKK versi IAEA seluruhnya diadopsi dan terdapat tambahan butir/parameter IKK berikut ini:

- 1.1. Jumlah waktu operasi total pada daya tinggi.
- 1.2. Jumlah waktu operasi total pada daya rendah.
- 1.3. Jumlah waktu padam total yang direncanakan (dalam hari atau jam).
- 1.4. Jumlah waktu padam total yang tidak direncanakan (dalam hari atau jam).
- 1.5. Jumlah pemadaman reaktor yang tidak direncanakan karena:
  - 1.5.1. Tindakan operator (misalnya, scram).
  - 1.5.2. Tindakan sistem proteksi reaktor (scram otomatis).
  - 1.5.3. Disebabkan oleh eksperimen atau eksternal (misal kegagalan daya).
  - 1.5.4. Penyebab lainnya.
- 1.6. Jumlah permintaan iradiasi (berdasarkan formulir permintaan iradiasi).
  - 1.6.1. Jumlah MWD untuk iradiasi.
- 1.7. Jumlah kejadian akibat tidak ada prosedur.
- 1.8. Prosentase kejadian karena defisiensi prosedur.
- 1.9. Jumlah kejadian akibat kesalahan prosedur.
- 1.10. Jumlah kejadian akibat kesalahan manusia.
- 1.11. Jumlah parameter SSK yang melebihi batas Kondisi Batas untuk Operasi Normal (KBO).

- 1.11.1. nama SSK yang melebihi KBoON.
  - 1.11.2. nilai parameter yang melebihi KBoON.
  - 1.12. Jumlah jam dan prosentase ketidaksediaan operasi instalasi karena kerusakan sistem/peralatan/instrumentasi terkait keselamatan.
  - 1.13. Jumlah peralatan/instrumentasi yang mengalami kerusakan.
  - 1.14. Jumlah peralatan/instrumentasi terkait keselamatan yang mengalami kerusakan.
  - 1.15. Jumlah peralatan/instrumentasi, baik yang terkait keselamatan maupun tidak, yang mengalami kerusakan berulang.
  - 1.16. Jumlah peralatan/instrumentasi, baik yang terkait keselamatan maupun tidak, yang mengalami kerusakan oleh sebab yang sama.
  - 1.17. Jumlah dan prosentase peralatan/ instrumentasi yang rusak dan berhasil diperbaiki kurang dari 3 bulan.
  - 1.18. Jumlah dan prosentase peralatan/ instrumentasi yang tertunda perbaikannya lebih dari 3 bulan.
  - 1.19. Jumlah penelitian terkait reaktor pertahun.
  - 1.20. Jumlah kejadian anomali yang berulang.
  - 1.21. Jumlah kegagalan penyebab umum.
  - 1.22. Jumlah perangkat keselamatan yang dipicu tetapi gagal beroperasi selama operasi normal.
2. **Pertahanan Berlapis**, memuat:
- Semua butir aspek pertahanan berlapis tidak terdapat pada IKK versi IAEA. Adapun butir IKK pertahanan berlapis:
- 2.1. jumlah kerusakan bahan bakar nuklir karena internal sehingga terdeteksinya radiasi pada sistem pendingin teras melebihi KBO normal.
  - 2.2. jumlah kerusakan bahan bakar nuklir karena eksternal sehingga terdeteksinya radiasi pada sistem pendingin teras melebihi KBO normal.
  - 2.3. laju kebocoran sistem pendingin primer.
3. **Sistem Proteksi Reaktor**
- Semua butir aspek sistem proteksi reaktor tidak terdapat pada IKK versi IAEA. Adapun butir IKK pertahanan berlapis:
- 3.1. Jumlah instruksi aktuasi sistem proteksi atau sistem keselamatan.
  - 3.2. Jumlah aktuasi sistem proteksi atau sistem keselamatan yang gagal.
    - 3.2.1. jumlah aktuasi sistem keselamatan karena kesalahan.
    - 3.2.2. jumlah aktuasi sistem keselamatan sesuai kebutuhan/manual.
  - 3.3. Jumlah kejadian pemicu yang berkembang menjadi kecelakaan.
  - 3.4. Jumlah kejadian pemicu yang berkembang menjadi kecelakaan karena kegagalan fungsi sistem keselamatan.
  - 3.5. Jumlah kejadian pemicu yang berkembang menjadi kecelakaan karena ketidak-mampuan sistem keselamatan.

- 3.6. Jumlah perbaikan yang telah dilakukan terhadap sistem keselamatan.

#### 4. Modifikasi

Semua butir aspek sistem proteksi reaktor tidak terdapat pada IKK versi IAEA. Adapun parameter IKK sistem proteksi reaktor:

- 4.1. Jumlah kejadian atau insiden di mana defisiensi dengan proses atau praktik modifikasi instalasi diidentifikasi sebagai faktor penyebab (modifikasi oleh operator/internal fasilitas).
- 4.2. Jumlah modifikasi sementara (tindakan perbaikan sementara yang dilakukan).
- 4.3. Jumlah modifikasi SSK yang mengalami penuaan.

#### 5. Perawatan

Semua butir aspek perawatan IKK versi IAEA seluruhnya diadopsi dan terdapat tambahan butir/parameter IKK berikut ini

- 5.1. Persentase peralatan/instrumen penting keselamatan yang terlambat untuk perawatan preventif, inspeksi, kalibrasi, dan lain-lain. dalam periode tersebut.
- 5.2. Persentase tahapan dalam SMP (standard maintenance procedure/prosedur perawatan standar) tidak diikuti saat melakukan perawatan.
- 5.3. Persentase kepatuhan terhadap perawatan preventif, kalibrasi dan inspeksi
- 5.4. Persentase peralatan/SSK yang membutuhkan perawatan yang lebih rinci.
- 5.5. Jumlah atau frekuensi kejadian atau insiden di mana defisiensi dengan kualitas perawatan diidentifikasi sebagai faktor.
- 5.6. Jumlah kerusakan tak terduga SSK terkait keselamatan yang segera ditindaklanjuti.
- 5.7. Jumlah permintaan perawatan.
- 5.8. Jumlah perawatan harian dalam satu tahun.
- 5.9. Persentase kepatuhan terhadap jadwal kerja yang direncanakan.
- 5.10. Ketersediaan layanan back-up:
  - 5.10.1. Jumlah ketidaksediaan layanan atau peralatan utama.
  - 5.10.2. Jumlah penghentian perawatan (perawatan sedang dilakukan namun dihentikan).
- 5.11. Jumlah perawatan yang ditunda atau dibatalkan.
- 5.12. Jumlah perawatan atau inspeksi yang harus diselesaikan tepat waktu dan/ atau dijadwalkan.

#### 6. Manajemen Bahan Bakar Bekas.

Semua butir aspek manajemen bahan bakar bekas IKK versi IAEA seluruhnya diadopsi dan tidak ada tambahan butir/parameter IKK.

#### 7. Manajemen Penuaan.

Semua butir aspek manajemen penuaan IKK versi IAEA seluruhnya diadopsi dan tidak ada tambahan butir/parameter IKK.

#### 8. Pemadaman Jangka Panjang .

Semua butir aspek pemadaman jangka panjang IKK versi IAEA seluruhnya diadopsi dan terdapat tambahan butir/parameter IKK berikut ini [7]:

- 8.1. Apakah staf cukup tersedia untuk surveilans dan keselamatan di reaktor?
- 8.2. Apakah dilakukan perubahan BKO ke moda operasi shutdown?
- 8.3. Apakah telah memindahkan komponen ke penyimpanan terlindungi?
- 8.4. Apakah telah melakukan tindakan untuk mencegah percepatan korosi dan Penuaan pada SSK?
- 8.5. Apakah tetap melakukan Perawatan untuk mempertahankan kondisi Reaktor sebelum dioperasikan kembali?
- 8.6. Apakah telah menetapkan prosedur Uji Fungsi dan Kinerja untuk SSK sebelum dioperasikan kembali?
- 8.7. Apakah telah melakukan Uji Fungsi dan Kinerja untuk SSK sebelum dioperasikan kembali?

#### D. SDM

##### 1. Pelatihan

Semua butir IKK aspek pelatihan tidak terdapat pada IKK versi IAEA dan Perka BAPETEN. Adapun parameter/butir IKK pelatihan:

- 1.1. Jumlah jam yang dikhususkan untuk pelatihan tentang masalah yang terkait dengan keselamatan.
- 1.2. Persentase pekerja yang menerima semua pelatihan keselamatan.
- 1.3. Persentase pelatihan yang dievaluasi untuk keefektifannya.
- 1.4. Persentase pekerjaan dengan kebutuhan dan rencana pelatihan yang teridentifikasi.
- 1.5. Ketersediaan program pelatihan dan kualifikasi personel yang berkelanjutan.
- 1.6. Persentase Kesesuaian antara pelatihan yang diikuti dengan pekerjaan yang dilakukan.

##### 2. Kinerja manusia/human performance

Semua butir aspek kinerja manusia tidak terdapat pada IKK versi IAEA dan Perka BAPETEN. Adapun butir IKK kinerja manusia:

- 2.1. jumlah kejadian karena kesalahan manusia pada saat pengopersian reaktor.
- 2.2. jumlah insiden terkait manusia selama pengujian, perawatan, atau pemulihan.
- 2.3. jumlah penyebab kegagalan umum yang terkait dengan manusia.
- 2.4. jumlah kejadian akibat kekurangan dalam pelatihan (terkait kualitas pelatihan) atau kekurangan jam terbang operasi.

##### 3. Personel operasi reaktor

Semua butir aspek personel operasi reaktor IKK versi IAEA seluruhnya diadopsi dan terdapat tambahan butir/parameter IKK berikut ini: Adapun tambahan butir IKK tersebut adalah:

- 3.1. Jumlah total staf operasi reaktor dan perawatan.

- 3.2. Jumlah total operator reaktor dan supervisor shift yang berizin.
- 3.3. Jumlah total petugas perawatan.
- 3.4. Jumlah personel dalam pelatihan dan pelatihan ulang untuk posisi yang berwenang.
- 3.5. Apakah supervisor memberikan bantuan terhadap suatu masalah/kasus?

## E. Keselamatan Personel, Masyarakat dan Lingkungan

### 1. Proteksi Radiasi

Semua butir aspek proteksi radiasi IKK versi IAEA seluruhnya diadopsi dan terdapat tambahan butir/parameter IKK berikut ini: Adapun tambahan butir IKK tersebut adalah:

- 1.1. Dosis individu maksimum pada personel di reaktor (Sv).
- 1.2. Dosis individu minimum pada personel di reaktor (Sv).
- 1.3. Adakah kejadian yang melebihi paparan?
- 1.4. Apakah daerah kerja reaktor diklasifikasi-kan dari aspek proteksi radiasi
- 1.5. Dosis radiasi tahunan maksimum untuk anggota masyarakat .
- 1.6. Jumlah kejadian kontaminasi permukaan daerah kerja yang melebihi ketentuan batasan yang ditetapkan.
- 1.7. Jumlah kejadian kontaminasi udara daerah kerja yang melebihi ketentuan batasan yang ditetapkan.
- 1.8. Jumlah pekerja yang mengalami kontaminasi kulit melebihi batas yang diizinkan.
- 1.9. Jumlah penyimpangan pemantauan kontaminasi terhadap jadwal yang ditetapkan.
- 1.10. Jumlah pekerja yang menerima dosis melebihi batas.
- 1.11. Apakah ada perubahan pada klasifikasi daerah kerja? (Jika ada, sebutkan).

### 2. Lepas Radioaktif

Semua butir aspek lepasan radioaktif IKK versi IAEA seluruhnya diadopsi dan terdapat tambahan butir/parameter IKK berikut berupa jumlah kejadian penglepasan radionuklida ke lingkungan yang melebihi batas batasan yang ditetapkan.

### 3. Limbah Radioaktif

Semua butir aspek limbah radioaktif IKK versi IAEA seluruhnya diadopsi dan terdapat tambahan butir/parameter IKK berikut ini:

- Jumlah limbah radioaktif padat yang dipindahkan dari tapak (atau dari gedung reaktor ke fasilitas pengelolaan limbah di lokasi) (m<sup>3</sup>).
- Jumlah limbah radioaktif padat yang di tapak (m<sup>3</sup>).

### 4. Kesiapsiagaan Nuklir

Semua butir aspek kesiapsiagaan nuklir IKK versi IAEA seluruhnya diadopsi dan terdapat tambahan butir/parameter IKK berikut ini:

- 4.1. Persentase kepatuhan terhadap jadwal perawatan preventif atau prediktif untuk peralatan tanggap darurat.
- 4.2. Persentase latihan kedaruratan sesuai jadwal.
- 4.3. Persentase Responden Darurat yang telah menyelesaikan pelatihan terjadwal.
- 4.4. Jumlah temuan yang diperoleh selama latihan kedaruratan.
- 4.5. Persentase tindakan korektif yang timbul dari latihan darurat selesai tepat waktu.
- 4.6. Persentase ketersediaan sistem proteksi kebakaran, sirine dan sistem komunikasi dalam satu tahun.
- 4.7. Jumlah temuan terkait kesiapan sistem proteksi kebakaran, sistem sirine, sistem komunikasi pada inspeksi/surveilan.
- 4.8. apakah terdapat ketidaksiapan, ketidak-lengkapan, dan ketidakcukupan perlengkapan kedaruratan ?
- 4.9. Persentase ketidaksiapan yang tidak direncanakan sistem proteksi kebakaran, sirine dan sistem komunikasi dalam satu tahun.
- 4.10. Jumlah dan persentase staf yang mengikuti latihan kedaruratan

## F. Garda Aman dan Protokol Tambahan, dan proteksi Fisik

Semua butir aspek garda aman dan protokol, dan proteksi fisik tidak terdapat pada IKK versi IAEA. Adapun IKK Garda Aman dan Protokol Tambahan, dan proteksi fisik berikut ini:

### 1. Garda Aman dan Protokol Tambahan

- 1.1. Jumlah temuan terkait ketepatan waktu dan keakuratan dalam pembukuan dan pelaporan kegiatan serta pemindahan maupun lokasi dari semua bahan nuklir.
- 1.2. Jumlah temuan terkait spesifikasi dari pengukuran dan pelaksanaan garda aman.
- 1.3. Jumlah temuan terkait prosedur garda aman dan protokol tambahan.
- 1.4. Adakah penyimpangan tujuan penggunaan bahan nuklir dari maksud damai ke arah non damai?
- 1.5. Jumlah temuan terkait pemutakhiran deklarasi dalam pelaporan pelaksanaan protokol tambahan garda aman fasilitas nuklir dan non nuklir
- 1.6. Adakah peralatan atau material yang digunakan *dwiguna/dual use*?
- 1.7. jumlah personel yang menangani safeguards dan additional protocol
- 1.8. Apakah personel yang menanganai garda aman dan additional protocol telah mengikuti pelatihan dan kualifikasi?

### 2. Proteksi Fisik

- 2.1. Apakah ketersediaan peralatan proteksi fisik lengkap?



- 2.2. Jika tidak lengkap, berapa prosentase ketidakterdediaan peralatan proteksi radiasi?
- 2.3. Jumlah temuan terkait kinerja program penapisan personel yang memasuki daerah terproteksi.
- 2.4. Jumlah temuan terkait kesiapan personel unit pengamanan untuk menerapkan program proteksi fisik, termasuk di dalamnya tugas, tanggungjawab, wewenang, dan pelatihan.

### III. Perbandingan IKK IAEA dan Format IKK Hasil Evaluasi

Dari pembahasan di atas IKK hasil evaluasi lebih rinci dari IKK versi IAEA karena terdapat tambahan butir/parameter dan aspek IKK (tambahan aspek Pertahanan Berlapis, Sistem Proteksi Reaktor, Modifikasi, Pelatihan, Kinerja Manusia, Garda Aman dan Protokol Tambahan, dan proteksi Fisik) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan IKK Versi IAEA, Perka BAPETEN No. 2 Tahun 2015 dan Kajian IKK

Aspek	IKK IAEA	Perka BAPETEN No. 2 tahun 2015	Hasil evaluasi format IKK	keterangan
A Manajemen.	v	x	v	Pada kajian manajemen termasuk dalam aspek organisai
B Dokumen keselamatan	v	v	v	Pada kajian dokumen keselamatan termasuk dalam aspek organisai
C Pengawasan.	v	v	v	Tidak ada yang berbeda
Operasi	v	v	v	
Pertahanan Berlapis	x	x	v	
Sistem Proteksi Reaktor.	x	x	v	
Manajemen bahan bakar bekas	v	v	v	
Manajemen Penuaan.	v	v	v	Untuk aspek operasi, perawatan, manajemen bahan bakar manajemen penuaan, pemadaman yang lama termasuk dalam aspek keselamatan operasi
D Modifikasi	x	x	v	
Perawatan.	v	v	v	
Manajemen Bahan Bakar Bekas.	v	x	v	
Manajemen Penuaan.	v	v	v	
Pemadaman jangka panjang.	v	v	v	
SDM				
E Pelatihan.	x	x	v	aspek pelatihan dan kinerja manusia tidak terdapat IKK versi IAEA dan perka Bapeten.
Kinerja Manusia	x	x	v	Untuk personel operasi tidak terdapat pada perka Bapeten
Personel Operasi Reaktor	v	x	v	
Proteksi radiasi	v	v	v	
Lepasan radioaktif	v	v	v	Untuk aspek proteksi radiasi, lepasan radioaktif, pengelolaan limbah radioaktif termasuk dalam aspek keselamatan personel, masyarakat dan lingkungan
F Pengelolaan limbah radioaktif	v	v	v	
Kesiapsiagaan	v	v	v	
F <i>Safeguard</i> dan Protokol Tambahan, dan proteksi Fisik.	x	x	v	Kajian IKK memuat aspek <i>Safeguard</i> dan Protokol Tambahan, dan proteksi Fisik untuk mengakomodir isi Peraturan Kepala Bapeten No. 1 Tahun 2017

Pada evaluasi ini tidak membahas perbandingan dengan Perka BAPETEN No. 1/2017 tentang Pelaksanaan Inspeksi dalam Pengawasan Pemanfaatan Tenaga Nuklir karena pada peraturan ini hanya memuat garis besarnya tentang organisasi dan sumber daya manusia, program dan prosedur, pelaksanaan kegiatan,

dan rekaman & pelaporan, yang pada intinya sudah termasuk dalam aspek IKK versi IAEA dan kajian IKK.

IKK yang hasil evaluasi sudah mengakomodir isi Perka BAPETEN No. 1/2017 karena kajian IKK telah memasukkan tentang organisasi dan sumber daya manusia program dan prosedur, pelaksanaan kegiatan,

dan rekaman dan pelaporan, yang semua aspek tersebut tercantum dalam butiran indikator tiap aspek.

Untuk organisasi dan sumber daya manusia dapat dilihat pada aspek organisai dan aspek SDM dari kajian IKK. Untuk program dan prosedur, pelaksanaan kegiatan, dan rekaman dan pelaporan dapat dilihat pada semua aspek dari kajian IKK.

## KESIMPULAN

Dari pembahasan di atas dapat diambil kesimpulan bahwa tujuan IKK adalah yaitu untuk memastikan bahwa pemegang izin telah mengoperasikan reaktor non daya dengan selamat dan dapat meningkatkan keselamatan reaktor nondaya. Pada evaluasi IKK terdapat tambahan parameter dan aspek IKK hasil kajian terhadap IKK versi IAEA. IKK hasil kajian tidak bertentangan dengan Perka BAPETEN No. 2/2015 tentang Verifikasi dan Penilaian Keselamatan Reaktor Nondaya maupun isi dari Perka BAPETEN No. 1/2017 tentang Pelaksanaan Inspeksi dalam Pengawasan Pemanfaatan Tenaga Nuklir.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] BAPETEN, Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 2 tahun 2015, Verifikasi dan Penilaian Keselamatan Reaktor Nondaya, Jakarta, 2015
- [2] *Safety Performance Indicators for Significant Seven Templates (Safety Assurance)*, <https://www.caa.co.uk/default.aspx?catid=2816&page-type=90&pageid=16112>
- [3] Dahlgren, L. Lederman, J. Palomo, T. Iberdrola, Szikszai, *Safety Performance Indicators*, Topical Issue Paper No. 5, IAEA, Vienna.
- [4] Pandi, LY. *LHK Safety Performance Indikator*, No Rek: LT/STI/KN/P2STPIBN/ 002-001.2/2015, Jakarta, 2015
- [5] Harmonisasi Indikator Kinerja Keselamatan dan Laporan Operasi Reaktor Non Daya, Prosiding Seminar Keselamatan Nuklir 2016, ISSN: 1412-3258, page 18-1 s.d. 18-6, Jakarta, 2016
- [6] BAPETEN, Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 1 Tahun 2017, Pelaksanaan Inspeksi dalam Pengawasan Pemanfaatan Tenaga Nuklir, Jakarta, 2017,
- [7] BAPETEN, Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 8 tahun 2019, Keselamatan Operasi Reaktor non Daya, Jakarta, 2019.