

RANCANGAN  
PERATURAN BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR  
REPUBLIK INDONESIA

NOMOR TAHUN

TENTANG

PENYUSUNAN LAPORAN ANALISIS KESELAMATAN REAKTOR DAYA

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR  
REPUBLIK INDONESIA,

Menimbang : bahwa untuk mengatur persyaratan dan tata cara penyusunan laporan analisis keselamatan reaktor daya serta untuk melaksanakan ketentuan Pasal 9 ayat (3), Pasal 10 ayat (2), Pasal 11 ayat (2), dan Pasal 20 ayat (3) Peraturan Pemerintah Nomor 2 Tahun 2014 tentang Perizinan Instalasi Nuklir dan Pemanfaatan Bahan Nuklir, perlu menetapkan Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir tentang Penyusunan Laporan Analisis Keselamatan Reaktor Daya;

Mengingat : 1. Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1997 Nomor 23, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3667);  
2. Peraturan Pemerintah Nomor 2 Tahun 2014 tentang Perizinan Instalasi Nuklir dan Pemanfaatan Bahan Nuklir (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 8, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5496);

3. Keputusan Presiden Nomor 103 Tahun 2001 tentang Kedudukan, Tugas, Fungsi, Kewenangan, Susunan Organisasi, dan Tata Kerja Lembaga Pemerintah Non Departemen sebagaimana telah beberapa kali diubah terakhir dengan Peraturan Presiden Nomor 145 Tahun 2015 tentang Perubahan Kedelapan atas Keputusan Presiden Nomor 103 Tahun 2001 tentang Kedudukan, Tugas, Fungsi, Kewenangan, Susunan Organisasi, dan Tata Kerja Lembaga Pemerintah Non Kementerian (Lembaga Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 323);
4. Keputusan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 01 Rev.2/K-OTK/V-04 tentang Organisasi dan Tata Kerja Badan Pengawas Tenaga Nuklir sebagaimana telah diubah terakhir dengan Peraturan Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 1 Tahun 2019 tentang Perubahan Kedua atas Keputusan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 01 Rev.2/K-Otk/V-04 Tahun 2004 tentang Organisasi dan Tata Kerja Badan Pengawas Tenaga Nuklir (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2019 Nomor 26);

MEMUTUSKAN:

Menetapkan : PERATURAN BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR REPUBLIK INDONESIA TENTANG PENYUSUNAN LAPORAN ANALISIS KESELAMATAN REAKTOR DAYA.

BAB I  
KETENTUAN UMUM

Pasal 1

1. Reaktor Daya adalah reaktor nuklir yang memanfaatkan energi panas hasil pembelahan nuklir untuk pembangkitan daya.
2. Laporan Analisis Keselamatan yang selanjutnya disingkat LAK adalah dokumen keselamatan yang berisi informasi tentang instalasi nuklir, desain, analisis keselamatan dan ketentuan untuk mengurangi risiko

- terhadap pekerja, masyarakat dan lingkungan hidup.
3. Pemegang Izin adalah Badan Tenaga Nuklir Nasional, badan usaha milik negara, koperasi, atau badan usaha yang berbentuk badan hukum yang telah memiliki izin pembangunan, izin pengoperasian, izin dekomisioning instalasi nuklir, dan/atau izin pemanfaatan Bahan Nuklir dari Badan Pengawas Tenaga Nuklir.
  4. Badan adalah Badan Pengawas Tenaga Nuklir.

## BAB II RUANG LINGKUP DAN TUJUAN

### Pasal 2

- (1) Peraturan Badan ini bertujuan memberikan ketentuan bagi Pemegang Izin dalam menyusun dokumen LAK Reaktor Daya.
- (2) Peraturan Badan ini diberlakukan untuk semua jenis Reaktor Daya.

### Pasal 3

Peraturan Badan ini mengatur tentang:

- a. format dan isi bab-bab LAK; dan
- b. penyusunan dan pemutakhiran LAK.

### Pasal 4

- (1) Ketentuan di dalam Peraturan Badan ini dilaksanakan dengan pendekatan berperingkat, bergantung pada karakteristik dan potensi bahaya radiasi Reaktor Daya.
- (2) Karakteristik dan potensi bahaya radiasi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) didasarkan pada:
  - a. jenis reaktor;
  - b. jenis bahan bakar; dan
  - c. tingkat daya.

BAB III  
PENYUSUNAN DAN PEMUTAKHIRAN LAK

Pasal 5

- (1) Pemegang Izin harus menyusun dan melaksanakan LAK.
- (2) LAK sebagaimana dimaksud pada ayat (1) harus disampaikan kepada Kepala Badan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh persetujuan desain, izin konstruksi, izin komisioning, dan izin operasi, serta perpanjangan izin.

Pasal 6

- (1) LAK sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 ayat (2) memuat informasi yang meliputi:
  - a. pendahuluan;
  - b. karakteristik tapak;
  - c. tujuan keselamatan dan persyaratan desain;
  - d. reaktor;
  - e. sistem pendingin reaktor dan sistem terkait;
  - f. fitur keselamatan teknis;
  - g. sistem instrumentasi dan kendali;
  - h. sistem catu daya listrik;
  - i. sistem bantu;
  - j. gedung dan struktur;
  - k. sistem konversi energi;
  - l. pengelolaan limbah radioaktif;
  - m. proteksi dan keselamatan radiasi;
  - n. pelaksanaan operasi;
  - o. komisioning;
  - p. analisis keselamatan;
  - q. batasan dan kondisi operasi;
  - r. sistem manajemen;
  - s. rekayasa faktor manusia;
  - t. kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan nuklir;

- u. aspek lingkungan; dan
  - v. dekomisioning.
- (2) Format dan isi LAK tercantum dalam lampiran yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari peraturan Badan ini.

#### Pasal 7

- (1) Pemegang Izin harus memutakhirkan bagian dari dokumen LAK yang relevan apabila terdapat perubahan data.
- (2) Perubahan data sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi perubahan data yang dihasilkan dari kegiatan:
- a. modifikasi;
  - b. penilaian keselamatan berkala; dan/atau
  - c. perubahan batasan dan kondisi operasi.

#### BAB IV

#### KETENTUAN PERALIHAN

#### Pasal 8

Pada saat Peraturan Badan ini mulai berlaku, LAK yang telah diajukan dan sedang diproses harus disesuaikan dengan Peraturan Badan ini.

BAB V  
KETENTUAN PENUTUP

Pasal 9

Peraturan Badan ini mulai berlaku pada tanggal diundangkan.

Agar setiap orang mengetahuinya, memerintahkan pengundangan Peraturan Badan ini dengan penempatannya dalam Berita Negara Republik Indonesia.

Ditetapkan di Jakarta  
pada tanggal

KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR  
REPUBLIK INDONESIA,

JAZI EKO ISTIYANTO

Diundangkan di Jakarta  
pada tanggal

DIREKTUR JENDERAL  
PERATURAN PERUNDANG-UNDANGAN  
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA  
REPUBLIK INDONESIA

WIDODO EKATJAHJANA

BERITA NEGARA REPUBLIK INDONESIA TAHUN      NOMOR

LAMPIRAN  
PERATURAN BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR  
NOMOR ... TAHUN 2020  
TENTANG  
PENYUSUNAN LAPORAN ANALISIS KESELAMATAN  
REAKTOR DAYA

FORMAT DAN ISI  
LAPORAN ANALISIS KESELAMATAN REAKTOR DAYA

- I. Kerangka Format Laporan Analisis Keselamatan Reaktor Daya
- BAB 1. PENDAHULUAN
  - BAB 2. KARAKTERISTIK TAPAK
  - BAB 3. TUJUAN KESELAMATAN DAN PERSYARATAN DESAIN
  - BAB 4. REAKTOR
  - BAB 5. SISTEM PENDINGIN REAKTOR DAN SISTEM TERKAIT
  - BAB 6. FITUR KESELAMATAN TEKNIS
  - BAB 7. SISTEM INSTRUMENTASI DAN KENDALI
  - BAB 8. SISTEM CATU DAYA LISTRIK
  - BAB 9. SISTEM BANTU
  - BAB 10. GEDUNG DAN STRUKTUR
  - BAB 11. SISTEM KONVERSI ENERGI
  - BAB 12. PENGELOLAAN LIMBAH RADIOAKTIF
  - BAB 13. PROTEKSI DAN KESELAMATAN RADIASI
  - BAB 14. PELAKSANAAN OPERASI
  - BAB 15. KOMISIONING
  - BAB 16. ANALISIS KESELAMATAN
  - BAB 17. BATASAN DAN KONDISI OPERASI
  - BAB 18. SISTEM MANAJEMEN
  - BAB 19. REKAYASA FAKTOR MANUSIA
  - BAB 20. KESIAPSIAGAAN DAN PENANGGULANGAN KEDARURATAN  
NUKLIR
  - BAB 21. ASPEK LINGKUNGAN
  - BAB 22. DEKOMISIONING

## II. Kerangka Isi Laporan Analisis Keselamatan Reaktor Daya

### BAB 1. PENDAHULUAN

Bab ini terdiri atas bagian umum, implementasi dari proyek, identifikasi pemilik, kontraktor dan pihak ketiga, uraian umum instalasi, tinjauan historis, perbandingan dengan Reaktor Daya sejenis, moda operasi Reaktor Daya, kesesuaian dengan peraturan, kode, dan standar, dokumen pendukung, dan peralatan dan fasilitas yang digunakan bersama.

#### A. Umum

Bagian ini memberikan uraian mengenai:

1. maksud dan tujuan pembangunan dan pengoperasian Reaktor Daya;
2. maksud dan tujuan penyusunan LAK;
3. informasi utama mengenai proses penyusunan LAK; dan
4. interval/keberkalaan kaji ulang LAK untuk kebutuhan revisi;
5. deskripsi mengenai struktur dari LAK, tujuan dan ruang lingkup dari setiap bab, serta hubungan dari masing-masing bab.

#### B. Implementasi dari Proyek

Bagian ini berisi mengenai status dari perizinan dan rencana proyek berikutnya.

#### C. Identifikasi Pemilik, Kontraktor dan Pihak Ketiga

Bagian ini menguraikan:

1. identifikasi pemilik;
2. identifikasi kontraktor utama untuk desain, konstruksi, dan operasi Reaktor Daya;
3. identifikasi pihak ketiga seperti konsultan dan juga organisasi terkait lainnya untuk audit sistem manajemen dan kegiatan lain;
4. pengalaman kontraktor utama dan pihak ketiga dalam kegiatan tapak, konstruksi, komisioning, atau operasi reaktor nuklir lainnya; dan
5. pembagian tanggung jawab diantara pendesain, arsitek, kontraktor, dan organisasi pengoperasi.

#### D. Uraian Umum Instalasi

Bagian ini memberikan uraian mengenai:

1. nama dan alamat instalasi serta nama dan alamat Pemegang Izin;



2. karakteristik utama instalasi, termasuk jenis dan tingkat daya termal reaktor, mekanisme sistem pertahanan berlapis reaktor, sistem pembuangan panas, jumlah unit reaktor, jenis pengungkung dan desainnya, jenis sistem konversi uap dan desainnya, jenis bahan bakar, dan jumlah listrik yang dihasilkan dan penggunaan panas untuk kegiatan koogenerasi;
3. gambaran umum dan tata letak instalasi, mulai dari teras reaktor, sistem sekunder dan tersier, serta tata letak fitur keselamatan dan peralatan proteksi radiasi untuk memberikan gambaran utuh tentang fasilitas dan komponennya;
4. karakteristik utama tapak, termasuk lokasi geografis dan administratif; dan
5. uraian singkat mengenai identifikasi dan penjelasan fitur baru, berbeda, atau unik.

#### E. Tinjauan Historis

Bagian ini berisi riwayat operasi reaktor termasuk tanggal peristiwa penting terkait dengan instalasi, penerbitan izin tapak, persetujuan desain, izin konstruksi, izin komisioning dan izin operasi, dan kekritisitas awal, termasuk persetujuan modifikasi.

#### F. Perbandingan dengan Reaktor Daya Sejenis

Bagian ini menguraikan tentang:

1. kemiripan parameter desain utama dengan Reaktor Daya sejenis terutama Reaktor Daya yang sudah teruji, misalnya jenis bahan bakar, tingkat daya termal, karakteristik tapak, sistem keselamatan reaktor, fitur keselamatan teknis, dan sistem instrumentasi dan kendali; dan
2. karakteristik dan riwayat keselamatan dari Reaktor Daya yang diacu yang menunjukkan keandalan dan keselamatan desain reaktor yang diusulkan.

#### G. Moda Operasi Reaktor Daya

Bagian ini berisi uraian mengenai penjelasan semua moda operasi dari Reaktor Daya, mencakup moda *start-up*, operasi daya, *shutdown*, perawatan, pengisian ulang bahan bakar, dan moda lain yang diizinkan pada operasi.

#### H. Kesesuaian dengan Peraturan, Kode, dan Standar

Bagian ini berisi mengenai peraturan, kode, dan standar yang digunakan dalam desain dan juga penggunaan standar IAEA yang relevan.

#### I. Dokumen Pendukung

Bagian ini berisi daftar informasi yang mendukung LAK. Informasi ini misalnya program komputer, laporan hasil pengujian dan analisis struktur, sistem, dan komponen reaktor yang penting untuk keselamatan, dan bahan bakar nuklir.

#### J. Peralatan dan Fasilitas yang Digunakan Bersama

Dalam hal di satu lokasi terdapat lebih dari satu unit reaktor, bagian ini berisi uraian peralatan dan fasilitas yang digunakan bersama, misalnya: ruang kendali utama, tempat penyimpanan bahan bakar nuklir bekas, sistem pemurnian air, catu daya listrik, sistem ventilasi, dan ruang kendali darurat.

### BAB 2. KARAKTERISTIK TAPAK

Bab ini merupakan ringkasan laporan evaluasi tapak. Bab ini juga berisi ringkasan mengenai informasi tambahan yang diperoleh dari pemantauan tapak selama umur reaktor dan ringkasan mengenai interaksi antara tapak dan reaktor dengan menyesuaikan kondisi tapak dan karakteristik reaktor. Uraian mengenai laporan evaluasi tapak mengikuti format dan isi yang tercantum di dalam peraturan BAPETEN mengenai ketentuan evaluasi tapak instalasi nuklir. Ringkasan laporan evaluasi tapak paling sedikit meliputi:

- a. pengaruh kejadian eksternal di tapak dan wilayah sekitarnya yang memengaruhi keselamatan reaktor, baik yang berasal dari kejadian alam (misalnya kejadian dari aspek geoteknik dan pondasi, kegempaan, kegunungapian, hidrologi, meteorologi), maupun kejadian akibat ulah manusia (misalnya jatuhnya pesawat terbang, lepasan fluida berbahaya dan beracun, ledakan dan kejadian eksternal lainnya yang diakibatkan ulah manusia);
- b. karakteristik tapak dan lingkungan yang memengaruhi perpindahan zat radioaktif yang dilepaskan reaktor sampai kepada manusia; dan

- c. demografi penduduk dan karakteristik lain dari tapak yang berkaitan dengan evaluasi risiko terhadap anggota masyarakat dan kelayakan penerapan rencana penanggulangan kedaruratan.

### BAB 3. TUJUAN KESELAMATAN DAN PERSYARATAN DESAIN

Bab ini terdiri atas tujuan keselamatan instalasi nuklir; persyaratan umum desain; persyaratan khusus desain; klasifikasi struktur, sistem, dan komponen yang penting untuk keselamatan; perlindungan terhadap bahaya internal; perlindungan terhadap bahaya eksternal; kualifikasi peralatan; metode desain teknis; dan kesesuaian dengan standar nasional, standar yang digunakan pabrik, dan standar internasional.

Uraian mengenai tujuan keselamatan dan persyaratan desain tercantum pada Peraturan Badan mengenai ketentuan keselamatan desain Reaktor Daya.

#### A. Tujuan Keselamatan Instalasi Nuklir

Bagian ini menguraikan:

1. tujuan keselamatan instalasi nuklir yang terdiri atas tujuan umum dan tujuan khusus;
2. tujuan umum keselamatan instalasi nuklir adalah untuk melindungi pekerja, masyarakat, dan lingkungan hidup yang dilakukan melalui upaya pertahanan yang efektif terhadap timbulnya bahaya radiasi di instalasi nuklir; dan
3. tujuan khusus keselamatan instalasi nuklir, meliputi tujuan proteksi radiasi dan tujuan keselamatan teknis.

Bagian ini juga menguraikan prinsip pertahanan berlapis dan fungsi keselamatan untuk melaksanakan tujuan keselamatan.

#### B. Persyaratan Umum Desain

Bagian ini menguraikan desain:

1. keandalan struktur, sistem, dan komponen;
2. kemudahan operasi, inspeksi, perawatan, dan pengujian;
3. proteksi radiasi;
4. kemudahan dekomisioning;
5. kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan nuklir;
6. untuk faktor manusia; dan
7. untuk meminimalkan penuaan.

Uraian mengenai persyaratan umum desain mengikuti persyaratan yang tercantum di dalam Peraturan BAPETEN mengenai ketentuan keselamatan desain Reaktor Daya.

### C. Persyaratan Khusus Desain

Bagian ini menguraikan desain:

1. teras reaktor;
2. sistem pemindahan panas;
3. sistem *shutdown*;
4. sistem proteksi reaktor;
5. fitur keselamatan teknis;
6. sistem pendingin reaktor dan sistem terkait;
7. sistem pendingin teras darurat;
8. sistem pengungkung;
9. sistem instrumentasi dan kendali;
10. sistem penanganan dan penyimpanan bahan bakar nuklir;
11. sistem catu daya listrik;
12. sistem pengelolaan limbah radioaktif;
13. gedung dan struktur;
14. sistem bantu; dan
15. sistem konversi daya dan uap.

Uraian mengenai persyaratan khusus desain mengikuti persyaratan yang tercantum di dalam Peraturan BAPETEN mengenai ketentuan keselamatan desain Reaktor Daya.

### D. Klasifikasi Struktur, Sistem dan Komponen yang Penting untuk Keselamatan

Bagian ini menguraikan klasifikasi struktur, sistem, dan komponen yang penting untuk keselamatan berdasarkan kelas keselamatan, kelas mutu, dan/atau kelas seismik. Bagian ini juga menguraikan metode dan kriteria penetapan klasifikasinya.

### E. Perlindungan terhadap Bahaya Internal

Bagian ini berisi mengenai daftar bahaya internal yang dipertimbangkan dalam desain, parameter desain kuantitatif masing-masing bahaya, kriteria desain yang relevan, kode dan standar, metode penilaian, dan deskripsi langkah-langkah desain umum yang dilakukan untuk

memastikan bahwa sistem, struktur, dan komponen yang penting untuk keselamatan dilindungi secara memadai terhadap efek merugikan dari semua bahaya internal yang dipertimbangkan.

Contoh daftar bahaya internal yang tercakup dalam bagian ini untuk reaktor jenis *Light Water Reactor* (LWR) bertekanan misalnya:

1. kebakaran dan ledakan internal;
2. misil internal;
3. runtuhnya struktur dan jatuhnya obyek;
4. sabetan pipa; dan
5. banjir internal.

#### F. Perlindungan terhadap Bahaya Eksternal

Bagian ini berisi parameter desain kuantitatif masing-masing bahaya eksternal, kriteria desain yang relevan, kode dan standar, metode penilaian, dan deskripsi langkah-langkah desain umum yang dilakukan untuk memastikan bahwa sistem, struktur, dan komponen yang penting untuk keselamatan cukup terlindungi dari efek merugikan dari semua bahaya eksternal yang dipertimbangkan.

#### G. Kualifikasi Peralatan

Bagian ini menguraikan:

1. dasar desain untuk memastikan kualifikasi peralatan (seperti peralatan kelistrikan) beroperasi sesuai dengan fungsi, kondisi operasi, dan persyaratan yang ditetapkan, terhadap pengaruh kondisi lingkungan seperti vibrasi, temperatur, tekanan, interferensi elektromagnetik, iradiasi, kelembaban, dan kombinasi yang terjadi pada semua kondisi operasi dan kecelakaan; dan
2. uji kualifikasi dan analisis yang telah atau akan dilaksanakan.

#### H. Metode Desain Teknis

Bagian ini berisi metode yang digunakan untuk penetapan desain dan analisis perhitungan struktur, sistem, dan komponen yang penting untuk keselamatan yang meliputi:

1. *design transient and resulting load*;
2. program komputer yang digunakan;
3. analisis tegangan (*stress analysis*) eksperimental; dan
4. program pengujian dinamik dan analisis.

## I. Kesesuaian dengan Standar Nasional, Standar yang Digunakan Negara Pabrikan, dan Internasional (*Code and Standard*)

Bagian ini mencakup pernyataan kesesuaian desain instalasi dengan dengan standar nasional, standar yang digunakan negara pabrikan, dan internasional.

## BAB 4. REAKTOR

Bab ini terdiri atas uraian ringkas, desain bahan bakar nuklir, desain nuklir, desain termohidrolik, desain sistem kendali reaktivitas dan *shutdown*, evaluasi kinerja kombinasi dari sistem kendali reaktivitas, dan komponen teras.

### A. Uraian Ringkas

Bagian ini berisi uraian tentang desain mekanis, nuklir, termohidrolik dari berbagai komponen reaktor, termasuk:

1. bahan bakar;
2. internal bejana reaktor;
3. sistem kendali reaktivitas dan *shutdown*; dan
4. sistem instrumentasi dan kendali terkait.

Ringkasan tersebut dilengkapi dengan gambar, tabel, dan bagan.

### B. Desain Bahan Bakar Nuklir

Bagian ini berisi uraian tentang deskripsi:

1. bahan, komposisi kimia, pengayaan, bahan fisil dan sifat metalurgi, misalnya oksida dan paduan logam, yang penting dari bahan bakar nuklir, dan komposisi khusus, seperti racun dapat bakar atau moderator neutron. Misalnya untuk reaktor jenis *High Temperature Reactor* (HTR) ketentuan ini berisi uraian mengenai kandungan, struktur, dan paduan logam lapisan *pebble* atau prismatik;
2. dasar desain keselamatan yang mencakup deskripsi batas desain bahan bakar dan karakteristik fungsional pada semua kondisi instalasi;
3. fungsi sistem atau peralatan;
4. antarmuka dengan sistem atau peralatan lainnya;
5. operasi sistem atau peralatan;
6. pemantauan, inspeksi, pengujian dan perawatan;

7. aspek radiologi; dan
8. kinerja dan evaluasi keselamatan.

### C. Desain Nuklir

Bagian ini berisi uraian tentang:

1. dasar desain nuklir, termasuk batas kendali reaktivitas seperti batas reaktivitas berlebih, fraksi bakar, koefisien reaktivitas, distribusi fluks neutron, kontrol distribusi daya dan laju penyisipan reaktivitas;
2. karakteristik nuklir dari kisi/*lattice*, termasuk parameter fisika teras, distribusi pengayaan bahan bakar. Distribusi dan konsentrasi batang kendali racun dapat bakar, distribusi fraksi bakar, koefisien reaktivitas boron dan konsentrasi boron, jenis dan lokasi batang kendali, spesifikasi *margin* padam dan skema pengisian ulang bahan bakar;
3. piranti analisis, metode dan program komputer termasuk informasi tentang verifikasi dan validasi program komputer serta ketidakpastian yang digunakan untuk menghitung karakteristik neutronik teras, termasuk karakteristik kendali reaktivitas;
4. parameter keselamatan nuklir lain dari teras reaktor, seperti faktor puncak daya radial dan aksial dan laju pembangkitan panas linier maksimum;
5. stabilitas neutronik teras, termasuk stabilitas Xenon, sepanjang siklus operasi serta anomali yang mungkin terjadi dalam mode operasi normal yang berbeda yang dicakup oleh dasar desain; dan
6. konfigurasi teras khusus seperti teras campuran atau moda operasi normal.
7. ketentuan mengenai reflektor dan moderator meliputi antara lain:
  - a. jenis bahan;
  - b. dimensi dan geometri;
  - c. desain untuk pengubahan posisi atau penggantian;
  - d. analisis ketahanan terhadap pengaruh radiasi, termal, kimia, dan mekanik;
  - e. sistem dan fitur dengan penggunaan ganda, seperti pendinginan-moderator, moderator-bahan bakar, dan perisai-reflektor; dan
  - f. analisis tentang efek kegagalan.

#### D. Desain Termohidrolik

Bagian ini berisi uraian tentang:

1. dasar desain termohidrolik untuk teras reaktor dan struktur bantu, dan persyaratan antarmuka untuk desain termohidrolik sistem pendingin reaktor;
2. peralatan, metode analisis, dan program komputer (termasuk verifikasi dan validasi ketidakpastian) yang digunakan untuk menghitung parameter termohidrolik;
3. distribusi aliran, tekanan, dan temperatur, dengan spesifikasi nilai pembatas dan perbandingannya dengan batas desain; dan
4. justifikasi stabilitas termohidrolik dari teras.

#### E. Desain Sistem Kendali Reaktivitas dan *Shutdown*

Bagian ini berisi uraian tentang:

1. semua sistem kendali reaktivitas dan *shutdown*;
2. demonstrasi bahwa semua sistem kendali reaktivitas, termasuk peralatan dan sistem bantu hidrolik yang telah dirancang dan dipasang sesuai dengan kinerja fungsional yang diinginkan dan diisolasi dari peralatan lain; dan
3. batas desain atau evaluasi desain sistem kendali reaktivitas dan *shutdown*.

#### F. Evaluasi Kinerja Kombinasi dari Sistem Kendali Reaktivitas

Bagian ini berisi uraian tentang:

1. Kondisi dua atau lebih sistem kendali reaktivitas;
2. evaluasi kinerja saat kedua atau lebih sistem berfungsi bersamaan; dan
3. analisis kegagalan yang menunjukkan bahwa sistem kendali reaktivitas tidak rentan terhadap kegagalan dengan penyebab sama. Diuraikan juga mengenai analisis kegagalan yang telah mempertimbangkan kegagalan yang berasal dari salah satu sistem kendali reaktivitas serta yang berasal dari peralatan Reaktor Daya selain sistem reaktivitas dan penjelasan secara komprehensif yang dilengkapi dengan uraian dan logika pendukung.

#### G. Komponen Teras

Bagian ini berisi uraian tentang:



1. sistem komponen teras, yang terdiri dari bahan bakar, struktur bahan bakar yang telah dirakit (misalnya perangkat bahan bakar atau bundel bahan bakar), komponen terkait yang diperlukan untuk penentuan posisi bahan bakar dan semua elemen pendukung internal reaktor, termasuk ketentuan moderasi dan lokasi bahan bakar (deskripsi antarmuka);
2. sifat fisika dan kimia dari bahan yang digunakan untuk komponen teras, serta karakteristik fisika nuklir, termohidrolik, struktur dan mekanik dari komponen;
3. respons terhadap beban mekanik statis dan dinamis dan perilakunya terkait dengan batas desain, serta deskripsi efek iradiasi dan korosi komponen teras dalam melakukan fungsi keselamatan secara memadai selama umur operasi Reaktor Daya;
4. setiap komponen subsistem signifikan, termasuk ketentuan untuk moderasi dan lokasi bahan bakar dengan dilengkapi gambar desain yang memadai;
5. pertimbangan pengaruh dari layanan (termasuk program surveilan dan inspeksi *in-service* untuk memantau efek iradiasi dan penuaan pada komponen teras) terhadap kinerja fungsi keselamatan; dan
6. program komputer untuk memantau perilaku dan kinerja teras.

## BAB 5. SISTEM PENDINGIN REAKTOR DAN SISTEM TERKAIT

Bab ini terdiri atas uraian ringkas, bahan, sistem pendingin reaktor dan batas tekanan pendingin reaktor, bejana reaktor, pompa pendingin reaktor/pompa resirkulasi, penukar panas utama untuk pembangkitan uap, pemipaan pendingin reaktor, sistem kendali tekanan reaktor, penopang komponen sistem pendingin reaktor, ketentuan akses dan perlengkapan inspeksi *in-service* dan perawatan, serta sistem bantu reaktor.

### A. Uraian Ringkas

Bagian ini berisi uraian tentang:

1. sistem pendingin reaktor dan berbagai komponennya, misalnya untuk reaktor jenis HTR bagian ini berisi uraian mengenai *primary gas blower* pada pendingin primer dan *steam generator* yang memindahkan panas dari pendingin helium ke siklus air/uap;

2. kinerja independen dan keterkaitan serta fungsi keselamatan dari setiap komponen;
3. desain dan karakteristik kinerja yang penting;
4. daftar semua komponen sistem pendingin reaktor beserta kode desain terkait;
5. analisis tegangan rinci spesifik untuk setiap komponen utama;
6. deskripsi fitur desain dan justifikasi kinerja untuk menjamin berbagai komponen sistem pendingin reaktor dan sub-sub sistem yang berhubungan dengan sistem pendingin reaktor memenuhi ketentuan keselamatan desain;

Bagian ini dilengkapi dengan:

1. diagram alir skematik sistem pendingin reaktor yang menunjukkan semua komponen utama, parameter tekanan, temperatur, laju alir, dan volume pendingin pada kondisi operasi normal daya penuh tunak (*steady-state*); dan
2. gambar elevasi pemipaan dan instrumentasi sistem pendingin reaktor dan sistem yang terkait yang menunjukkan dimensi utama dari sistem pendingin reaktor dalam kaitannya dengan struktur beton pendukung atau sekelilingnya.

## B. Bahan

Bagian ini berisi uraian tentang:

1. bahan yang digunakan untuk komponen sistem pendingin reaktor dan sistem yang terkait (khususnya untuk komponen yang menyusun batas tekanan primer);
2. sifat kimia, fisika dan mekanik, ketahanan terhadap korosi, pertimbangan iradiasi (misalnya pengelolaan limbah dan dosis), stabilitas dimensional, kekuatan, ketangguhan, toleransi retakan, dan kekerasan;
3. sifat fisik dan kinerja yang dipersyaratkan dari sekat (*seal*), gasket dan pengunci (*fasteners*) pada batas tekanan yang dipertimbangkan;
4. mekanisme degradasi dan tantangan fabrikasi yang ada, termasuk *stress corrosion cracking* dan hilangnya integritas (*sensitization*) pada las-lasan; dan
5. pencegahan yang perlu dilakukan atau analisis yang diperlukan untuk menjustifikasi kesesuaian bahan atau proses yang dipilih.

### C. Sistem Pendingin Reaktor dan Batas Tekanan Pendingin Reaktor

Bagian ini berisi uraian tentang:

1. langkah-langkah untuk menjamin integritas sistem pendingin reaktor selama umur operasi Reaktor Daya, termasuk pencegahan tekanan berlebih saat temperatur rendah (*cold over-pressurization*);
2. sarana proteksi tekanan berlebih pada batas tekanan pendingin reaktor yang mencakup semua peralatan pelepas tekanan (katup isolasi, katup keselamatan dan katup pelepas tekanan), serta ketentuan untuk deteksi kebocoran pendingin;
3. kemungkinan kebocoran sebelum pecahnya pipa dan pencegahan pecahnya pipa, sarana pemantauan, dan perhitungan atau analisis untuk menjamin pembatasan ukuran pecahnya pipa pada sistem pendingin reaktor; dan
4. desain sistem atau komponen lain (seperti bagian internal reaktor) dan ruang lingkup kejadian awal terpostulasi yang tercakup dalam analisis di Bab 16.

### D. Bejana Reaktor

Bagian ini berisi uraian tentang:

1. desain bejana reaktor yang menunjukkan secara rinci bahwa bahan, metode fabrikasi, teknik inspeksi dan kombinasi beban yang digunakan sesuai dengan semua peraturan, kode dan standar industri yang berlaku;
2. bahan penyusun bejana reaktor, batas tekanan-temperatur serta integritas bejana reaktor, termasuk pertimbangan penggetasan;
3. informasi tentang distribusi fluks neutron dan fluens neutron yang diperkirakan pada dinding bejana tekan reaktor, yang ditentukan oleh karakteristik teras; dan
4. ketentuan untuk menjamin perlindungan bejana dari beban seismik dan kondisi lingkungan sekitar, termasuk efek kejut termal bertekanan serta perilaku penetrasi bejana reaktor.

#### E. Pompa Pendingin Reaktor / Pompa Resirkulasi

Bagian ini berisi uraian tentang:

1. kinerja dan fitur desain pompa pendingin/pompa resirkulasi, misalnya pompa pendingin pada reaktor jenis *Pressurized Water Reactor* (PWR) atau pompa resirkulasi pada reaktor jenis *Boiling Water Reactor* (BWR), untuk memenuhi ketentuan keselamatan desain;
2. informasi parameter hidrolis yang menjamin kecukupan pendinginan bahan bakar dan karakteristik aliran *coastdown* pada kejadian *trip* pompa untuk mencegah kondisi termohidrolis yang tidak diinginkan;
3. informasi ketentuan pencegah kecepatan berlebih pada rotor dan ketentuan tentang kavitasi dan vibrasi yang mungkin terjadi pada pompa pendingin reaktor serta struktur terkait pada kejadian kecelakaan dasar desain hilangnya pendingin;
4. kinerja *seal*, termasuk kinerja pada kondisi listrik padam total (*station black-out*) yang berkelanjutan; dan
5. evaluasi kegagalan pompa dan sistem pelumas motor (misalnya kebocoran pelumas atau hilangnya pendingin) untuk mencegah terhentinya bantalan (*bearing stuck*) pada pompa dan motor.

#### F. Penukar Panas Utama untuk Pembangkitan Uap

Bagian ini berisi uraian tentang:

1. kinerja dan fitur desain untuk menjamin bahwa pembangkit uap memenuhi ketentuan keselamatan desain;
2. struktur internal pembangkit uap dan koneksi terhadap keluaran dan saluran air umpan dan uap, serta akses untuk inspeksi dan deteksi kebocoran;
3. batas desain untuk kimia air, konsentrasi pengotor dan tingkat radioaktivitas pada sisi sekunder pembangkit uap selama operasi normal; dan
4. efek kerusakan pipa penukar panas dan kriteria desain untuk mencegah kerusakan yang mencakup:
  - a. kondisi desain dan kondisi reaktor yang dipertimbangkan untuk pipa pembangkit panas, serta kondisi kecelakaan yang dipilih yang menentukan batas intensitas tegangan yang dibolehkan beserta justifikasi atas pemilihan tersebut; dan
  - b. penambahan penipisan dinding pipa yang dapat ditolerir tanpa melampaui batas intensitas tegangan yang dibolehkan yang telah

ditentukan pada butir 1 dengan kondisi dasar desain pecahnya pipa di batas tekanan pendingin reaktor atau pecahnya pipa-pipa sekunder selama operasi reaktor.

#### G. Pemipaan Pendingin Reaktor

Bagian ini berisi uraian tentang:

1. kinerja dan fitur desain serta struktur bahan khusus untuk pemipaan pendingin reaktor jenis HTR dan reaktor jenis *Molten Salt Reactor* (MSR) untuk menjamin bahwa pemipaan pendingin reaktor memenuhi ketentuan keselamatan desain; dan
2. ketentuan desain, fabrikasi, dan operasi untuk mengendalikan faktor yang berkontribusi terhadap *stress corrosion cracking*.

#### H. Sistem Kendali Tekanan Reaktor

Bagian ini berisi uraian tentang:

1. kinerja dan fitur desain serta struktur bahan khusus untuk pengendali tekanan reaktor jenis HTR untuk menjamin bahwa sistem kendali tekanan reaktor memenuhi ketentuan keselamatan desain;
2. sistem *pressurizer* (pemanas dan semburan *pressurizer* pada reaktor jenis PWR), sistem penurunan tekanan (tangki atau kolam pelepas tekanan pada reaktor jenis PWR atau *wet wall* pada reaktor jenis BWR), katup keselamatan dan pelepas tekanan, serta pipa lain yang terkait; dan
3. sistem penurun tekanan reaktor yang digunakan untuk kecelakaan dasar desain dan kecelakaan yang melampaui dasar desain, termasuk justifikasi independensi pertahanan berlapis terkait dengan kesesuaian sistem.

#### I. Penopang Komponen Sistem Pendingin Reaktor

Bagian ini berisi uraian tentang:

1. kinerja dan fitur desain untuk menjamin integritas pendukung dan penahan beserta kecukupannya;
2. kinerja dan fitur desain untuk menjamin bahwa katup yang terhubung dengan sistem pendingin reaktor memenuhi ketentuan keselamatan desain; dan
3. katup keselamatan dan/atau katup pelepas tekanan, katup jalur pembuangan, dan perlengkapan terkait.

## J. Ketentuan Akses dan Perlengkapan Inspeksi *In-Service* dan Perawatan

Bagian ini berisi uraian tentang:

1. batas sistem yang terkait dengan inspeksi komponen dan pendukung terkait termasuk semua bejana tekan, pemipaan, pompa, katup, dan sambungan dengan baut (*bolting*), yang mencakup aspek:
  - a. kemudahan akses/aksesibilitas, termasuk aspek proteksi radiasi, kondisi kerja (misalnya temperatur dan kelembaban) serta pengoperasian sistem;
  - b. kategori dan metode pengujian;
  - c. interval inspeksi;
  - d. ketentuan untuk mengevaluasi hasil pengujian, termasuk metode evaluasi untuk mendeteksi cacat serta prosedur perbaikan komponen yang mengalami cacat; dan
  - e. uji tekanan terhadap sistem pendingin.
2. tahapan program inspeksi *in-service* dan perawatan serta implementasinya; dan
3. standar yang diacu.

## K. Sistem Bantu Reaktor

Bagian ini berisi uraian tentang:

1. kinerja serta fitur desain untuk menjamin bahwa berbagai sistem yang berhubungan atau terkait dengan sistem pendingin reaktor memenuhi ketentuan keselamatan desain; dan
2. sistem terkait, yang meliputi:
  - a. sistem kendali kimia dan penyimpanan untuk pendingin reaktor;
  - b. sistem penambah dan pemurnian pendingin reaktor;
  - c. sistem pemindah panas sisa;
  - d. *high point vents* sistem pendingin reaktor; dan
  - e. sistem pengumpul air berat untuk reaktor air berat bertekanan.

## BAB 6. FITUR KESELAMATAN TEKNIS

Bab ini terdiri atas sistem pendinginan teras darurat dan sistem pembuangan panas sisa, sistem pengungkung, sistem pengendali reaktivitas darurat, fitur keselamatan untuk stabilisasi *corium*, sistem kemampuhunian, sistem pelepasan dan pengendalian produk fisi, dan fitur keselamatan teknis lainnya.

## A. Sistem Pendinginan Teras Darurat dan Sistem Pembuangan Panas Sisa

Bagian ini berisi uraian mengenai:

1. sistem pendinginan teras darurat, sistem pembuangan panas sisa dan sistem yang terkait;
2. fitur keselamatan teknis yang dirancang untuk mengatasi kecelakaan dasar desain dan fitur keselamatan untuk kecelakaan yang melampaui dasar desain;
3. semua fitur keselamatan teknis, baik yang aktif maupun pasif sesuai dengan persyaratan umum desain;
4. tangki penyimpanan air pendingin;
5. informasi terkait sistem air umpan darurat sebagai sarana untuk pembuangan panas sisa melalui sistem sekunder pembangkit uap jika terjadi kecelakaan;
6. sistem pembuangan uap darurat untuk pembuangan panas sisa dari sistem uap pada kecelakaan tertentu; dan
7. sistem yang dapat dihubungkan dengan sistem primer atau sekunder atau pengungkung, misal: injeksi keselamatan (*safety injection*), air umpan (*feedwater*), pembuangan uap (*steam dump*) dan sistem keselamatan pasif.

## B. Sistem Pengungkung

Bagian ini berisi uraian mengenai:

1. sistem pengungkung yang dirancang untuk menahan dampak kecelakaan dan untuk mencegah hilangnya integritas penyungkup dalam semua kondisi Reaktor Daya, termasuk pada kecelakaan yang melampaui dasar desain;
2. integritas pengungkung yang memadai untuk semua kondisi Reaktor Daya, spesifikasi instrumentasi, respons operator dan peralatan;
3. sistem pengungkung primer dan sekunder;
4. deskripsi dan kinerja desain struktur beton dan baja pada bagian dalam pengungkung;
5. sistem pembuangan panas pengungkung/sistem penyemprot pengungkung dan sistem pembuangan panas aktif lainnya;
6. sistem pembuangan panas pasif pada pengungkung;

7. sistem untuk mengendalikan hidrogen dan gas mudah terbakar lainnya dalam pengungkung;
8. sistem isolasi pengungkung;
9. sistem untuk perlindungan pengungkung terhadap tekanan berlebih dan tekanan rendah;
10. sistem ventilasi annulus pengungkung;
11. sistem ventilasi pengungkung;
12. sistem pelepas udara yang tersaring; dan
13. penetrasi airlock, pintu dan lubang (hatches) pengungkung.
14. tingkat kebocoran maksimum yang diizinkan untuk kondisi kecelakaan;
15. sistem pengujian kebocoran;
16. penetrasi pengungkung, dan isolasi penahan termasuk dilakukannya pengujian kebocoran periodik; dan
17. informasi terkait jadwal pengujian laju kebocoran pra-operasi dan pengukuran laju kebocoran berkala dan persyaratan pengujian khusus lainnya:
  - a. uji laju kebocoran integral pengungkung;
  - b. uji laju penetrasi pengungkung; dan
  - c. uji laju kebocoran/katup isolasi pengungkung.

#### C. Sistem Pengendali Reaktivitas Darurat

Bagian ini berisi uraian mengenai semua upaya yang digunakan untuk memastikan reaktor padam (misalnya dengan injeksi boron pekat) selain yang disediakan oleh sistem pengendali reaktivitas normal.

#### D. Fitur Keselamatan untuk Stabilisasi Corium

Bagian ini berisi uraian mengenai fitur keselamatan untuk menstabilkan *corium* sebagai sarana yang diperlukan untuk pembekuan *corium* cair baik di dalam bejana tekan reaktor atau pada sistem penampung *corium* khusus untuk melindungi pondasi (*basemat*) dan memastikan integritas pengungkung dalam jangka panjang.

#### E. Sistem Kemampuhunian

Bagian ini berisi uraian mengenai:

1. sistem ventilasi untuk kemampuhunian;



2. sistem ventilasi untuk kemampuhunian yang merupakan fitur keselamatan teknis yang disediakan untuk petugas instalasi di ruang kendali (ruang kendali utama, ruang kendali tambahan dan fasilitas serta lokasi tanggap darurat lainnya), unit dukungan teknis, unit tanggap darurat serta tempat lain yang diperlukan untuk mengoperasikan Reaktor Daya dengan selamat pada semua kondisi operasi dan mempertahankan Reaktor Daya dalam kondisi padam dan selamat pada saat terjadi kecelakaan;
3. sarana yang digunakan untuk memastikan kemampuhunian ruang kendali seperti perisai untuk proteksi radiasi, sistem pemurnian udara, proteksi terhadap gas beracun, asap dan uap, sistem penyimpanan udara terkompresi, dan sarana lain untuk dapat bertahan hidup;
4. kemampuhunian ruang kendali pada kondisi kecelakaan yang melampaui dasar desain; dan
5. kemampuhunian ruang kendali dalam kasus kombinasi bahaya eksternal yang melampaui kejadian dasar desain dan kejadian internal untuk lokasi tapak yang terpencil.

#### F. Sistem Pelepasan dan Pengendalian Produk Fisi

Bagian ini berisi uraian informasi yang berkaitan dengan sistem untuk melepaskan dan mengendalikan produk fisi, serta mekanisme suku sumber termasuk uraian mengenai penghalang lepasan produk fisi dan perisai radiasi.

Informasi spesifik berikut perlu diuraikan untuk menunjukkan kemampuan kinerja sistem ini, seperti:

1. pertimbangan pH pendingin dan pengkondisian kimia dalam semua kondisi yang diperlukan dari pengoperasian sistem;
2. efek pada filter dalam beban dasar desain terpostulasi akibat produk fisi; dan
3. efek pada operabilitas filter dari mekanisme pelepasan dasar desain untuk produk fisi.

#### G. Fitur Keselamatan Teknis Lainnya

Bagian ini menguraikan informasi mengenai deskripsi dan fungsi yang berkaitan dengan setiap fitur keselamatan teknis lainnya yang tidak tercakup dalam bagian sebelumnya, misalnya *Reactor Cavity Cooling*

*System, pressure control and pressure relief system* untuk reaktor jenis HTR dan sistem pendingin bantu reaktor secara langsung untuk reaktor jenis MSR, dan pembuangan uap ke atmosfer atau sistem pendingin cadangan untuk jenis reaktor PWR.

## BAB 7. SISTEM INSTRUMENTASI DAN KENDALI

Bab ini terdiri atas arsitektur, alokasi fungsional dan dasar desain dari SIK, sistem proteksi reaktor, sistem aktuasi untuk fitur keselamatan teknis, sistem yang diperlukan untuk *shutdown* selamat, sistem informasi, sistem kendali, sistem *interlock*, sistem SIK beragam, ruang kendali utama, ruang kendali darurat, sistem komunikasi data, dan desain SIK digital.

### A. Arsitektur, Alokasi Fungsional, dan Dasar Desain SIK

Bagian ini berisi data seluruh SIK dan pendukungnya yang berkaitan dengan keselamatan, termasuk instrumentasi alarm, komunikasi, dan tampilan (*display*) serta fungsi yang dialokasikan pada setiap sistem. Bagian ini juga menguraikan:

1. dasar desain SIK; dan
2. strategi pertahanan berlapis dan keragaman SIK.

### B. Sistem Proteksi Reaktor

Bagian ini berisi uraian mengenai:

1. dasar desain untuk setiap parameter *trip* individual yang mengacu pada kejadian awal terpostulasi. Setiap parameter *trip* ditujukan untuk memitigasi kejadian;
2. spesifikasi *set point* sistem *trip* reaktor, jeda waktu dalam sistem operasi dan ketidakpastian (*uncertainty*) dalam pengukuran;
3. antar-muka sistem aktuasi fitur keselamatan teknis (termasuk penggunaan sinyal dan kanal pengukuran parameter secara bersama);
4. antar-muka sistem instrumentasi, kendali dan *display* yang tidak terkait keselamatan, termasuk ketentuan untuk menjamin kemandiriannya.;
5. sarana yang digunakan untuk menjamin pemisahan kanal sistem *trip* reaktor yang redundan dan sarana agar sinyal koinciden dibangkitkan melalui kanal mandiri yang redundan;

6. ketentuan untuk aktuasi manual sistem trip reaktor dari ruang kendali utama, ruang kendali darurat; dan
7. desain perangkat lunak, verifikasi dan validasi perangkat lunak apabila fitur keselamatan teknis menggunakan sarana komputer digital.

### C. Sistem Aktuasi untuk Fitur Keselamatan Teknis

Bagian ini berisi uraian mengenai:

1. dasar desain untuk setiap parameter sistem aktuasi individual pada fitur keselamatan teknis dengan mengacu pada PIE untuk mitigasi, antar-muka dengan sistem *trip* reaktor (termasuk penggunaan sinyal dan kanal pengukuran parameter secara bersama), antarmuka dengan sistem yang tidak terkait keselamatan, beserta ketentuan untuk isolasi sinyal listrik, serta sarana yang digunakan untuk menjamin separasi fisik kanal sistem aktuasi redundan untuk fitur keselamatan teknis;
2. desain perangkat lunak, verifikasi dan validasi perangkat lunak apabila fitur keselamatan teknis menggunakan sarana komputer digital;
3. spesifikasi *set point* sistem trip reaktor, jeda waktu dalam operasi sistem dan ketidakpastian dalam pengukuran;
4. ketentuan *interlock* proteksi peralatan (misalnya *interlock* pompa dengan katup dan proteksi motor) dalam sistem aktuasi fitur keselamatan teknis, serta pembuktian bahwa *interlock* tidak berdampak buruk pada pengoperasian fitur keselamatan teknis;
5. ketentuan pemicuan fitur keselamatan teknis dari ruang kendali utama dan ruang kendali darurat; dan
6. operator jarak jauh dan / atau kendali otomatis yang berkaitan, kendali lokal, kendali *on-off* atau kendali modulasi yang diperhitungkan dalam desain dan analisis keselamatan.

### D. Sistem yang Diperlukan untuk *Shutdown* Selamat

Bagian ini berisi uraian mengenai sistem yang diperlukan untuk pemadaman instalasi secara selamat, meliputi sirkuit pemicu, logik, *bypass*, *interlock*, redundansi, keragaman, fitur desain pertahanan berlapis dan perangkat aktuasi. Setiap sistem pendukung juga perlu diidentifikasi dan dideskripsikan.

Untuk pemadaman jarak jauh, diuraikan juga ketentuan untuk penyediaan peralatan yang diperlukan di luar ruang kendali untuk mencapai dan mempertahankan kondisi *shutdown* panas dan dingin. Uraian pemadaman jarak jauh yang diuraikan termasuk tampilan yang sesuai sehingga operator dapat memantau status *shutdown*, akses ke stasiun pemadaman jarak jauh melalui kendali administratif yang ketat. Uraian dilengkapi dengan diagram logik, diagram perpipaan dan instrumentasi (P&ID), dan gambar tata letak lokasi dari semua sistem pemadaman selamat, serta sistem pendukung.

Bagian ini juga berisi uraian mengenai analisis untuk menunjukkan persyaratan peraturan telah dipenuhi dan justifikasi untuk setiap penyimpangan dari pemenuhan peraturan lembaga. Analisis ini juga mencakup pertimbangan instrumentasi yang dipasang untuk memungkinkan pemadaman selamat jika terjadi hal-hal seperti di bawah:

1. kehilangan sistem udara untuk instrumen instalasi;
2. kehilangan air pendingin untuk peralatan vital;
3. rejeksi beban instalasi (*plant load rejection*); dan
4. *trip* turbin (*turbine trip*).

Analisis juga memuat kebutuhan dan metode perubahan ke *set point trip* yang lebih ketat selama kondisi operasi yang tidak normal, seperti pengoperasian yang menggunakan lebih sedikit *loop* pendingin reaktor yang aktif.

#### E. Sistem Informasi

Bagian ini memberikan informasi yang berkaitan dengan instrumentasi *display* yang berkaitan dengan keselamatan dan sistem informasi instalasi berbasis komputer.

Uraian juga mencakup:

1. daftar parameter yang diukur dan lokasi fisik sensor dan cakupan kualifikasi lingkungan yang ditentukan dari kondisi operasi atau kecelakaan yang paling parah, dan durasi periode waktu yang dibutuhkan untuk operasi sensor; dan
2. spesifikasi parameter yang dipantau oleh komputer instalasi dan karakteristik setiap perangkat lunak komputer (frekuensi pemindaian, validasi parameter, pemeriksaan sensor lintas-saluran) yang digunakan untuk memfilter, tren, pembangkitan alarm, dan

penyimpanan jangka panjang data dan tampilan yang tersedia ke operator di ruang kendali utama dan ruang kendali tambahan.

Bagian ini juga perlu memberikan informasi yang berkaitan dengan sistem diagnostik dan sistem tertentu yang diperlukan untuk pengelolaan kecelakaan parah, sistem deteksi kebocoran, sistem pemantauan untuk getaran dan bagian yang longgar, dan sistem *interlock* proteksi untuk mencegah kerusakan pada peralatan terkait keselamatan dan mencegah kecelakaan jenis tertentu (misalnya *interlock* katup pada antar-muka antara sistem tekanan rendah dan fluida tekanan tinggi yang operasinya dapat menghasilkan *loss of coolant accident* (LOCA) intersistem).

#### F. Sistem Kendali

Bagian ini memberikan uraian mengenai sistem kendali yang meliputi:

1. analisis kegagalan yang dipostulasikan pada sistem kendali yang tidak akan berdampak negatif pada operasi sistem yang berkaitan dengan keselamatan atau menghasilkan skenario kecelakaan yang lebih parah daripada yang telah dipostulasikan;
2. deskripsi singkat sistem kendali yang digunakan untuk operasi instalasi pada kondisi normal;
3. deskripsi sistem pengendali penurunan daya bertahap yang dipasang untuk mencegah *trip* reaktor dengan memicu penurunan daya secara parsial; dan
4. pembuktian bahwa sistem tersebut tidak menghambat pengoperasian sistem yang berkaitan dengan keselamatan.

#### G. Sistem *Interlock*

Bagian ini berisikan uraian mengenai:

- 1) sistem *interlock* untuk mencegah tekanan berlebih pada sistem tekanan rendah ketika sistem ini terhubung ke sistem tekanan tinggi;
- 2) *interlock* untuk mencegah tekanan berlebih pada sistem pendingin primer selama operasi suhu rendah;
- 3) *interlock* untuk mengisolasi sistem keselamatan dari sistem non-keselamatan; dan
- 4) *interlock* untuk mencegah hubungan yang tidak disengaja antara sistem keselamatan redundan atau beragam untuk keperluan pengujian atau pemeliharaan.

Uraian yang meliputi analisis yang perlu dilakukan, antara lain:

1. *interlock* untuk mencegah tekanan berlebih (over-pressurization) pada sistem tekanan rendah;
2. *interlock* untuk mencegah tekanan berlebih pada sistem pendingin primer ketika bejana reaktor beroperasi pada temperatur rendah;
3. *interlock* untuk katup akumulator *emergency core cooling system* (ECCS);
4. *interlock* yang diperlukan untuk mengisolasi sistem keselamatan dengan sistem non-keselamatan; dan
5. *interlock* diperlukan untuk mencegah hubungan yang tidak disengaja antara sistem keselamatan yang redundan dan beragam.

#### H. Sistem SIK Beragam

Bagian ini berisi uraian mengenai deskripsi SIK beragam yang mencakup sirkuit pemicu, logik, *bypass*, *interlock*, redundansi, keragaman, fitur desain pertahanan berlapis, dan perangkat penggerak (aktuasi). Bagian ini harus mengidentifikasi dan menjelaskan sistem pendukungnya, dan ketentuan fungsi mitigasi yang disediakan untuk kejadian AOO tanpa *scram* dan beragam kendali manual dan beragam tampilan. Bagian ini dilengkapi dengan diagram logik, perpipaian dan instrumentasi, dan gambar tata letak lokasi dari semua SIK beragam.

#### I. Ruang Kendali Utama

Bagian ini berisi uraian desain ruang kendali utama, termasuk tata letak dengan penekanan pada antar-muka manusia-mesin. Bagian ini juga berisi uraian tentang standar desain catu daya untuk peralatan yang terletak di ruang kendali utama.

#### J. Ruang Kendali Darurat

Bagian ini berisi uraian:

- a. kendali darurat, termasuk tata letak dengan penekanan pada antar-muka manusia-mesin;
- b. sarana isolasi fisik dan catu daya antara sistem instalasi dan sinyal komunikasi yang dialihkan ke ruang kendali utama dan ruang kendali darurat untuk menunjukkan bahwa ruang kendali darurat merupakan redundan dan mandiri dari ruang kendali utama;

- c. mekanisme untuk transfer kendali dan komunikasi dari ruang kendali utama ke ruang kendali tambahan pada saat kondisi kecelakaan; dan
- d. SIK yang ada di fasilitas tanggap darurat luar tapak.

#### K. Sistem Komunikasi Data

Bagian ini menguraikan:

1. semua sistem komunikasi data yang merupakan bagian dari (atau mendukung) sistem lain yang dijelaskan dalam bab ini, termasuk sistem komunikasi keselamatan dan komunikasi non-keselamatan;
2. informasi yang menunjukkan bahwa sistem komunikasi data sesuai persyaratan peraturan yang relevan dan pedoman peraturan terkait dan standar yang berlaku untuk sistem komunikasi data;
3. sarana dan kriteria untuk kegagalan fungsi sebagai akibat dari kegagalan komunikasi;
4. gambar tata letak yang relevan dan informasi rute jaringan; dan
5. komunikasi antara sistem dan komunikasi antara komputer dalam suatu sistem.
6. kriteria yang sesuai dengan kepentingan sistem terhadap keselamatan.
7. desain utama untuk:
  1. kualitas komponen, modul dan perangkat lunak;
  2. deskripsi persyaratan kinerja semua sistem yang didukung terpenuhi;
  3. potensi bahaya pada sistem, termasuk aktiasi yang tidak disengaja, pemulihan kesalahan, pengujian diri, dan pengujian pengawasan;
  4. kendali akses tidak sah;
  5. persyaratan redundansi, keragaman, dan kemandirian;
  6. gagal selamat dari sistem proteksi;
  7. pengujian dan survailen sistem;
  8. status sistem komunikasi data dalam desain indikasi bypass dan status tidak dapat dioperasikan;
  9. pencegahan jalur propagasi kesalahan untuk efek lingkungan (misalnya gangguan listrik dan petir berenergi tinggi) dari satu bagian redundan dari sistem ke yang lain, atau dari sistem lain ke sistem keselamatan; dan

## 10. paparan sistem terhadap bahaya seismik.

### L. Desain SIK Digital

Bagian ini berisi uraian mengenai informasi desain sistem digital, perlindungan terhadap kegagalan berpenyebab sama, dan persyaratan fungsional saat menerapkan sistem proteksi digital.

Bagian ini juga berisi uraian mengenai:

1. kriteria desain yang diterapkan pada sistem;
2. desain SIK yang diberlakukan pada masing-masing individual sistem;
3. pertahanan berlapis dan keragaman pada sistem *trip* reaktor atau pada sistem aktuasi fitur keselamatan teknis yang berkaitan dengan kemampuan SIK dalam mengatasi kegagalan berpenyebab sama;
4. persyaratan dan ketentuan fungsi;
5. perencanaan proses siklus (proses pengembangan sistem komputer, khususnya kegiatan siklus hidup perangkat lunak untuk sistem digital);
6. persyaratan proses siklus hidup yang mendokumentasikan persyaratan fungsional sistem komputer; dan
7. keluaran desain proses siklus perangkat lunak.

## BAB 8. SISTEM CATU DAYA LISTRIK

Bab ini terdiri atas prinsip umum dan pendekatan desain, sistem catu daya listrik luar tapak, sistem catu daya listrik AC di tapak, sistem catu daya listrik DC di tapak, peralatan listrik, kabel dan penjalurannya, pentanahan, penangkal petir, dan kompatibilitas elektromagnetik.

### A. Prinsip Umum dan Pendekatan Desain

Bagian ini berisi uraian mengenai:

1. keandalan desain (redundansi, kemandirian, keragaman);
2. kemungkinan kegagalan dengan penyebab sama yang dapat menyebabkan sistem catu daya tidak dapat menjalankan fungsinya pada saat desain, perawatan, pengujian dan operasi sistem catu daya beserta sistem pendukungnya;
3. pembagian sistem catu daya listrik di instalasi, termasuk berbagai sistem tegangan dan penentuan komponen dari sistem yang dianggap penting;



4. kecukupan fungsional sistem catu daya listrik yang penting untuk keselamatan, termasuk pemutus;
5. gambaran umum tentang sistem catu daya luar tapak yang terdiri dari sistem jaringan listrik (*grid*) dan *switchyard* yang menghubungkan instalasi dengan jaringan listrik dan interkoneksinya ke jaringan lain dan titik sambungan ke sistem listrik di tapak (atau *switchyard*);
6. PIE yang dipertimbangkan dalam desain beserta seluruh persyaratan fungsionalnya yang diterapkan terhadap sistem kelistrikan yang berada dalam kondisi tunak, operasi jangka pendek dan transien yang didefinisikan dalam desain dan dampak dari kejadian tersebut terhadap catu daya listrik di tapak (AC dan DC); dan
7. penggantian, pengembangan, dan modifikasi sistem catu daya listrik.

## B. Sistem Catu Daya Listrik Luar Tapak

Bagian ini berisi uraian mengenai:

1. fitur untuk pengendalian dan proteksi (pengaturan pemutus, saklar pemutus manual dan otomatis) pada interkoneksi ke sistem daya di tapak;
2. desain *switchyard*, jumlah sirkuit ke sistem catu daya di tapak termasuk persyaratan desain untuk mendukung fungsi keselamatan sistem untuk menyediakan keandalan, kapasitas dan kemampuan yang memadai;
3. desain yang digunakan untuk melindungi instalasi dari gangguan listrik luar tapak dan untuk mempertahankan pasokan listrik ke sistem bantu di Reaktor Daya;
4. keandalan jaringan listrik dan setiap ketentuan spesifik desain yang diperlukan untuk mengatasi kegagalan jaringan listrik yang sering terjadi;
5. moda kegagalan gangguan dan analisis efek kegagalan komponen sistem catu daya luar tapak; dan
6. analisis stabilitas jaringan listrik (termasuk stabilitas setelah padamnya generator utama).

### C. Sistem Catu Daya Listrik AC di Tapak

Bagian ini berisi uraian mengenai:

1. sistem catu daya AC siaga (sistem yang digerakkan turbin diesel atau gas), konfigurasi generator dan sistem catu daya listrik AC tak-putus yang tersedia untuk kejadian AOO dan kecelakaan dasar desain;
2. pemilihan batas nilai proteksi terhadap kondisi tegangan yang berada di bawah tegangan normal dan di atas frekuensi normal (*under frequency dan over voltage*);
3. pemilihan sarana proteksi terhadap arus pendek; dan
4. pemilihan batas kualitas sumber catu daya.
5. persyaratan catu daya untuk setiap beban AC instalasi, termasuk:
  - a. beban tunak; kilovolt-ampere start-up untuk beban motor;
  - b. tegangan nominal;
  - c. penurunan tegangan yang diijinkan (untuk mencapai kemampuan fungsional penuh dalam jangka waktu yang dipersyaratkan);
  - d. urutan dan waktu yang diperlukan untuk mencapai kemampuan fungsional penuh untuk setiap beban;
  - e. frekuensi nominal;
  - f. fluktuasi frekuensi yang diijinkan; dan
  - g. jumlah rangkaian dan jumlah minimum rangkaian fitur keselamatan teknis untuk diberi daya secara bersamaan.
6. Rekayasa sistem catu daya AC di tapak untuk memastikan penyaluran catu daya darurat yang andal ke fitur keselamatan teknis dan beban sistem catu daya AC tak-putus;
7. analisis kondisi kehilangan catu daya luar tapak dengan sumber daya AC siaga/darurat berfungsi dan beban keselamatan tersambung ke bus keselamatan tanpa memberi beban yang melebihi (*overloading*) penggerak utama, dan dalam kerangka waktu yang sesuai dengan asumsi yang disampaikan di Bab 16 tentang analisis keselamatan;
8. ketersediaan pasokan catu daya AC alternatif di Reaktor Daya dalam hal desain instalasi yang bergantung pada catu daya AC untuk mengendalikan Reaktor Daya setelah kehilangan sumber catu daya luar tapak dan sumber catu daya siaga yang mempertimbangkan keragaman (misalnya tidak rentan terhadap kejadian yang menyebabkan hilangnya sumber catu daya di tapak dan luar tapak), kapasitas yang memadai untuk mengoperasikan sistem yang

diperlukan untuk mengatasi listrik padam total, dan perangkat bantu yang memenuhi syarat untuk tujuan penggunaannya;

9. proteksi sistem catu daya AC; dan
10. ketersediaan fitur yang cukup memadai untuk memungkinkan penggunaan peralatan non-permanen (*mobile*) yang selamat untuk mengembalikan catu daya listrik yang diperlukan dalam kecelakaan yang melampaui dasar desain.

#### D. Sistem catu daya listrik DC di tapak

Bagian ini berisi uraian mengenai:

1. karakteristik, fitur desain, peringkat pemutus, transformator, baterai, *switchgears*, penyearah dan inverter yang mendukung operasi instalasi yang selamat; dan
2. kapasitas discharge untuk baterai jangka panjang (penurunan tegangan yang diperkirakan sebagai fungsi waktu tanpa pengisian saat dikenai beban desain);
3. beban DC utama (termasuk inverter sistem catu daya tak-putus AC dan beberapa beban DC yang tidak penting untuk keselamatan seperti pompa minyak pelumas untuk bantalan turbin);
4. sarana proteksi kebakaran untuk area baterai DC dan sistem kabel;
5. persyaratan catu daya untuk setiap beban DC instalasi, termasuk:
  - a. beban kondisi tunak;
  - b. lonjakan beban (termasuk kondisi kecelakaan);
  - c. penyambungan beban;
  - d. tegangan nominal;
  - e. penurunan tegangan yang diijinkan (untuk mencapai kemampuan fungsional penuh dalam jangka waktu yang dibutuhkan);
  - f. jumlah rangkaian;
  - g. jumlah minimum rangkaian fitur keselamatan teknis untuk digerakkan secara bersamaan (jika terdapat lebih dari dua rangkaian); dan
  - h. proteksi sistem catu daya DC.
6. kontinuitas catu daya DC untuk pemantauan parameter instalasi utama dan untuk penyelesaian tindakan jangka pendek yang diperlukan untuk keselamatan pada saat kejadian kehilangan semua sumber catu daya AC (arus bolak-balik); dan

7. informasi mengenai kemungkinan untuk mengisi ulang baterai dari sumber catu daya AC alternatif.

#### E. Peralatan Listrik, Kabel dan Penjalurannya (*Raceways*)

Bagian ini berisi uraian mengenai:

1. peralatan listrik, kabel dan penjalurannya (termasuk penopang kabel, penetrasi dinding dan lantai dan pemadam api);
2. efek radiasi kumulatif dan penuaan termal yang diperkirakan selama umur operasi;
3. kualifikasi seismik, ketahanan api peralatan listrik, bus, rak kabel dan penopangnya dan kualifikasi interferensi;
4. identifikasi klasifikasi kabel:
  - a. kabel instrumentasi dan kendali;
  - b. kabel listrik tegangan rendah (1 kV atau kurang);
  - c. kabel listrik tegangan menengah (lebih besar dari 1 kV sampai 35 kV); dan
  - d. kabel listrik tegangan tinggi (lebih besar dari 35 kV).
5. kualifikasi lingkungan kabel dan penetrasi listrik yang tahan terhadap kondisi di dalam pengungkung selama dan setelah kecelakaan hilangnya pendingin, pecahnya saluran uap utama atau kondisi lingkungan buruk lainnya.

#### F. Pentanahan, Penangkal Petir, dan Kompatibilitas Elektromagnetik

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

1. proteksi kompatibilitas elektromagnetik dari Reaktor Daya dan sistem perangkat listrik, instrumentasi, dan kendali;
2. sistem pentanahan dan penangkal petir (baik proteksi internal maupun eksternal), termasuk komponen yang terkait dengan berbagai subsistem pentanahan (misalnya pentanahan gardu, sistem pentanahan sistem, pentanahan pengaman peralatan, pentanahan khusus untuk instrumentasi sensitif dan komputer atau sistem kendali dengan sinyal lemah);
3. gambar rencana pentanahan dan penangkal petir;
4. proteksi kompatibilitas elektromagnetik dari Reaktor Daya;
5. identifikasi standar industri yang digunakan dalam mendesain subsistem, dan juga dasar untuk kriteria penerimaan terkait; dan

6. analisis dan asumsi mendasar yang digunakan untuk menunjukkan bahwa kriteria penerimaan untuk subsistem pentanahan.

## BAB 9. SISTEM BANTU

Bab ini terdiri atas:

1. sistem penanganan dan penyimpanan bahan bakar;
2. sistem air;
3. sistem sampling proses dan paska kecelakaan;
4. sistem udara dan gas;
5. sistem ventilasi, dan pengkondisi udara;
6. sistem proteksi kebakaran;
7. sistem bantu untuk pembangkit diesel atau untuk pembangkit turbin gas;
8. peralatan pengangkat *overhead*; dan
9. sistem bantu lainnya.

### A. Sistem Penanganan dan Penyimpanan Bahan Bakar

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

1. sistem penanganan dan penyimpanan bahan bakar, yang dilengkapi dengan gambar teknis;
2. pengaturan terkait subkritikalitas, perisai radiasi, penanganan, penyimpanan, pendinginan, kebocoran lepasan produk fisi dari bahan bakar bekas dan jatuhnya beban, pemindahan dan pengangkutan bahan bakar dalam Reaktor Daya;
3. subsistem berikut:
  - a. sistem penanganan dan penyimpanan bahan bakar segar;
  - b. sistem penanganan dan penyimpanan bahan bakar bekas;
  - c. sistem pendinginan dan pembersihan ruang penyimpanan bahan bakar bekas; dan
  - d. sistem penanganan untuk pemuatan *cask* bahan bakar.
4. bahan bakar segar serta uraian pembungkusan, penanganan, penyimpanan, pencegahan kritikalitas serta pemantauan dan pengendalian integritas;
5. bahan bakar yang diolah ulang dan teriradiasi termasuk uraian proteksi radiasi, pencegahan kritikalitas, pemantauan integritas termasuk ketentuan khusus untuk penanganan bahan bakar yang

- rusak, kimia bahan bakar, pendinginan bahan bakar, dan pengaturan tentang pengiriman dan pengangkutan;
6. ketentuan untuk mengeliminasi degradasi bahan bakar secara signifikan di dalam ruang penyimpanan bahan bakar dan lepasan yang tidak terkendali; dan
  7. penggunaan peralatan non-permanen (*mobile*) untuk menjalankan fungsi keselamatan di ruang penyimpanan bahan bakar bekas sebagai bagian dari manajemen kecelakaan, termasuk fitur desain yang memungkinkan koneksi yang handal dari peralatan non-permanen, termasuk kondisi yang dipengaruhi oleh bahaya eksternal yang melampaui dasar desain.

#### B. Sistem Air

Bagian ini berisi uraian mengenai:

1. sistem layanan air;
2. sistem air pendingin komponen untuk sistem bantu di reaktor (misalnya sirkuit pendingin intermediate);
3. sistem air pendingin (chilled) penting;
4. Sistem suplai penambah air tanpa mineral (demineralizer);
5. Sistem pemindah panas akhir; dan
6. Sistem penyimpan dan pengalir kondensat.
7. kemampuan sistem yang diperlukan untuk memindahkan panas ke sistem pemindah panas akhir dan sistem pemindah panas itu dalam kasus bahaya eksternal ekstrim.

#### C. Sistem *Sampling* Proses dan Paska Kecelakaan

Bagian ini berisi penjelasan tentang sistem bantu yang terkait dengan sistem untuk pengambilan cuplikan proses reaktor, termasuk pada saat paska kecelakaan.

#### D. Sistem Udara dan Gas

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

1. sistem penyedia udara untuk pelayanan dan perawatan, termasuk sistem udara terkompresi dan layanan gas; dan
2. kemampuan untuk menghubungkan atau mengisolasi sistem instrumentasi dan kendali udara dari sistem penyedia layanan udara jika desainnya menyediakan dua sistem yang dapat dihubungkan.

#### E. Sistem Ventilasi dan Pengkondisi Udara

Bagian ini berisi penjelasan mengenai sistem ventilasi dan pengkondisi udara pada:

1. daerah ruang penyimpanan bahan bakar bekas;
2. daerah bantu dan daerah limbah radioaktif;
3. gedung turbin; dan
4. fitur keselamatan teknis.
5. sistem air pendingin untuk ventilasi dan pengkondisi udara.

#### F. Sistem Proteksi Kebakaran

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

1. sistem proteksi kebakaran;
2. upaya proteksi kebakaran yang memadai;
3. analisis yang membuktikan bahwa desain dari sistem proteksi kebakaran memiliki ketentuan yang memadai terkait pertahanan berlapis, pencegahan kebakaran, deteksi kebakaran, peringatan kebakaran, pemadam kebakaran, kendali asap dan mitigasi dampak kebakaran;
4. pemilihan bahan, pemisahan sistem secara fisik, ketahanan terhadap bahaya eksternal (jika dipertimbangkan untuk memitigasi konsekuensi dari kejadian eksternal) dan penggunaan penghalang untuk memisahkan rangkaian redundan;
5. desain yang mampu memberikan proteksi kebakaran yang memadai; dan
6. ketentuan untuk memastikan keselamatan personil terhadap kebakaran.

#### G. Sistem Bantu untuk Pembangkit Diesel atau untuk Pembangkit Turbin Gas

Bagian ini berisi uraian mengenai:

1. sistem pendukung untuk pembangkit diesel (atau turbin gas);
2. kinerja desain sistem pendukung yang konsisten dengan keselamatan sistem atau komponen yang dilayani dalam semua kondisi instalasi;
3. subsistem sebagai berikut:
  - a. sistem transfer dan penyimpanan bahan bakar pembangkit diesel (atau pembangkit turbin gas);

- b. sistem udara atau air pendingin pembangkit diesel (atau pembangkit turbin gas);
- c. sistem stater pembangkit diesel (atau pembangkit turbin gas);
- d. sistem pelumasan pembangkit diesel (atau pembangkit turbin gas); dan
- e. sistem pemasukan dan pengeluaran udara pembakaran pembangkit diesel (atau pembangkit turbin gas).

#### H. Peralatan Pengangkat *Overhead*

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

- 1. peralatan pengangkat *overhead* dengan persyaratan keselamatan terkait;
- 2. ketentuan dan asumsi terkait desain;
- 3. pengoperasian penanganan beban kritis yang mempunyai dampak terhadap kinerja fungsi keselamatan;
- 4. parameter beban jatuh yang dapat menyebabkan kerusakan parah;
- 5. lokasi beban akan ditangani;
- 6. desain dari peralatan pengangkat *overhead*; dan
- 7. derek di gedung reaktor dan derek di gedung bahan bakar.

#### I. Sistem Bantu Lainnya

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

- 1. sistem bantu lainnya yang pengoperasiannya dapat mempengaruhi keselamatan instalasi dan belum dicakup dalam LAK, misalnya:
  - a. sistem komunikasi, termasuk peralatan lain untuk memastikan komunikasi di tapak dan luar tapak;
  - b. sistem pencahayaan dan pencahayaan darurat;
  - c. sistem dan peralatan drainase lantai;
  - d. sistem antarmuka air (cadangan air baku, sistem air demineralizer, sistem air minum dan air sanitasi); dan
  - e. kimia.
- 2. sistem pemurnian Helium untuk reaktor jenis HTR yang meliputi sistem penyimpanan dan suplai Helium, sistem pembuangan untuk sistem pendukung dan sistem penanganan bahan bakar, sistem evakuasi gas untuk sistem primer, dan sistem penyimpanan limbah gas.



3. sistem penyimpanan untuk penggunaan peralatan non-permanen (*mobile*) dalam kecelakaan yang melampaui dasar desain.

## BAB 10. GEDUNG DAN STRUKTUR

Bab ini terdiri atas pondasi dan struktur bawah permukaan (SNI pondasi), gedung reaktor, dan struktur lainnya.

### A. Pondasi dan Struktur Bawah Permukaan

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

1. pondasi, termasuk rencana dan gambar irisan (*section views*) untuk menentukan aspek dan elemen struktur utama yang diandalkan untuk menjalankan fungsi pondasi. Penjelasan mencakup interaksi tanah – pondasi;
2. jenis pondasi, karakteristik struktural, dan pengaturan umum dari tiap pondasi; dan
3. pondasi dari baja atau pengungkung beton serta struktur dengan klasifikasi seismik.

### B. Gedung Reaktor

Bagian ini berisi uraian mengenai gedung reaktor yang meliputi:

1. fitur desain yang memenuhi fungsi keselamatan dasar reaktor, yaitu:
  - a. mengendalikan reaktivitas;
  - b. memindahkan panas dari teras reaktor; dan
  - c. mengungkung zat radioaktif dan menahan radiasi.
2. setiap jalur penetrasi pengungkung pada reaktor sebagai bagian dari sistem pendingin reaktor bertekanan atau yang terhubung langsung ke atmosfer pengungkung yang secara otomatis tertutup dan handal dalam hal terjadi kecelakaan kebocoran pengungkung yang penting untuk mencegah pelepasan radioaktif ke lingkungan;
3. fitur desain khusus dari pengungkung utama seperti kekedapan, daya tahan mekanik, kemampuan menahan tekanan dan proteksi terhadap bahaya;
4. struktur beton dan internal baja dari pengungkung; dan
5. kinerja pengungkung yang mampu menahan kombinasi beban sesuai dengan kriteria penerimaan desain.

### C. Struktur Lainnya

Bagian ini berisi penjelasan tentang struktur sipil lain yang terkait dengan keselamatan nuklir mencakup gedung ruang kendali, gedung sistem bantu, struktur pemindah panas akhir dan fasilitas tanggap darurat.

## BAB 11. SISTEM KONVERSI ENERGI

Bab ini terdiri atas:

1. Gambaran umum;
2. Sistem suplai uap utama;
3. Sistem air umpan;
4. Sistem turbin-generator;
5. Sistem turbin-kondensor;
6. Sistem pemrosesan *blowdown* pembangkit uap; dan
7. Penerapan pencegahan patah pada pipa uap utama dan pipa air umpan

### A. Gambaran Umum

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

1. fitur desain utama dari sistem konversi uap dan daya yang dilengkapi dengan diagram pemipaan dan instrumentasi (*piping and instrumentation diagram/P&ID*) sistem keseluruhan dan tabel ringkas desain yang penting dan karakteristik kinerja, termasuk kesetimbangan kalor (*heat balance*) pada nilai daya maksimal, serta fitur desain sistem terkait keselamatan untuk menjamin batas tekanan pendingin tidak terlampaui; dan
2. batas yang jelas antara sistem pendingin primer reaktor dan suplai uap utama atau air umpan.

### B. Sistem Suplai Uap Utama

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

1. sistem suplai uap utama dan pemipaan jalur uap utama, termasuk diagram pemipaan dan instrumentasi (P&ID) yang menunjukkan komponen-komponen, termasuk pemipaan yang saling terhubung;
2. pemenuhan fungsi keselamatan yang dapat diandalkan, termasuk isolasi yang cepat dan andal serta pelepasan uap (*steam relief*);

3. pemisahan jalur uap untuk mencegah kebocoran satu jalur uap yang dapat mempengaruhi jalur uap lainnya dan proteksi terhadap tabrakan pesawat;
4. untuk pembangkit siklus langsung reaktor jenis BWR, penjelasan sistem uap utama mencakup:
  - a. semua komponen dari katup isolasi pengungkung terluar sampai katup penghenti turbin (*turbine stop valve*); dan
  - b. pemipaan dengan diameter besar yang saling terhubung sampai katup pertama yang biasanya tertutup atau mampu secara otomatis menutup pada semua moda operasi reaktor.
5. untuk reaktor jenis PWR serta jenis lain yang menggunakan pembangkit uap, penjelasan mengenai sistem uap utama mencakup:
  - a. mulai dari sambungan ke sisi sekunder pembangkit uap hingga dan termasuk katup penghenti turbin;
  - b. katup isolasi pengungkung;
  - c. katup keselamatan dan katup pelepas;
  - d. pemipaan dengan diameter lebih besar yang terhubung, hingga dan termasuk katup pertama yang biasanya tertutup atau mampu secara otomatis menutup pada semua moda operasi normal;
  - e. jalur uap ke turbin pompa air umpan tambahan, jika ada; dan
  - f. instalasi *bypass* uap ke atmosfer.

### C. Sistem Air Umpan

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

1. sistem air umpan utama dan tambahan yang dilengkapi dengan diagram PI&D, termasuk kemampuan untuk menyediakan air umpan yang memadai ke sistem suplai uap dan kriteria untuk pengisolasian dari pembangkit uap atau dari sistem pendingin reaktor dan persyaratan desain lingkungan;
2. analisis efek kegagalan komponen dan efek malfungsi peralatan pada sistem pendingin reaktor; dan
3. analisis ke piranti yang disediakan, serta isolasi untuk menghalangi lepasan radioaktif ke lingkungan pada kejadian bocor atau pecahnya pipa dan/atau penurunan integritas peralatan terkait keselamatan.

#### D. Turbin-Generator

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

1. sistem turbin-generator dan peralatan terkait (termasuk pemisah embun dan proteksi kecepatan berlebih turbin), penggunaan ekstraksi uap untuk pemanasan air umpan, dan fungsi kendali yang dapat mempengaruhi pengoperasian sistem pendingin reaktor;
2. diagram dan gambar tata letak pemipaan dan instrumentasi yang menunjukkan penataan secara umum sistem turbin-generator dan peralatan yang terkait dengan struktur, sistem dan komponen terkait keselamatan;
3. informasi tentang integritas struktur rotor turbin dan proteksi terhadap kerusakan pada komponen terkait keselamatan akibat kegagalan rotor turbin yang menjadi misil dengan energi tinggi;
4. desain peralatan dan dasar desain sistem turbin-generator, termasuk persyaratan kinerja pada kondisi operasi;
5. moda operasi yang direncanakan pada kondisi normal, misalnya beban dasar atau mengikuti beban;
6. pembatasan fungsi dalam desain atau karakteristik operasi sistem pendingin reaktor, misalnya beban listrik yang mungkin naik atau turun akibat gerakan batang kendali atau bypass uap;
7. standar desain yang digunakan;
8. program perawatan dan inspeksi in-service; dan
9. kriteria desain kegempaan, dasar kriteria yang dipilih, dan klasifikasi pengelompokan kegempaan dan kualitas komponen sistem turbin-generator, peralatan dan pemipaan; dan
10. informasi terkait antisipasi sistem turbin-generator terhadap gangguan elektrik seperti lepas beban, hubung pendek, daya balik, gangguan beban tak seimbang, gangguan petir.

#### E. Sistem Turbin-Kondensor

Bagian ini berisi penjelasan mengenai fitur dasar desain dan subsistem terkait pengoperasian kondensor yang mencakup:

1. kondensor utama;
2. sistem ekstraksi udara kondensor, misalnya sistem pembuangan-gas dalam reaktor jenis BWR;
3. sistem air yang tersirkulasi;
4. sistem kondensat;

5. sistem pembersihan (*clean-up*) kondensat;
6. sistem bantu turbin;
7. sistem wadah penyekat turbin (*gland sealing turbine*); dan
8. sistem bypass turbin ke kondensor.
9. sistem bantu generator.

F. Sistem Pemrosesan *Blowdown* Pembangkit Uap (untuk reaktor jenis PWR dan Reaktor Jenis Lain yang Menggunakan *Steam Generator*)

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

1. sistem pemrosesan *blowdown* pembangkit uap dan dasar desainnya dalam hal kemampuannya untuk menjaga kualitas kimia air di sistem sekunder yang optimal selama operasi normal dan AOO misalnya kebocoran kondensor utama dan kebocoran sistem primer ke sekunder;
2. Dasar desain mencakup:
  - a. desain aliran dan aliran yang diharapkan untuk semua moda operasi normal, misalnya proses *bypass*;
  - b. parameter dari desain proses dan kapasitas desain peralatan;
  - c. temperatur desain dan temperatur yang diharapkan untuk proses pengolahan sensitif terhadap temperatur, seperti proses demineralisasi dan *reverse osmosis*; dan
  - d. instrumentasi dan kendali proses untuk menjaga operasi tetap dalam kisaran parameter yang ditetapkan..

G. Penerapan Pencegahan Pecah untuk Pipa Utama dan Pipa Air Umpan

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

1. deteksi dini pecah jalur uap utama dan jalur air umpan yang meliputi efek kerusakan sekunder dari sistem pembangkit instalasi, misalnya karena sabetan pipa atau beban tekanan yang luar biasa; dan
2. implementasi konsep bocor sebelum pecah dalam desain.

## BAB 12. PENGELOLAAN LIMBAH RADIOAKTIF

Bab ini terdiri atas sumber limbah, sistem pengelolaan limbah radioaktif cair, dan sistem pengelolaan limbah radioaktif padat.

## A. Sumber Limbah

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

1. sumber utama limbah radioaktif padat, cair, dan estimasi laju pembentukannya dan lepasan cairan dan gas pada kondisi operasi yang sesuai dengan persyaratan desain;
2. informasi tentang laju akumulasi dan jumlah, kondisi dan bentuk limbah radioaktif yang dihasilkan dari operasi normal, serta metode dan teknik pengolahan, penyimpanan, dan pengangkutannya;
3. limbah yang harus dipertimbangkan mencakup limbah padat dan cair di semua tahap pengelolaannya sepanjang umur instalasi dan penjelasan opsi spesifik yang dipertimbangkan untuk pengelolaan pradisposal limbah;
4. upaya untuk meminimalkan akumulasi limbah yang dihasilkan pada semua tahap selama umur instalasi dan upaya yang dilakukan untuk mengurangi limbah yang dihasilkan ke tingkat serendah mungkin; dan
5. upaya yang ditujukan untuk meminimalkan volume dan aktivitas limbah untuk memenuhi persyaratan khusus desain fasilitas penyimpanan limbah.

## B. Sistem Pengelolaan Limbah Radioaktif Cair

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

1. pengumpulan dan pengelompokan limbah;
2. pengolahan limbah. Metode pengolahan limbah radioaktif cair meliputi evaporasi, dengan cara kimia, dan penukar ion;
3. pengkondisian dengan cara antara lain solidifikasi dengan matrik semen atau bitumen dengan memenuhi kriteria keberterimaan limbah untuk pembuangan;
4. penyimpanan limbah termasuk kapasitas dalam besaran jumlah dan volume; dan
5. penilaian klirens limbah radioaktif cair selama kondisi operasi.

## C. Pengelolaan Limbah Radioaktif Padat

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

1. pengumpulan dan pengelompokkan limbah;
2. pengolahan limbah. Metode pengolahan limbah radioaktif padat mencakup insenerasi dan kompaksi, serta dengan *delay* dan *decay*;

3. pengkondisian dengan cara antara lain solidifikasi dengan matrik semen atau bitumen dengan memenuhi kriteria keberterimaan limbah untuk pembuangan;
4. penyimpanan limbah termasuk kapasitas dalam besaran jumlah dan volume; dan
5. penilaian klirens limbah radioaktif padat selama kondisi operasi.

## BAB 13. PROTEKSI DAN KESELAMATAN RADIASI

Bab ini terdiri dari evaluasi radiologi, kajian keselamatan, dan program proteksi dan keselamatan radiasi.

### A. Evaluasi Radiologi

Bagian ini berisi uraian mengenai:

1. identifikasi sumber paparan normal dan probabilitas paparan potensial/kedaruratan;
2. perkiraan besar dan kemungkinan dosis yang diterima; dan
3. identifikasi tindakan proteksi yang diperlukan untuk memenuhi prinsip optimisasi.

### B. Kajian Keselamatan

Bagian ini berisi uraian mengenai kajian keselamatan yang meliputi:

1. sifat, besar, dan kemungkinan terjadinya paparan potensial;
2. batasan dan kondisi teknis untuk pengoperasian sumber;
3. kemungkinan terjadinya kegagalan struktur, sistem, komponen yang terkait dengan proteksi dan keselamatan radiasi yang mengarah pada terjadinya paparan potensial dan konsekuensi jika terjadi kegagalan;
4. kemungkinan kesalahan prosedur operasi yang terkait dengan proteksi dan keselamatan dan konsekuensi jika terjadi kesalahan;
5. perubahan rona lingkungan yang mempengaruhi proteksi dan keselamatan radiasi; dan
6. dampak dilakukannya modifikasi sumber terhadap proteksi dan keselamatan radiasi.

### C. Program Proteksi dan Keselamatan Radiasi

Bab ini berisi ringkasan dari program proteksi dan keselamatan radiasi. Bagian ini berisi uraian mengenai program proteksi dan keselamatan radiasi mengikuti format dan isi yang tercantum di dalam peraturan

BAPETEN mengenai proteksi dan keselamatan radiasi dalam pemanfaatan tenaga nuklir. Ringkasan program proteksi dan keselamatan radiasi paling sedikit meliputi:

1. pendahuluan;
2. penyelenggara proteksi dan keselamatan radiasi;
3. deskripsi fasilitas;
4. proteksi dan keselamatan radiasi; dan
5. rekaman dan laporan.
- 6.

## BAB 14. PELAKSANAAN OPERASI

Bab ini berisi uraian mengenai organisasi pengoperasi, pelatihan, implementasi keselamatan operasi, prosedur dan pedoman, dan antarmuka keselamatan dan keamanan.

### A. Organisasi Pengoperasi

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

1. struktur organisasi operasi dan fungsi, peran, dan tanggung jawab berbagai komponen di dalamnya.
2. Organisasi dan tanggung jawab panitia penilai keselamatan dan badan penasehat. Fungsi manajemen untuk operasi selamat, meliputi fungsi pembuat kebijakan, fungsi operasi, fungsi pendukung, dan fungsi penilai;
3. Keterkaitan dengan organisasi lain, seperti organisasi untuk desain, manufaktur, konstruksi, komisioning, operasi, kendali konfigurasi reaktor; dan
4. identifikasi persyaratan kualifikasi untuk petugas kunci.

Organisasi operasi merupakan bagian dari organisasi besar Reaktor Daya, organisasi keseluruhan yang ada di Reaktor Daya dibuat dalam dokumen sistem manajemen.

### B. Pelatihan

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

1. kualifikasi umum dan program pelatihan untuk petugas instalasi untuk mencapai dan mempertahankan tingkat kompetensi profesional yang disyaratkan sepanjang umur instalasi. Informasi yang diberikan



mencakup persyaratan kualifikasi awal, program pelatihan, pelatihan penyegaran, pelatihan ulang dan sistem dokumentasi. Program dan fasilitas pelatihan, termasuk fasilitas simulator yang mencerminkan status, karakteristik, dan perilaku dari Reaktor Daya;

2. pendekatan sistematis untuk pelatihan yang diadopsi, termasuk pertimbangan pembaruan berdasarkan pengalaman operasi dan hasil penelitian. Program pelatihan didasarkan pada analisis tanggung jawab dan tugas pekerjaan serta berlaku untuk semua petugas, termasuk manajer; dan
3. rezim perizinan, termasuk ketentuan perizinan bagi operator dan bagi petugas dalam peran dan posisi lain. Sistem yang akan diterapkan dan ketentuan yang berlaku dalam mematuhi persyaratan izin.

### C. Implementasi Keselamatan Operasi

Bagian ini berisi uraian mengenai:

#### 1. Pelaksanaan Operasi

Pelaksanaan operasi yang dilakukam untuk memastikan kondisi instalasi yang memadai terkait dengan persyaratan untuk operasi yang selamat.

#### 2. Perawatan, Serveilan, Inspeksi dan Pengujian

- a. justifikasi dan pengaturan yang akan diterapkan ubtuk mengidentifikasi, mengendalikan, merencanakan, melaksanakan, dan meninjau pelaksanaan perawatan, serveilan, inspeksi dan pengujian yang mempengaruhi keandalan dan keselamatan;
- b. program pengawasan, termasuk kegiatan perawatan prediktif, preventif, dan korektif yangdilakukan untuk mengendalikan potensi degradasi struktur, sistem dan komponen serta untuk mencegah kegagalan. Program perawatan dibuat memadai untuk memastikan kepatuhan terhadap batasan dan kondisi operasi;
- c. pendekatan dan metode yang digunakan untuk menunjukkan kesesuaian inspeksi instalasi, termasuk inspeksi in-service yang dikhususkan pada kecukupan inspeksi in-service terhadap integritas sistem pendingin primer dan sekunder dengan pertimbangan keselamatan dan konsekuensi yang timbul dari kegagalannya; dan

- d. jenis pengujian yang dapat mempengaruhi fungsi keselamatan Reaktor Daya dan memastikan bahwa pengujian dimulai, dilakukan dan dikonfirmasi dalam rentang waktu yang diizinkan.
3. Manajemen Teras dan Penanganan Bahan Bakar
    - a. pengaturan yang dibuat untuk kegiatan operasi terkait manajemen teras dan penanganan bahan bakar untuk memastikan keselamatan penggunaan bahan bakar di reaktor dan keselamatan dalam pengangkutan dan penyimpanan di tapak; dan
    - b. pemantauan kondisi teras agar tetap dalam batas operasi dan metode yang tepat untuk mengatasi cacat pada bahan bakar atau batang kendali sehingga dapat meminimalkan jumlah produk fisi dan produk yang teraktivasi dalam pendingin primer atau dalam gas buangan selama operasi normal.
  4. Manajemen Penuaan dan Operasi Jangka Panjang
    - a. semua bagian dari Reaktor Daya yang dapat dipengaruhi oleh penuaan dan rencana untuk mengatasi penuaan yang telah diidentifikasi sesuai dengan relevansi keselamatan struktur, sistem dan komponen. Uraian dibuat sesuai dengan pemantauan bahan dan program pencuplikan sampel yang diperlukan untuk memverifikasi kemampuan peralatan dan struktur, sistem dan komponen untuk memenuhi fungsi keselamatan sepanjang umur instalasi; dan
    - b. program operasi jangka panjang yang berfokus pada manajemen penuaan. Uraian mencakup langkah-langkah tambahan yang diperlukan untuk memverifikasi kemampuan struktur, sistem dan komponen untuk memenuhi fungsi keselamatan dan persyaratan kualifikasi selama operasi jangka panjang.
  5. Kendali Modifikasi
    - a. metode yang diusulkan untuk mendesain, merencanakan, melaksanakan, menguji dan mendokumentasikan modifikasi pada instalasi sepanjang umur instalasi; dan
    - b. proses kendali modifikasi mencakup perubahan signifikan keselamatan yang dibuat pada struktur, sistem dan komponen instalasi, batasan dan kondisi operasi, prosedur instalasi dan perangkat lunak proses.
  6. Program untuk Umpan Balik dari Pengalaman Operasi

Program yang akan diterapkan untuk umpan balik dari pengalaman operasi yang mencakup langkah-langkah untuk memastikan bahwa peristiwa dan insiden operasi di instalasi dan di Reaktor Daya lain yang relevan akan diidentifikasi, dicatat, diberitahukan, diselidiki secara internal, dan digunakan sebagai pertimbangan untuk pelaksanaan operasi.

#### 7. *Outage*

- a. pengaturan yang relevan untuk melakukan shutdown reaktor secara berkala. Penjelasan tentang konfigurasi instalasi yang dipertahankan sesuai dengan batasan dan kondisi operasi;
- b. langkah-langkah yang dilakukan untuk memastikan proteksi radiasi dan keselamatan dalam keadaan tertentu selama *outages*, kegiatan organisasi dan perencanaan dan petugas dari berbagai bidang dan layanan, organisasi dan perencanaan yang berhubungan dengan tekanan waktu dan pengelolaan kejadian tak terduga; dan
- c. umpan balik pengalaman dan analisisnya untuk meningkatkan manajemen *outages*.

#### D. Prosedur dan Pedoman

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

##### 1. Prosedur Administratif

Semua daftar dokumen yang relevan yang akan digunakan oleh petugas instalasi untuk memastikan bahwa prosedur dan pedoman untuk operasi normal, AOO dan kondisi kecelakaan telah digunakan sesuai dengan peruntukannya.

##### 2. Prosedur Operasi

Informasi memadai tentang daftar prosedur operasi sedang atau akan dikembangkan untuk memastikan Reaktor Daya dioperasikan dalam batasan dan kondisi operasi, mencakup prosedur operasi untuk operasi normal yang berisi instruksi untuk melakukan operasi normal yang selamat pada semua moda operasi, seperti *startup*, operasi daya, *shutdown*, *cooldown*, perubahan beban, perawatan, pengujian, pemantauan proses dan pengisian bahan bakar.

##### 3. Prosedur dan Pedoman untuk Operasi Instalasi selama Kecelakaan

- a. daftar prosedur yang akan digunakan oleh organisasi pengoperasi dalam mengantisipasi kejadian operasi dalam kondisi kecelakaan dan skenario kecelakaan lainnya.
  - b. pendekatan yang digunakan untuk verifikasi dan validasi prosedur, termasuk faktor manusia. Penjelasan bahwa prosedur dapat digunakan untuk beberapa skenario yang representatif, seperti: AOO, kondisi kecelakaan, dan skenario yang tidak tercakup dalam analisis keselamatan;
  - c. pendekatan yang dipilih untuk manajemen kecelakaan. Prosedur atau pedoman manajemen kecelakaan yang sesuai dikembangkan untuk mencegah berkembangnya kecelakaan, termasuk kecelakaan yang lebih parah daripada kecelakaan dasar desain, dan untuk mengurangi konsekuensinya jika memang terjadi; dan
4. pedoman kejadian multi-unit, kontijensi untuk suplai air dan catu daya listrik alternatif serta infrastruktur regional yang rusak. Penjelasan tentang pedoman manajemen kecelakaan parah yang telah dikembangkan secara sistematis, dengan mempertimbangkan:
- a. hasil dari analisis kecelakaan parah yang spesifik instalasi;
  - b. kerentanan instalasi yang teridentifikasi terhadap kecelakaan;
  - c. strategi yang dipilih untuk menangani kerentanan; dan
  - d. ketersediaan sarana interkoneksi antar unit dalam tapak dengan multi-unit.

#### E. Antarmuka Keselamatan dan Keamanan Nuklir

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

Persyaratan keselamatan dan persyaratan keamanan yang dikelola tanpa saling berkompromi, termasuk pembentukan sistem yang efektif untuk menangani aspek keselamatan dan keamanan secara terkoordinasi dan melibatkan semua pihak yang berkepentingan, termasuk identifikasi ketentuan khusus yang penting untuk integrasi keselamatan dan keamanan.

## BAB 15. KOMISIONING

Bab ini berisi uraian mengenai informasi spesifik sebelum komisioning dan sebelum operasi.

#### A. Informasi Spesifik Sebelum Komisioning

Bagian ini berisi uraian tentang ringkasan laporan hasil pelaksanaan konstruksi dan ringkasan dari program komisioning.

Uraian mengenai ringkasan laporan hasil pelaksanaan konstruksi mengikuti format dan isi yang tercantum di dalam peraturan mengenai konstruksi.

Uraian mengenai program komisioning mengikuti format dan isi yang tercantum di dalam peraturan mengenai komisioning. Ringkasan program komisioning paling sedikit meliputi:

1. jadwal kegiatan;
2. struktur organisasi;
3. prosedur pengujian;
4. jenis pengujian;
5. kriteria penerimaan; dan
6. dokumentasi dan pelaporan.

#### B. Informasi Spesifik sebelum Operasi

Uraian mengenai ringkasan laporan hasil pelaksanaan komisioning mengikuti format dan isi yang tercantum di dalam peraturan mengenai komisioning.

### BAB 16. ANALISIS KESELAMATAN

Bab ini berisi informasi mengenai pertimbangan umum; identifikasi, kategorisasi dan pengelompokan kejadian awal terpostulasi (PIE) dan skenario kecelakaan; analisis keselamatan deterministik; dan rangkuman hasil analisis keselamatan.

#### A. Pertimbangan Umum

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

1. ruang lingkup analisis keselamatan dan pendekatan yang digunakan;
2. pengalaman operasi yang relevan digunakan untuk meningkatkan kualitas analisis keselamatan;
3. setiap dokumen referensi yang berlaku mengenai metodologi yang digunakan dalam analisis keselamatan; dan
4. struktur dari keseluruhan bab dalam bagian ini.

## B. Identifikasi, Kategorisasi dan Pengelompokan Kejadian Awal Terpostulasi (PIE) dan Skenario Kecelakaan

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

1. pendekatan yang digunakan untuk mengidentifikasi PIE dan skenario kecelakaan untuk analisis deterministik, termasuk penggunaan metode analitis seperti *screening* pertahanan berlapis, *master* diagram logika, analisis bahaya dan analisis operasi, dan mode kegagalan dan analisis efek;
2. identifikasi PIE dan skenario kecelakaan yang akan dianalisis yang telah dilakukan secara sistematis dan telah mengarah pada pengembangan daftar kejadian yang komprehensif;
3. pengelompokan kejadian sesuai dengan frekuensi yang diantisipasi dan dikelompokkan berdasarkan jenisnya (yaitu dengan mempertimbangkan pengaruhnya terhadap instalasi). Tujuan dari pengelompokan adalah:
  - a. untuk menjustifikasi dasar untuk berbagai kejadian yang sedang dipertimbangkan;
  - b. untuk mengurangi jumlah kejadian awal yang memerlukan analisis rinci berdasarkan kasus bounding pada masing-masing kelompok kejadian dalam analisis keselamatan dan untuk menghindari pengulangan analisis rinci untuk kejadian dengan kinerja sistem yang mirip (misalnya di ketentuan waktu, respons sistem pembangkit dan fraksi pelepasan radiologi); dan
  - c. untuk memungkinkan kriteria penerimaan yang tepat untuk analisis keselamatan yang diterapkan pada kelompok atau kategori kejadian yang berbeda.
4. dasar untuk kategorisasi dan pengelompokan PIE dan daftar skenario yang akan dibahas dalam laporan analisis keselamatan meliputi operasi normal, kejadian normal terantisipasi (AOO), kecelakaan dasar desain (DBA), kecelakaan yang melampaui dasar desain (BDBA) tanpa degradasi bahan bakar signifikan dan BDBA dengan melelehnya teras (untuk jenis reaktor LWR). PIE yang terjadi dalam semua moda operasi normal (dari shutdown daya rendah hingga operasi daya penuh), termasuk kejadian potensial yang dapat terjadi selama komisioning dan pengujian Reaktor Daya;

5. daftar kejadian khusus Reaktor Daya dan skenario kecelakaan dari semua jenis (baik internal maupun eksternal ke Reaktor Daya) untuk semua mode operasi normal (termasuk operasi pada saat operasi atau selama shutdown dan pengisian bahan bakar) dan untuk kondisi instalasi relevan lainnya (seperti kendali instalasi manual atau otomatis) yang akan dianalisis;
6. interaksi antara jaringan listrik dengan instalasi, dan interaksi antara unit reaktor yang berbeda di tapak yang sama sebagai sumber kejadian awal;
7. kegagalan yang dipertimbangkan seperti yang diinisiasi dalam sistem instalasi selain sistem pendingin reaktor, seperti kontainer atau tempat penyimpanan untuk bahan bakar baru dan tangki penyimpanan untuk gas radioaktif atau limbah cair;
8. interaksi antara teras reaktor dan tempat penyimpanan bahan bakar nuklir bekas, serta dampak timbal baliknya;
9. bahaya internal dan eksternal yang relevan, baik yang berasal dari alam maupun akibat ulah manusia;
10. kondisi yang dapat mengarah pada pelepasan radioaktif awal atau pelepasan radioaktif dalam jumlah signifikan;
11. PIE yang secara khusus diinisiasi pada tempat penyimpanan bahan bakar nuklir bekas, yang meliputi:
  - a. moda operasi khusus terkait dengan penanganan bahan bakar, misalnya pembongkaran teras darurat; dan
  - b. lingkup dan informasi untuk kejadian DBA dan BDBA tanpa degradasi bahan bakar signifikan dengan memperhitungkan perbedaan pada sistem terkait, inersia termal besar dari kumpulan bahan bakar nuklir bekas dan jalur khusus untuk pelepasan zat radioaktif.
12. analisis pelepasan radioaktif dari subsistem atau komponen, yang berisi penjelasan mengenai:
  - a. PIE yang disebabkan oleh pelepasan bahan radioaktif dari subsistem atau komponen (biasanya dari sistem untuk pengolahan atau penyimpanan limbah radioaktif) dari kebocoran kecil sistem limbah radioaktif hingga overheating atau kerusakan bahan bakar bekas dalam transit atau penyimpanan, atau kebocoran besar pada sistem pengolahan limbah gas atau cair;

- b. lingkup dan informasi yang diberikan untuk kejadian BDBA dengan mempertimbangkan analisis dispersi zat radioaktif di lingkungan.
13. analisis bahaya internal dan eksternal spesifik tapak yang relevan untuk bahaya yang ditentukan dalam Bab 3; dan
14. ketersediaan sumber catu daya tak-putus AC secara terus menerus bagi sistem yang penting untuk keselamatan dan sistem instrumentasi dan kendali yang penting untuk keselamatan dengan sistem catu daya AC luar tapak normal tersedia dan selama kejadian kehilangan catu daya luar tapak yang dipostulasikan;

### C. Analisis Keselamatan Deterministik

#### 1. Deskripsi Umum dari Pendekatan

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

- a. margin yang cukup untuk analisis keselamatan deterministik melalui pendekatan yang dapat diterima (yaitu, konservatif, perkiraan terbaik atau realistis), termasuk analisis estimasi terbaik ketidakpastian dalam program komputer dan data input;
- b. program komputer yang digunakan untuk analisis deterministik. Jenis setiap program komputer yang digunakan perlu ditentukan dengan mengacu pada dokumentasi pendukung yang relevan. Penjelasan juga perlu ditambahkan apabila digunakan satu set program termasuk metode yang digunakan untuk menggabungkan program komputer;
- c. verifikasi dan validasi dari program komputer yang digunakan;
- d. model instalasi (termasuk skema nodalisasi) yang digunakan untuk analisis deterministik serta asumsi yang dibuat mengenai parameter instalasi, operabilitas sistem, dan tindakan organisasi pengoperasi, termasuk validasi kunci dari model instalasi (termasuk penilaian konvergensi nodalisasi dan model fisik). Informasi yang cukup mengenai data instalasi yang digunakan untuk pengembangan model perlu diberikan untuk memungkinkan verifikasi independen dari analisis keselamatan;
- e. penyederhanaan yang dibuat untuk pengembangan model instalasi beserta asumsi untuk analisis keselamatan yang digunakan dalam analisis keselamatan deterministik yang diterapkan untuk berbagai jenis skenario; dan



- f. setiap pedoman tambahan lain (seperti pada pilihan kondisi sistem operasi dan/atau sistem pendukung, waktu tunda konservatif dan tindakan operator) untuk pengembangan model instalasi.

## 2. Analisis Operasi Normal/*Operational State*

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

- a. operasi normal yang memastikan bahwa:
  - 1) dosis radiasi kepada pekerja dan anggota masyarakat tidak melampaui nilai batas dosis; dan
  - 2) parameter operasi sistem dipertahankan dalam batas dan kondisi operasi, sehingga *trip* reaktor atau inisiasi dari sistem pembatas dan kendali dan keselamatan dapat dihindari.
- b. analisis semua kondisi operasi normal dengan kejadian operasi transien seperti:
  - 1) *reactor power*;
  - 2) reaktor dari *shutdown* daya operasi;
  - 3) pendinginan reaktor;
  - 4) operasi *mid-loop*;
  - 5) penanganan bahan bakar teriradiasi; dan
  - 6) pemindahan dan transfer bahan bakar teriradiasi dari reaktor ke tempat penyimpanan bahan bakar nuklir bekas.
- c. analisis kejadian pada sistem pendingin reaktor selama operasi normal, termasuk moda operasi daya rendah dan *shutdown*, serta analisis kejadian terkait dengan tempat penyimpanan bahan bakar nuklir bekas dan sistem pengolahan limbah radioaktif dibuat dalam bagian terpisah dari Bab 16.

## 3. Analisis AOO dan DBA

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

- a. asumsi yang digunakan dan hasil yang diperoleh dari PIE yang termasuk dalam kategori AOO, dan DBA, dan informasi untuk mengkonfirmasi kecukupan desain sistem dan komponen serta tindakan operator yang menunjukkan kepatuhan pada kriteria penerimaan;
- b. pengelompokan PIE untuk analisis sejumlah skenario;

- c. parameter instalasi sebagai hasil analisis keselamatan, parameter instalasi meliputi:
- 1) daya reaktor dan distribusinya;
  - 2) suhu teras;
  - 3) oksidasi dan/atau deformasi kelongsong;
  - 4) tekanan dalam sistem primer dan sekunder;
  - 5) parameter pengungkung;
  - 6) temperatur dan aliran;
  - 7) koefisien reaktivitas;
  - 8) parameter kinetika reaktor dan nilai perangkat reaktivitas;
  - 9) kekosongan teras;
  - 10) inventori pendingin dalam sistem primer; dan
  - 11) persediaan air di pembangkit uap.
- d. respons sistem instalasi terhadap PIE, termasuk kondisi operasi dan penundaan waktu dan kapasitas setelah aktuasi, dan respons sesuai dengan persyaratan fungsional sistem;
- e. semua kriteria penerimaan yang relevan untuk PIE dan hasil analisis spesifik;
- f. analisis setiap kelompok PIE:
- 1) Pemilihan PIE yang akan dianalisis  
Deskripsi PIE, kategori dan kriteria penerimaan, pemilihan kejadian dan justifikasi untuk pemilihannya;
  - 2) Peralatan dan metodologi  
Deskripsi program dan model komputer yang digunakan untuk analisis;
  - 3) Parameter instalasi  
Nilai spesifik parameter instalasi dan kondisi awal yang digunakan dalam analisis dengan nilai acuan (nominal) dan ketidakpastian yang sesuai untuk setiap parameter dan nilai konservatif untuk suatu PIE atau skenario;
  - 4) Ketersediaan sistem (batasan dan kondisi operasi, sistem keselamatan aktif dan pasif) dan tindakan operator, meliputi:
    - a) konfigurasi operasi instalasi sebelum terjadinya PIE; termasuk ketersediaan sistem (pertimbangan kegagalan tunggal terburuk dalam sistem keselamatan) dan tindakan operator yang dipertimbangkan dalam analisis; dan

- b) asumsi tentang ketersediaan sistem dan tindakan operator yang konsisten dengan asumsi konservatif yang ada mengenai pengoperasian sistem instalasi;
- 5) Analisis asumsi dan perlakuan terhadap ketidakpastian Kegagalan tambahan pada sistem dan komponen Reaktor Daya yang dipostulasikan terjadi dalam skenario kecelakaan dan asumsi konservatif lainnya;
- 6) Penilaian respons instalasi
  - a) perilaku model instalasi, jangka waktu kejadian utama (kejadian awal, setiap kegagalan berikutnya, jangka waktu berbagai kelompok sistem keselamatan diaktifkan dan jangka waktu keadaan stabil jangka panjang yang selamat tercapai), waktu aktivasi sistem individu, termasuk jangka waktu reaktor trip dan jangka waktu intervensi operator;
  - b) parameter kunci sebagai fungsi waktu selama kejadian berlangsung. Parameter dipilih, sehingga gambaran lengkap tentang perkembangan kejadian dapat diperoleh; dan
  - c) setiap perubahan parameter tiba-tiba atau tidak terduga dan perbandingan dengan kriteria keberterimaan serta status hambatan fisik dan pemenuhan fungsi keselamatan.
- 7) Penilaian konsekuensi radiologis
  - a) hasil penilaian konsekuensi radiologi. Hasil utama dibandingkan dengan kriteria penerimaan radiologi; dan
  - b) analisis konsekuensi radiologi untuk setiap PIE yang dianalisis;
- 8) Analisis sensitivitas dan ketidakpastian  
Analisis sensitivitas dan analisis ketidakpastian yang telah dilakukan untuk menunjukkan *robustness* hasil dan untuk mendukung kesimpulan dari analisis kecelakaan.
- g. uraian terkait independensi antara tingkat pertahanan berlapis dan ketahanan desain dalam mengantisipasi AOO, termasuk analisis realistis mengenai AOO yang menunjukkan bahwa sistem instalasi (khususnya batasan dan kondisi operasi) dapat mencegah AOO berkembang menjadi kondisi kecelakaan dan instalasi dapat kembali beroperasi kembali ke keadaan operasi normal setelah AOO.

#### 4. Analisis Kecelakaan BDBA

Analisis kecelakaan BDBA terdiri dari kecelakaan BDBA tanpa degradasi bahan bakar signifikan dan kecelakaan BDBA dengan lelehnya teras (untuk reaktor jenis LWR).

##### a. Analisis kecelakaan BDBA tanpa degradasi bahan bakar yang signifikan

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

- 1) asumsi dan hasil dari analisis kecelakaan tanpa degradasi bahan bakar yang signifikan pada sistem pendingin reaktor; dan
- 2) lingkup dan informasi lain sesuai dengan informasi untuk DBA dengan mempertimbangkan perbedaan utama dalam pendekatan estimasi terbaik.

##### b. Analisis kecelakaan BDBA dengan lelehnya teras

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

- 1) asumsi yang digunakan dan hasil yang diperoleh dari analisis kondisi BDBA dengan pelelehan teras dengan pelepasan zat radioaktif ke sistem pengungkung;
- 2) identifikasi parameter instalasi yang paling parah yang dihasilkan dari urutan pelelehan teras yang menunjukkan:
  - a) instalasi dapat dibawa ke keadaan fungsi pengungkungan dapat dipertahankan dalam jangka panjang;
  - b) struktur, sistem dan komponen instalasi (misalnya desain pengungkung) mampu mencegah pelepasan zat radioaktif, termasuk pengungkungan pintas (*containment by-pass*); dan
  - c) kepatuhan dengan kriteria penerimaan melalui fitur yang diimplementasikan dalam desain dengan penerapan pedoman manajemen kecelakaan parah;
  - d) kemungkinan adanya kondisi yang dapat menyebabkan pelepasan radioaktif.

##### c. lingkup dan informasi yang lain mengikuti informasi yang dijelaskan untuk DBA;

##### d. proses dan fenomena fisik dan kimia (baik di dalam bejana reaktor maupun luar bejana reaktor) yang mungkin terjadi selama BDBA dengan pelelehan teras dan fenomena yang mempengaruhi kinerja sistem pengungkung;

- e. informasi untuk mengatasi dampak dari kondisi yang paling signifikan dan menunjukkan bahwa kriteria penerimaan tetap terpenuhi; dan
- f. analisis pelepasan radioaktif.

#### D. Rangkuman Hasil Analisis Keselamatan

Bagian ini berisi uraian mengenai:

1. hasil analisis keselamatan, untuk setiap kategori kejadian pada analisis deterministik; dan
2. pemenuhan persyaratan analisis untuk setiap aspek dan justifikasinya.

### BAB 17. BATASAN DAN KONDISI OPERASI

Bab ini berisi batasan dan kondisi operasi secara lengkap, mengikuti format dan isi yang tercantum pada Peraturan BAPETEN mengenai batasan dan kondisi operasi dan prosedur operasi reaktor daya.

Dalam hal batasan dan kondisi operasi disampaikan ke BAPETEN dalam dokumen terpisah, maka bab ini berisi ringkasannya.

Ringkasan batasan dan kondisi operasi meliputi:

1. Batas keselamatan;
2. Pengesetan sistem keselamatan;
3. Kondisi batas untuk operasi;
4. Persyaratan surveilan; dan
5. Persyaratan administratif.

### BAB 18. REKAYASA FAKTOR MANUSIA

Bab ini terdiri atas pengelolaan program rekayasa faktor manusia, analisis rekayasa faktor manusia, desain antarmuka manusia dan mesin, verifikasi dan validasi dari hasil rekayasa faktor manusia, implementasi desain, monitoring kinerja manusia.

#### A. Pengelolaan Program Rekayasa Faktor Manusia

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

1. proses pada program rekayasa faktor manusia yang mencakup masukan dan keluaran dalam proses (analisis, desain rekayasa faktor manusia dan evaluasi termasuk verifikasi dan validasi);

2. integrasi rekayasa faktor manusia dengan desain instalasi atau modifikasi;
3. koordinasi antara petugas yang diberi tanggung jawab, manajer proyek, dan perancang untuk melakukan rekayasa faktor manusia;
4. proses untuk mengkomunikasikan hasil analisis dan memastikan bahwa keluaran ini telah sesuai;
5. persyaratan organisasi dan kompetensi untuk mengintegrasikan rekayasa faktor manusia dalam desain;
6. kerangka kerja untuk mendokumentasikan dan melacak masalah-masalah rekayasa faktor manusia yang diidentifikasi pada proses rekayasa faktor manusia; dan
7. tanggung jawab dan wewenang dalam tim rekayasa faktor manusia mengenai integrasi aspek rekayasa faktor manusia ke dalam desain.

## B. Analisis Rekayasa Faktor Manusia

Bagian ini berisi penjelasan mengenai :

### 1. Tinjauan pengalaman operasi Reaktor Daya

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

- a. kegiatan evaluasi pengalaman operasi untuk isu keselamatan terkait rekayasa faktor manusia; dan
- b. metode yang digunakan dalam evaluasi serta kesimpulan hasil evaluasi.

### 2. Analisis persyaratan fungsional dan alokasi fungsi

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

- a. analisis persyaratan fungsional dan lingkup analisis yang dilakukan; dan
- b. identifikasi dan analisis fungsi yang dilakukan untuk memenuhi tujuan keselamatan instalasi, yaitu mencegah kecelakaan yang memberikan resiko pada keselamatan dan kesehatan masyarakat dan melakukan mitigasi konsekuensi dari kecelakaan.

### 3. Analisis tugas (*task analysis*)

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

- a. pendekatan analisis tugas untuk kelompok petugas operasi (seperti operator reaktor, operator turbin, supervisor, operator lapangan, insinyur pereayasa keselamatan dan petugas perawatan yang relevan dengan tugas yang dianalisis yang mencakup semua status instalasi; dan

b. tugas spesifik yang diperlukan untuk pemenuhan fungsi keselamatan di lokasi yang berbeda, misalnya ruang kendali utama, ruang kendali tambahan, lapangan dan pusat dukungan teknis untuk semua keadaan instalasi dan semua moda operasi instalasi.

4. Kompetensi dan kualifikasi

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

- a. analisis kompetensi dan kualifikasi petugas termasuk jumlah dan kualifikasi petugas untuk berbagai kondisi instalasi, termasuk petugas perawatan dan pengujian; dan
- b. dokumentasi untuk persyaratan kompetensi dan kualifikasi petugas.

5. Penanganan tindakan manusia (*treatment of important human actions*)

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

- a. penanganan tindakan manusia di dalam program rekayasa faktor manusia; dan
- b. dokumentasi tugas dan tindakan manusia yang dipertimbangkan dalam analisis keselamatan, termasuk analisis faktor yang mempengaruhi kinerja, dan kemampuan desain untuk memastikan bahwa kinerja manusia memenuhi persyaratan keselamatan.

C. Desain Antarmuka Manusia dan Mesin

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

1. Input desain

Bagian ini menguraikan proses desain rekayasa faktor manusia yang mengubah persyaratan fungsi dan tugas menjadi fungsi dan karakteristik antarmuka manusia-mesin.

2. Desain dan integrasi rinci

Bagian ini menguraikan antarmuka manusia-mesin yang menyediakan informasi yang berguna untuk deteksi perubahan status sistem, diagnosis kondisi yang mempengaruhi sistem dan untuk verifikasi manual atau tindakan otomatis.

3. Pengujian dan evaluasi

Bagian ini menguraikan pengujian dan evaluasi fitur desain konseptual dan fitur desain rinci untuk pengembangan antarmuka manusia-mesin.

#### 4. Desain ruang kendali utama

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

- a. desain antarmuka manusia-mesin yang menyediakan tampilan dan kendali di ruang kendali utama untuk mengaktuator sistem keselamatan dan memantau parameter keselamatan secara manual.
- b. desain antarmuka manusia-mesin pada ruang kendali utama yang memberikan pertimbangan terhadap hal berikut:
  - 1) jenis antarmuka manusia-mesin yang akan digunakan sesuai dengan tujuannya;
  - 2) organisasi antarmuka manusia-mesin ke dalam *workstation*, misalnya konsol dan panel; dan
  - 3) susunan *workstation* dan peralatan pendukung di ruang kendali utama.

#### 5. Desain ruang kendali tambahan

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

- a. desain antarmuka mesin-manusia yang mempertimbangkan prinsip rekayasa faktor manusia dan karakteristik manusia pada kondisi kecelakaan, terutama apabila tindakan segera diperlukan;
- b. proses desain antarmuka manusia-mesin untuk ruang kendali tambahan dan fasilitas tanggap darurat lainnya dan konsistensi dengan proses desain untuk ruang kendali utama dengan menggunakan prosedur, kriteria, dan metode yang sama; dan
- c. fungsi ruang kendali tambahan dan fasilitas tanggap darurat lainnya yang perlu dipertahankan untuk kendali dan pemantauan fungsi keselamatan dan untuk melakukan serta memastikan *shutdown* yang selamat pada kejadian bahaya internal atau eksternal.

#### 6. Pengembangan prosedur

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

- a. dokumentasi prinsip dan kriteria faktor rekayasa manusia dan persyaratan desain lainnya, untuk pengembangan prosedur secara akurat, komprehensif, eksplisit, mudah digunakan dan tervalidasi; dan
- b. tujuan dan ruang lingkup pengembangan prosedur, yang mencakup:



- 1) operasi instalasi dan sistem pada semua kondisi operasi (termasuk *start-up*, operasi daya, kejadian operasi terantisipasi, dan *shutdown*);
- 2) pengujian dan perawatan;
- 3) tanggapan terhadap alarm;
- 4) pedoman teknis umum untuk prosedur operasi darurat; dan
- 5) petunjuk manajemen kecelakaan.

#### 7. Pengembangan program pelatihan

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

- a. pendekatan sistematis untuk pengembangan program pelatihan antarmuka manusia-mesin; dan
- b. lingkup pelatihan antarmuka manusia-mesin yang mencakup:
  - 1) kategori petugas yang akan dilatih, termasuk berbagai posisi petugas;
  - 2) semua kondisi operasi instalasi dan kondisi kecelakaan;
  - 3) kegiatan khusus, misalnya operasi, perawatan, pengujian dan pengawasan;
  - 4) fungsi dan sistem instalasi, termasuk yang berbeda dari yang ada di instalasi sebelumnya, misalnya sistem dan fungsi pasif; dan
  - 5) antarmuka manusia-mesin pada ruang kendali utama, panel *shutdown* jarak jauh, stasiun kendali lokal, dan pusat dukungan teknis) termasuk karakteristik yang mungkin berbeda dari yang ada di instalasi terdahulu, misalnya tampilan navigasi ruang dan pengoperasian dengan sistem digital.

#### D. Verifikasi dan Validasi dari Hasil Rekayasa Faktor Manusia

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

1. verifikasi desain antarmuka manusia dan mesin yang telah dilakukan terhadap persyaratan tugas yang telah diidentifikasi dalam analisis tugas;
2. kriteria untuk verifikasi, termasuk pemilihan standar dan pedoman untuk rekayasa faktor manusia yang digunakan dalam peninjauan karakteristik komponen antarmuka manusia-mesin;
3. konsep validasi yang diterapkan pada hasil analisis faktor manusia yang mencakup kemandirian individu yang melakukan validasi dari

- petugas yang melakukan kegiatan yang terkait dengan desain, justifikasi desain uji, pemilihan skenario, dan pemilihan kriteria;
4. skenario uji validasi untuk penilaian sumber daya yang ditempatkan pada petugas instalasi pembuangan limbah, selama jangka waktu yang sesuai dan dalam sejumlah skenario; dan
  5. temuan dan kesimpulan dari validasi desain rekayasa faktor manusia akhir.

#### E. Implementasi Desain

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

1. verifikasi desain yang terbangun sesuai dengan desain yang telah diverifikasi dan divalidasi yang diperoleh dari proses desain rekayasa faktor manusia yang meliputi:
  - a. verifikasi dan validasi aspek desain yang tidak dapat diselesaikan sebagai bagian dari program verifikasi dan validasi;
  - b. informasi yang menunjukkan bahwa antarmuka manusia dan mesin, prosedur, dan pelatihan telah sesuai dengan desain yang disetujui; dan
  - c. konfirmasi bahwa semua masalah rekayasa faktor manusia telah ditangani dengan tepat.
2. aspek desain yang tidak dibahas dalam verifikasi dan validasi yang akan dievaluasi;
3. antarmuka manusia-mesin final (terbangun), prosedur dan pelatihan, dan proses untuk koreksi setiap perbedaan yang teridentifikasi dalam desain dan analisis rekayasa faktor manusia; dan
4. proses untuk memastikan bahwa semua faktor yang terkait dengan rekayasa faktor manusia yang didokumentasikan dalam sistem pelacakan masalah akan diverifikasi secara memadai.

#### F. Monitoring Kinerja Manusia

Bagian ini berisi penjelasan mengenai:

1. program monitoring kinerja manusia untuk menentukan tidak ada degradasi keselamatan yang signifikan yang disebabkan perubahan yang dilakukan pada instalasi dan untuk menegaskan bahwa kesimpulan yang diperoleh dari validasi sistem terintegrasi selalu valid;

2. tujuan dan cakupan program monitoring kinerja manusia, untuk memberikan keyakinan bahwa kriteria di bawah ini terpenuhi saat komisioning dan operasi. Kriteria tersebut antara lain:
  - a. desain dapat digunakan dengan efektif oleh petugas, termasuk di ruang kendali dan di antara ruang kendali dan stasiun kendali lokal dan pusat pendukung;
  - b. perubahan yang dilakukan pada antarmuka, prosedur, dan pelatihan manusia-mesin tidak memiliki dampak buruk pada kinerja petugas, misalnya perubahan tidak mengganggu keterampilan yang telah terlatih sebelumnya;
  - c. tindakan manusia dapat dilakukan dalam waktu dan kriteria kinerja yang ditetapkan; dan
  - d. tingkat kinerja yang dapat diterima yang ditetapkan selama validasi sistem terintegrasi tetap terjaga.

## BAB 19. SISTEM MANAJEMEN

Bab ini berisi ringkasan sistem manajemen instalasi. Isi sistem manajemen tercantum pada Peraturan BAPETEN mengenai sistem manajemen fasilitas dan kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir.

## BAB 20. KESIAPSIAGAAN DAN PENANGGULANGAN KEDARURATAN NUKLIR

Bab ini berisi ringkasan program kesiapsiagaan nuklir. Format dan isi program kesiapsiagaan nuklir tercantum pada Peraturan BAPETEN mengenai kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan nuklir, yang meliputi:

1. Pendahuluan, yang meliputi:
  - a. hasil kajian potensi bahaya radiologi yang digunakan sebagai dasar penentuan program kesiapsiagaan nuklir (kategori radiologi); dan
  - b. penetapan zona kedaruratan kedaruratan nuklir.
2. Infrastruktur, yang meliputi:
  - a. organisasi;
  - b. koordinasi;
  - c. fasilitas dan peralatan;
  - d. prosedur penanggulangan; dan
  - e. pelatihan dan/atau gladi kedaruratan nuklir.

3. Fungsi penanggulangan, yang meliputi:
  - a. identifikasi, dan pelaporan dan pengaktifan;
  - b. tindakan mitigasi;
  - c. tindakan perlindungan segera;
  - d. tindakan perlindungan untuk petugas penanggulangan, pekerja, dan masyarakat; dan
  - e. pemberian informasi dan instruksi pada masyarakat.

## BAB 21. ASPEK LINGKUNGAN

Bab ini berisi ringkasan mengenai rencana pengelolaan lingkungan dan rencana pemantauan lingkungan.

Format dan isi program rencana pengelolaan lingkungan dan rencana pemantauan lingkungan tercantum pada Peraturan BAPETEN mengenai penyusunan analisis mengenai dampak lingkungan untuk rencana pembangunan dan pengoperasian reaktor nuklir.

### A. Rencana Pengelolaan Lingkungan

Bagian ini berisi ringkasan tentang:

1. dampak penting dan sumber dampak penting;
2. tolok ukur dampak;
3. tujuan rencana pengelolaan lingkungan;
4. pengelolaan lingkungan;
5. lokasi pengelolaan lingkungan;
6. periode pengelolaan lingkungan;
7. pembiayaan pengelolaan lingkungan; dan
8. institusi pengelolaan lingkungan, yang terdiri atas:
  - a. pelaksanaan;
  - b. pengawasan; dan
  - c. pelaporan hasil.

### B. Rencana Pemantauan Lingkungan

Bagian ini berisi ringkasan tentang:

1. dampak penting yang dipantau;
2. sumber dampak;
3. parameter lingkungan yang dipantau;
4. tujuan rencana pemantauan lingkungan;
5. metode pemantauan lingkungan; dan

6. institusi pemantauan lingkungan, yang terdiri atas:
  - a. pelaksanaan;
  - b. pengawasan; dan
  - c. pelaporan hasil.

## BAB 22. DEKOMISIONING

Bab ini merupakan ringkasan dari program dekomisioning. Format dan isi program dekomisioning tercantum pada Peraturan BAPETEN mengenai dekomisioning reaktor nuklir.

Ringkasan tersebut meliputi paling sedikit:

1. uraian instalasi;
2. struktur organisasi pelaksana dekomisioning dan jadwal kegiatan yang merupakan bagian dari manajemen dekomisioning;
3. metode atau opsi dekomisioning;
4. rencana survei karakteristik atau ringkasannya;
5. perkiraan biaya dekomisioning;
6. analisis atau kajian keselamatan;
7. kajian lingkungan atau ringkasannya;
8. program proteksi radiasi;
9. program keamanan nuklir dan seifgard;
10. program kesiapsiagaan nuklir;
11. rencana penanganan pengelolaan limbah radioaktif;
12. kegiatan dekomisioning;
13. surveilan dan perawatan; dan
14. surveilan radiasi akhir.