

**LAMPIRAN
PERATURAN KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR
REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 8 TAHUN 2012
TENTANG
PENYUSUNAN LAPORAN ANALISIS KESELAMATAN
REAKTOR NONDAYA**

FORMAT DAN ISI

LAPORAN ANALISIS KESELAMATAN REAKTOR NONDAYA

- I. Kerangka Format Laporan Analisis Keselamatan Reaktor Nondaya**
- BAB I. PENDAHULUAN**
 - BAB II. TUJUAN KESELAMATAN DAN PERSYARATAN DESAIN**
 - BAB III. KARAKTERISTIK TAPAK**
 - BAB IV. GEDUNG DAN STRUKTUR**
 - BAB V. REAKTOR**
 - BAB VI. SISTEM PENDINGIN REAKTOR DAN SISTEM TERKAIT**
 - BAB VII. FITUR KESELAMATAN TEKNIS**
 - BAB VIII. SISTEM INSTRUMENTASI DAN KENDALI**
 - BAB IX. SISTEM CATU DAYA LISTRIK**
 - BAB X. SISTEM PENDUKUNG**
 - BAB XI. UTILISASI REAKTOR**
 - BAB XII. PROTEKSI DAN KESELAMATAN RADIASI**
 - BAB XIII. PELAKSANAAN OPERASI**
 - BAB XIV. PENGELOLAAN DAN PEMANTAUAN LINGKUNGAN**
 - BAB XV. KOMISIONING**
 - BAB XVI. ANALISIS KESELAMATAN**
 - BAB XVII. BATASAN DAN KONDISI OPERASI**
 - BAB XVIII. SISTEM MANAJEMEN**
 - BAB XIX. DEKOMISIONING**
 - BAB XX. KESIAPSIAGAAN DAN PENANGGULANGAN KEDARURATAN
NUKLIR**

II. Kerangka Isi Laporan Analisis Keselamatan Reaktor Nondaya

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini terdiri atas bagian umum, uraian umum instalasi, tinjauan historis, perbandingan dengan instalasi lain, identifikasi pemilik dan kontraktor, bahan acuan, dan peralatan dan fasilitas yang digunakan bersama.

A. Umum

Bagian ini berisi:

1. maksud dan tujuan penyusunan LAK; dan
2. ruang lingkup dokumen LAK yang menguraikan ringkasan dari bab-bab yang ada di LAK.

B. Uraian umum instalasi

Bagian ini berisi:

1. nama dan alamat instalasi serta nama dan alamat pemegang izin;
2. karakteristik utama instalasi, termasuk jenis dan tingkat daya termal reaktor, kemampuan operasi pulsa bila ada, sistem pembuangan panas dan kemampuan utilisasi;
3. gambaran umum dan tata letak instalasi, mulai dari teras reaktor, sistem sekunder dan tersier untuk memberikan gambaran menyeluruh tentang fasilitas dan komponen-komponennya;
4. karakteristik utama tapak, termasuk lokasi geografis dan administratif; dan
5. uraian singkat mengenai identifikasi dan penjelasan fitur baru, berbeda atau unik.

C. Tinjauan historis

Bagian ini berisi riwayat operasi reaktor termasuk tanggal peristiwa penting terkait dengan instalasi, penerbitan izin konstruksi dan izin operasi, dan kekritisian awal, termasuk modifikasi yang telah dilakukan.

D. Perbandingan dengan instalasi lain

Bagian ini berisi:

1. kemiripan parameter desain utama dengan instalasi lain, misalnya tipe bahan bakar, tingkat daya termal, karakteristik tapak, utilisasi, sistem keselamatan reaktor, fitur keselamatan teknis, dan sistem instrumentasi dan kendali.
2. karakteristik dan riwayat keselamatan dari instalasi yang diacu yang menunjukkan keandalan dan keselamatan desain reaktor yang diusulkan.

E. Identifikasi pemilik dan kontraktor

Bagian ini berisi identifikasi pemegang izin, arsitek atau pendesain, kontraktor utama, dan konsultan, berikut pengalaman keterlibatan sebelumnya dalam tapak, konstruksi, komisioning, atau operasi reaktor nuklir lainnya.

F. Bahan acuan

Bagian ini berisi daftar informasi acuan yang mendukung LAK. Informasi ini dapat terdiri atas, misalnya program komputer dan laporan dari pabrikan pembuat struktur, sistem, dan komponen reaktor dan bahan bakar nuklir.

G. Peralatan dan fasilitas yang digunakan bersama

Bagian ini berisi:

1. sistem dan peralatan yang dipakai bersama dengan instalasi lain (instalasi yang tidak tercakup di dalam LAK atau izin operasi), yaitu: sistem pemurnian air, catu daya listrik, sistem ventilasi dan gedung reaktor;
2. reaktor lainnya, perangkat subkritis, fasilitas iradiasi, atau *hot cell* yang terletak dalam struktur penyungkup atau pengungkung; dan
3. ketentuan tentang penghalang keselamatan dan isolasi khusus untuk instalasi dan peralatan yang digunakan bersama.

BAB II. TUJUAN KESELAMATAN DAN PERSYARATAN DESAIN

Bab ini terdiri atas tujuan keselamatan nuklir, persyaratan umum desain, persyaratan khusus desain, klasifikasi struktur, sistem, dan komponen, kejadian eksternal, kode dan standar, metode desain teknis, desain proteksi kebakaran, kualifikasi struktur, sistem, dan komponen, dan bahan acuan.

Uraian mengenai tujuan keselamatan dan persyaratan desain tercantum pada Peraturan Kepala BAPETEN mengenai ketentuan keselamatan desain reaktor.

A. Tujuan keselamatan nuklir

Bagian ini menguraikan:

1. tujuan keselamatan nuklir yang terdiri atas tujuan umum keselamatan nuklir dan tujuan khusus keselamatan nuklir; dan
2. tujuan khusus keselamatan nuklir, meliputi tujuan proteksi radiasi dan tujuan keselamatan teknis.

B. Persyaratan umum desain

Bagian ini menguraikan:

1. desain keandalan struktur, sistem, dan komponen;
2. desain kemudahan pengoperasian dan perawatan;
3. desain untuk kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan nuklir;
4. desain kemudahan dekomisioning;
5. desain proteksi radiasi;
6. desain untuk proteksi fisik;
7. desain untuk faktor manusia (*human factor*); dan
8. desain untuk meminimalkan penuaan.

C. Persyaratan khusus desain

Bagian ini menguraikan:

1. desain teras reaktor;
2. desain *shutdown*;
3. desain sistem proteksi reaktor;
4. desain sistem pendingin reaktor dan sistem terkait;

5. sistem pendingin teras darurat;
6. desain sistem pengungkung dan gedung;
7. desain untuk utilisasi, modifikasi, dan peralatan eksperimen;
8. desain sistem instrumentasi dan kendali;
9. desain sistem penanganan dan penyimpanan bahan bakar nuklir;
10. desain sistem catu daya listrik;
11. desain sistem penanganan limbah radioaktif;
12. desain gedung dan struktur; dan
13. desain sistem bantu.

D. Klasifikasi struktur, sistem, dan komponen

Bagian ini menguraikan klasifikasi struktur, sistem, dan komponen berdasarkan kelas keselamatan, kelas mutu, dan/atau kelas seismik.

Bagian ini juga menguraikan metode dan kriteria penetapan klasifikasinya.

E. Kejadian eksternal

Bagian ini menguraikan kriteria desain bagi ketahanan struktur, sistem, dan komponen terhadap kejadian eksternal. Kejadian eksternal ini dapat mencakup:

1. gempa bumi dan patahan permukaan;
2. kejadian meteorologi;
3. banjir;
4. bahaya geoteknik;
5. bahaya gunung berapi; dan
6. kejadian eksternal akibat ulah manusia.

Kode dan standar

Bagian ini menguraikan daftar semua kode dan standar yang digunakan dalam struktur, sistem, dan komponen yang penting untuk keselamatan dan pembenaran penggunaannya. Apabila kode atau standar nasional, internasional, atau dari negara pemasok belum tersedia, dapat

digunakan hasil pengalaman operasi, pengujian, dan/atau analisis, disertai penjelasan tentang hasil tersebut.

Bidang yang tercakup dalam kode dan standar, di antaranya:

1. desain mekanik, termasuk analisis tegangan dan mekanik keretakan;
2. desain struktur;
3. desain tahan gempa bumi;
4. pemilihan bahan;
5. inspeksi struktur, sistem, dan komponen yang dipabrikasi dan terpasang;
6. desain termohidrolik dan neutronik;
7. desain sistem instrumentasi dan kendali;
8. desain listrik;
9. perisai dan proteksi radiasi;
10. inspeksi, pengujian, dan perawatan yang berkaitan dengan desain;
11. proteksi kebakaran; dan
12. desain dan produksi bahan bakar.

F. Metode desain teknis

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

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

G. Desain proteksi kebakaran

Bagian ini memuat persyaratan desain untuk proteksi kebakaran, mencakup:

1. pencegahan terjadi kebakaran;
2. deteksi dan pemadaman kebakaran; dan
3. mitigasi terjadi kebakaran.

H. Kualifikasi struktur, sistem, dan komponen

Bagian ini menguraikan:

1. dasar desain untuk memastikan struktur, sistem, dan komponen yang penting untuk keselamatan beroperasi sesuai dengan fungsi, kondisi operasi, dan persyaratan yang ditetapkan, terhadap pengaruh kondisi lingkungan seperti vibrasi, temperatur, tekanan, interferensi elektromagnetik, iradiasi, kelembapan, dan kombinasi yang terjadi pada semua kondisi operasi dan kecelakaan; dan
2. uji kualifikasi dan analisis yang telah atau akan dilaksanakan.

I. Bahan acuan

Bagian ini berisi daftar informasi acuan yang mendukung bab ini. Informasi ini dapat terdiri atas, misalnya program komputer dan laporan dari pabrikan pembuat struktur, sistem, dan komponen reaktor dan bahan bakar nuklir.

BAB III. 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.

Uraian mengenai laporan evaluasi tapak mengikuti format dan isi yang tercantum di dalam Peraturan Kepala BAPETEN mengenai 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 geologi, seismologi, dan meteorologi), maupun kejadian akibat kegiatan manusia (misalnya instalasi kimia, lepasan racun dan gas mudah terbakar, dan pesawat jatuh);
- 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 IV. GEDUNG DAN STRUKTUR

Bab ini terdiri atas gedung reaktor dan struktur internal, dan gedung dan struktur penunjang.

Untuk pengajuan izin konstruksi, bab ini dilengkapi dengan gambar rinci. Untuk pengajuan izin operasi, bab ini dilengkapi dengan gambar terbangun.

A. Gedung reaktor dan struktur internal

Bagian ini berisi uraian tentang:

1. desain gedung reaktor, termasuk pengungkung atau penyungkup, dan penetrasinya, yang dilengkapi dengan gambar;
2. analisis ketahanan gedung reaktor terhadap kejadian internal dan eksternal;

3. desain struktur internal (misalnya *crane* atau alat angkat dan angkut lainnya, kolam reaktor, kolam penyimpanan bahan bakar bekas, dan sistem ventilasi), yang dilengkapi dengan gambar;
4. analisis ketahanan struktur internal terhadap kejadian internal dan eksternal;
5. desain cerobong reaktor, yang dilengkapi dengan gambar; dan
6. analisis ketahanan cerobong reaktor terhadap kejadian internal dan eksternal.

B. Gedung dan struktur penunjang

Bagian ini berisi uraian tentang:

1. desain gedung dan struktur penunjang yang penting untuk keselamatan (misalnya gedung sistem penambah air pendingin primer, gedung catu daya normal dan darurat, dan gedung untuk ruang kendali darurat), dilengkapi dengan gambar; dan
2. analisis ketahanan gedung dan struktur penunjang terhadap kejadian internal dan eksternal.

BAB V. REAKTOR

Bab ini terdiri atas uraian ringkas, perangkat bahan bakar nuklir, sistem kendali reaktivitas, struktur reaktor, reflektor dan moderator, sumber neutron, desain nuklir, dan desain termohidrolik.

A. Uraian ringkas

Bagian ini berisi uraian ringkas tentang:

1. Tujuan penggunaan reaktor (misalnya sumber neutron, fasilitas iradiasi, dan uji material);
2. jenis reaktor:
 - a. jenis bahan bakar nuklir;
 - b. moderator;
 - c. reflektor; dan

- d. konfigurasi teras, yang terdiri atas posisi perangkat bahan bakar nuklir, reflektor, kendali reaktivitas, dan fasilitas iradiasi atau eksperimen.
3. pendingin:
 - a. bahan pendingin; dan
 - b. moda pendinginan.
 4. tangki atau kolam reaktor (misalnya tipe tangki atau kolam);
 5. perisai biologis:
 - a. bahan perisai; dan
 - b. geometri, dimensi, dan posisi.

Yang dilengkapi tabel yang berisi karakteristik kinerja dan desain utama:

- a. daya rata-rata;
- b. rapat daya;
- c. fluks neutron; dan
- d. temperatur pendingin masuk teras (*inlet*) dan keluar teras (*outlet*).

B. Perangkat bahan bakar nuklir

Bagian ini berisi uraian tentang:

1. komposisi kimia, pengayaan, tingkat muat uranium dan sifat metalurgi (misalnya oksida dan paduan logam) yang penting dari bahan bakar nuklir, dan komposisi khusus, bila ada, seperti racun dapat bakar atau moderator neutron;
2. dimensi, metode pabrikan dan metode enkapsulasi atau pengelongsongan pada unit bahan bakar nuklir terkecil (misalnya pelat, batang, pin atau pelet);
3. dimensi fitur khusus, seperti moderator atau reflektor pada perangkat bahan bakar nuklir, dan racun dapat bakar;

4. desain geometri eksternal dari perangkat bahan bakar nuklir untuk meningkatkan kemampuan pendinginan dan keselamatan inheren;
5. dimensi dan geometri perangkat bahan bakar nuklir, penjarak, kedudukan (*fitting*), fitur untuk memastikan pengaturan posisi yang akurat dan terkunci, metode pabrikan, dan kesesuaian antar bahan, untuk semua jenis perangkat bahan bakar yang akan digunakan untuk operasi dan eksperimen;
6. sifat fisis yang signifikan terkait keselamatan dan integritas bahan bakar nuklir yang penting untuk analisis termohidrolik, misalnya kapasitas panas, konduktivitas termal, evolusi atau difusi gas, volume *void* yang terjebak atau terenkapsulasi, batas fraksi bakar, kemampuan untuk menahan produk fisi, dan ketahanan terhadap pengembangan dan penumpukan lapisan oksida;
7. analisis yang menunjukkan ketahanan perangkat bahan bakar nuklir terhadap kondisi termal pada seluruh siklus operasi normal, termasuk saat penyimpanan, penanganan, dan pengangkutan;
8. analisis yang menunjukkan ketahanan perangkat bahan bakar nuklir terhadap beban mekanik (misalnya gaya hidrolik dan efek ekspansi termal diferensial) tanpa merusak integritas mekanik atau terjadi deformasi yang tidak dikehendaki, berikut kuantifikasi akibat yang dapat diperkirakan dari beban mekanik tersebut;
9. analisis yang menunjukkan ketahanan kelongsong bahan bakar nuklir terhadap lingkungan kimia selama penggunaan dan penyimpanan perangkat bahan bakar nuklir, dengan mempertimbangkan pengaruh temperatur dan iradiasi;
10. analisis yang menunjukkan ketahanan perangkat bahan bakar nuklir terhadap kondisi iradiasi (misalnya densitas fisi dan fisi total pada akhir operasi) tanpa mengakibatkan deformasi atau pengembangan yang tidak dikehendaki pada komponen;

11. penetapan batasan deformasi maksimum perangkat bahan bakar nuklir (dinyatakan sebagai lebar kanal pendingin minimum) untuk keperluan analisis termohidrolik;
12. hasil pengujian atau pengalaman operasi bahan bakar nuklir di reaktor serupa;
13. riwayat singkat jenis bahan bakar nuklir yang akan digunakan, meliputi data pabrikasi;
14. kondisi iradiasi bahan bakar nuklir, lingkungan penyimpanan, dan uji kualifikasi; dan
15. fitur khusus bahan bakar nuklir yang berkontribusi terhadap keselamatan pemulsaan jika reaktor didesain untuk operasi pulsa.

C. Sistem kendali reaktivitas

Bagian ini berisi uraian tentang:

1. desain, bahan, dimensi, dan geometri sistem penggerak batang kendali, yang dilengkapi dengan gambar;
2. mekanisme penggerak untuk masing-masing batang kendali, termasuk sumber daya penggerak dan sistem untuk memastikan kemampuan *scram*;
3. mekanisme kendali reaktivitas disertai dengan waktu insersi dan *interlock*;
4. desain batang kendali, yang meliputi:
 - a. jumlah dan jenis batang kendali (misalnya batang kendali keselamatan, kompensasi (*shim*), pengatur, dan transien untuk pemulsaan), lokasi batang kendali yang direncanakan dalam teras, dan nilai reaktivitas desain;
 - b. bahan, dimensi dan geometri batang kendali, terutama untuk penyerap neutron dan kelongsong, dan metode pabrikasinya;
 - c. analisis mengenai ketahanan batang kendali terhadap pengaruh radiasi, termal, kimia, dan mekanik;

- d. desain, komposisi, dan efek reaktivitas dari bahan bakar ikutan (*fuel follower*), jika batang kendali memilikinya;
 - e. batang kendali transien, termasuk mekanisme penggerak dan metode kalibrasi, kemampuan ulang operasi pulsa (*pulse reproducibility*), dan pencegahan pemulsaan secara tidak sengaja, pada reaktor yang didesain untuk pemulsaan; dan
 - f. perilaku kinetika batang kendali yang menunjukkan laju perubahan reaktivitas positif atau negatif, baik dalam moda operasi dengan pergerakan normal maupun dalam *scram*, termasuk demonstrasi bahwa desain memenuhi persyaratan margin *shutdown*;
5. analisis yang menunjukkan kemampuan sistem kendali reaktivitas untuk berfungsi pada semua kondisi operasi dan untuk mempertahankan kemampuan *shutdown* reaktor dengan selamat pada semua kondisi kecelakaan yang diperkirakan, termasuk kegagalan tunggal atau malfungsi pada sistem kendali. Analisis tersebut didukung dengan hasil pengujian atau pengalaman pengoperasian mekanisme pengendalian reaktivitas yang serupa di reaktor lain;
 6. metode penunjukan posisi dan kemampuulangan penempatan posisi (*reproducible positioning*) batang kendali dalam teras;
 7. dampak korosi, fatik, fluens neutron, dan lain-lain terhadap umur komponen mekanik dan listrik;
 8. parameter desain yang berkaitan dengan keselamatan, seperti:
 - a. kecepatan pergerakan batang kendali;
 - b. waktu insersi batang kendali pada saat *scram*; dan
 - c. laju insersi reaktivitas maksimum batang kendali.
 9. upaya untuk mencegah lontaran batang kendali.

D. Struktur reaktor

Bagian ini terdiri atas tangki atau kolam reaktor, struktur penopang teras, jembatan reaktor, perisai biologis, fasilitas iradiasi atau eksperimen, dan struktur, sistem, dan komponen untuk sirkulasi alam.

1. Tangki atau kolam reaktor

Bagian ini berisi informasi tentang:

- a. uraian tentang desain, bahan, dimensi, dan geometri tangki atau kolam, yang dilengkapi dengan gambar;
- b. analisis yang menunjukkan bahwa tangki atau kolam mampu menahan gaya atau tegangan hidrodinamik, hidrostatik, mekanik, dan pengaruh kimia dan radiasi selama umur reaktor dalam rentang karakteristik desainnya;
- c. analisis yang menunjukkan bahwa level pendingin mencukupi sebagai perisai radiasi untuk melindungi komponen dan pekerja, dan bahwa ketersediaan pendingin mampu memberikan aliran dan tekanan pendingin yang diperlukan;
- d. uraian tentang lokasi dan metode pemasangan penetrasi pipa dan komponen lain pada tangki. Uraian tersebut mencakup keterkaitan penetrasi dengan teras dan tinggi permukaan pendingin;
- e. metode yang direncanakan akan diterapkan untuk mengkaji degradasi tangki akibat pengaruh radiasi, kimia, atau mekanik selama umur reaktor; dan
- f. analisis mengenai kemungkinan kebocoran tak terkendali dari pendingin primer dan fitur pencegah.

2. Struktur penopang teras

Bagian ini berisi informasi desain dari struktur mekanik yang menopang dan mengatur posisi teras dan komponennya, termasuk pelat kisi, penjarak, pengarah dan pemegang batang kendali, dan struktur penopang teras yang mengakomodasi sistem dan komponen

lainnya seperti perisai radiasi, tabung berkas atau fasilitas eksperimen, pipa pendingin, plenum atau pembelok aliran pendingin, dan detektor. Informasi tersebut mencakup hal-hal berikut:

- a. uraian tentang desain, bahan, dimensi, dan geometri struktur penopang teras, yang dilengkapi dengan gambar;
- b. cara untuk menempatkan dan mengunci komponen teras secara tepat;
- c. analisis mengenai ketahanan struktur penopang teras terhadap semua beban dan gaya hidrolis dengan atau tanpa gaya apung pendingin reaktor, dan terhadap pengaruh radiasi, termal, kimia, dan mekanik; dan
- d. analisis mengenai kontribusi struktur penopang teras terhadap reaktivitas dan radioaktivitas.

Untuk struktur penopang teras yang dapat digerakkan, bagian ini berisi pula uraian informasi desain tentang sistem daya penggerak, sistem ketepatan posisi, dan *interlock* untuk mencegah atau mengendalikan gerakan ketika reaktor dalam keadaan kritis, pada saat diperlukan pendinginan paksa, atau ada kegiatan yang melarang pergerakan penopang teras.

3. Jembatan reaktor

Bagian ini berisi uraian tentang desain, bahan, dan dimensi jembatan reaktor, yang dilengkapi dengan gambar.

4. Perisai biologis

Bagian ini berisi informasi desain dari perisai biologis, termasuk perisai pada fasilitas eksperimen dan tempat penyimpanan bahan bakar nuklir. Informasi tersebut mencakup:

- a. desain rinci dan metode yang digunakan untuk mencapai dasar desain, yang mencakup uraian tentang geometri dan dimensi perisai, yang dilengkapi dengan gambar;

- b. bahan yang digunakan, termasuk komposisi bahan berikut sifat nuklir (misalnya penampang lintang serapan neutron);
- c. analisis mengenai ketahanan perisai biologis terhadap kerusakan akibat radiasi, termal, disosiasi bahan, dan radioaktivitas pada komponen struktur selama umur reaktor; dan
- d. potensi kebocoran radiasi melalui penetrasi, antarmuka, dan *void* atau lubang lainnya.

Bagian ini berisi juga informasi desain yang memuat fitur untuk mencegah hilangnya integritas perisai apabila kehilangan integritas perisai dapat menyebabkan kecelakaan kehilangan pendingin (*loss of coolant accident*).

5. Fasilitas iradiasi atau eksperimen

Bagian ini berisi uraian tentang fasilitas iradiasi atau eksperimen, misalnya fasilitas iradiasi di dalam teras (*central irradiation position*, fasilitas radioisotop, dan lain-lain), fasilitas iradiasi di dalam reflektor (*lazy susans*, fasilitas iradiasi neutron termal, dan lain-lain), dan tabung berkas. Uraian ini mencakup:

- a. uraian tentang desain, bahan, dimensi, dan geometri fasilitas iradiasi atau eksperimen, yang dilengkapi dengan gambar; dan
- b. analisis mengenai ketahanan fasilitas iradiasi atau eksperimen terhadap pengaruh radiasi, termal, kimia, dan mekanik.

6. Struktur, sistem, dan komponen untuk sirkulasi alam

Bagian ini berlaku untuk reaktor dengan dua moda pendinginan. Bagian ini berisi uraian tentang struktur, sistem, dan komponen yang dibutuhkan untuk mengubah moda pendinginan dari konveksi paksa ke sirkulasi alam, misalnya katup kipas (*flapper valves*) dan gerbang pendingin (*coolant gate*). Uraian ini mencakup:

- a. desain, bahan, dimensi, dan geometri struktur, sistem, dan komponen untuk sirkulasi alam, yang dilengkapi dengan gambar; dan
- b. analisis mengenai ketahanan struktur, sistem, dan komponen untuk sirkulasi alam terhadap pengaruh radiasi, termal, kimia, dan mekanik.

E. Reflektor dan moderator

Bagian ini berisi uraian tentang bahan dan sistem yang didesain untuk memoderasi neutron dan memantulkan neutron kembali ke daerah bahan bakar nuklir. Uraian tersebut meliputi:

1. jenis bahan;
2. dimensi dan geometri;
3. desain untuk perubahan posisi atau penggantian;
4. analisis ketahanan terhadap pengaruh radiasi, termal, kimia, dan mekanik;
5. penggunaan untuk fasilitas iradiasi atau eksperimen;
6. sistem dan fitur dengan penggunaan ganda, seperti pendingin-moderator, moderator-bahan bakar, dan perisai-reflektor; dan
7. analisis tentang efek kegagalan enkapsulasi, apabila digunakan reflektor atau moderator yang dienkapsulasi untuk mencegah kontak dengan pendingin.

F. Sumber neutron

Bagian ini berisi uraian tentang desain sumber neutron dan pemegangnya, yang meliputi:

1. uraian tentang kekuatan sumber neutron dan spektrumnya, jenis dan bahan sumber neutron, umur hidup sumber neutron, dan karakteristik regenerasi sumber neutron yang diperoleh dari pengoperasian reaktor;
2. uraian tentang bahan dan geometri dari pemegang, metode peletakan sumber neutron dalam teras, lokasi sumber neutron dalam teras ketika

digunakan, dan tingkat daya maksimum reaktor yang diperbolehkan dengan sumber neutron berada di teras; dan

3. analisis mengenai ketahanan sumber neutron terhadap pengaruh radiasi, termal, kimia, dan mekanik.

G. Desain nuklir

Bagian ini menguraikan:

1. konfigurasi dan komposisi teras, seperti jenis dan pola pemuatan perangkat bahan bakar nuklir, batang kendali dan komponen lain yang memengaruhi sifat nuklir teras pada saat komisioning, dan strategi penggantian perangkat bahan bakar nuklir pada kondisi operasi normal;
2. analisis desain nuklir untuk konfigurasi teras yang mempunyai sifat paling konservatif dibandingkan dengan semua konfigurasi teras lainnya selama siklus teras yang direncanakan, termasuk metode perhitungan dan program komputer yang meliputi nama, jenis program, validitas berdasarkan eksperimen atau pengalaman operasi reaktor serupa, metode untuk memperoleh parameter seperti tampang lintang, dan tingkat ketepatannya;
3. hasil analisis berupa nilai parameter:
 - a. faktor multiplikasi tak hingga dan efektif;
 - b. nilai umur neutron dan fraksi neutron kasip efektif;
 - c. distribusi fluks neutron aksial dan radial dalam teras untuk energi neutron termal dan cepat, termasuk faktor puncak daya pada awal dan akhir siklus teras;
 - d. nilai reaktivitas dari masing-masing komponen teras (misalnya perangkat bahan bakar nuklir, batang kendali, dan peralatan iradiasi);

- e. margin *shutdown*, reaktivitas lebih, reaktivitas *shutdown*, reaktivitas total batang kendali, dan neraca reaktivitas pada awal dan akhir siklus teras;
- f. keefektifan dan posisi batang kendali yang diperkirakan selama siklus teras; dan
- g. koefisien reaktivitas yang berkaitan dengan temperatur, *void*, bahan bakar nuklir, dan lain-lain.

Semua informasi di atas ini didukung dengan gambar, grafik, kurva, dan/atau tabel yang relevan.

H. Desain termohidrolik

Bagian ini menguraikan:

1. semua karakteristik hidrolik yang berkaitan dengan keselamatan teras dan komponennya (misalnya laju alir pendingin, kecepatan pendingin, tekanan pendingin, perubahan tekanan antara titik masuk dengan keluar kanal, gaya friksi, dan gaya apung) untuk kondisi operasi selama pendinginan konveksi paksa dan/atau konveksi alam;
2. analisis desain termohidrolik, termasuk metode perhitungan, program komputer (meliputi nama, jenis program, validitas berdasarkan eksperimen atau pengalaman operasi reaktor serupa), metode untuk memperoleh parameter, dan tingkat ketepatannya. Analisis mempertimbangkan perubahan nilai parameter yang disebabkan oleh deformasi mekanis, penggelembungan akibat iradiasi, dan lain-lain.
3. hasil analisis berupa nilai parameter:
 - a. distribusi aksial dan radial rapat daya termal pada bahan bakar nuklir dan fluks panas. Distribusi tersebut dihasilkan dari karakteristik pemuatan bahan bakar nuklir dan distribusi fluks neutron dari hasil analisis desain nuklir yang diberikan dalam bagian G angka 2;

- b. temperatur bahan bakar nuklir maksimum;
- c. temperatur kelongsong di kanal terpanas (*hot channel*) dan titik terpanas (*hot spot*);
- d. temperatur pendingin; dan
- e. margin keselamatan termal untuk teras pada kondisi konservatif yang dinyatakan misalnya dalam bentuk rasio penyimpangan dari pendidihan inti (*departure from nucleate boiling ratio*), rasio ketidakstabilan aliran, dan rasio fluks panas kritis.

BAB VI. SISTEM PENDINGIN REAKTOR DAN SISTEM TERKAIT

Bab ini terdiri atas uraian ringkas, sistem pendingin primer, sistem pendingin sekunder, sistem pemurnian pendingin primer, sistem penambah air pendingin primer, sistem pengendalian N-16, sistem pembuangan panas peluruhan, dan sistem pendingin untuk moderator dan reflektor.

A. Uraian ringkas

Bagian ini berisi uraian ringkas tentang:

- 1. jenis pendingin primer;
- 2. jenis sistem pendingin primer (misalnya terbuka/kolam atau tertutup);
- 3. moda pendinginan;
- 4. jenis sistem pendingin sekunder dan metode pembuangan panas ke lingkungan; dan
- 5. fitur atau komponen khusus atau unik.

B. Sistem pendingin primer

Bagian ini berisi uraian mengenai:

- 1. desain sistem pendingin primer, dilengkapi dengan diagram alir dan instrumentasi, termasuk elevasi yang menunjukkan komponen utama (misalnya teras reaktor, penukar panas, pompa, pemipaan, katup, dan instrumentasi yang relevan);
- 2. rentang parameter dan spesifikasi pengoperasian, yang disusun dalam bentuk tabel, misalnya:
 - a. jenis bahan pendingin;

- b. laju alir pendingin;
 - c. temperatur pendingin masuk dan keluar teras, dan tekanan pada sistem pendingin primer;
 - d. level air bejana atau tangki terhadap teras reaktor;
 - e. persyaratan kualitas pendingin dari sistem pendingin primer, seperti pH dan konduktivitas;
 - f. ketinggian minimum pendingin; dan
 - g. karakteristik desain dan kinerja, jenis bahan dan spesifikasi dari komponen utama (misalnya pompa, katup, penukar panas, dan pemipaan), dan elevasi komponen, yang disusun dalam bentuk tabel, yang dilengkapi dengan gambar;
3. analisis yang menunjukkan kemampuan pemindahan panas dari teras reaktor ke sistem pendingin sekunder pada moda pendinginan yang berlaku dengan mempertimbangkan penurunan kinerja penukar panas karena pengerasan (*fouling factor*);
 4. fungsi semua fitur atau komponen khusus sistem pendingin primer;
 5. metode yang digunakan untuk deteksi kebocoran dan penetapan batasan kebocoran, dan upaya untuk membatasi kehilangan pendingin primer;
 6. upaya untuk memantau radioaktivitas pendingin primer berupa detektor radiasi yang terpasang dalam sistem pendingin primer atau melalui pengambilan sampel, termasuk frekuensi pengambilannya;
 7. efek iradiasi terhadap pendingin primer; dan
 8. analisis ketahanan komponen utama terhadap pengaruh radiasi, termal, kimia, dan mekanik.

C. Sistem pendingin sekunder

Bagian ini berisi uraian mengenai:

1. desain sistem pendingin sekunder, dilengkapi dengan diagram alir dan instrumentasi, termasuk elevasi yang menunjukkan komponen utama,

- (misalnya penukar panas, menara pendingin, pompa, pemipaan, katup, instrumentasi yang relevan);
2. rentang parameter dan spesifikasi pengoperasian yang disusun dalam bentuk tabel, misalnya:
 - a. jenis bahan pendingin dan sumbernya;
 - b. laju alir pendingin;
 - c. temperatur pendingin masuk dan keluar teras, dan tekanan pada sistem pendingin sekunder;
 - d. lokasi dan jenis sistem pembuangan panas (misalnya menara pendingin dan badan air);
 - e. parameter lingkungan (misalnya temperatur dan kelembapan) yang memengaruhi sistem pembuangan panas; dan
 - f. persyaratan kualitas pendingin dari sistem pendingin sekunder, termasuk persyaratan penggunaan bahan kimia di pendingin sekunder;
 3. karakteristik desain dan kinerja, jenis bahan dan spesifikasi dari komponen utama (misalnya pompa, katup, menara pendingin, dan pipa) yang disusun dalam bentuk table, dan dilengkapi dengan gambar;
 4. analisis yang menunjukkan kemampuan pemindahan panas dari sistem pendingin primer ke lingkungan dengan mempertimbangkan penurunan kinerja sistem pembuangan panas;
 5. upaya untuk mempertahankan tekanan dalam sistem pendingin sekunder lebih besar daripada tekanan dalam sistem pendingin primer;
 6. analisis dampak radiologi akibat kebocoran pendingin primer ke dalam sistem pendingin sekunder apabila tekanan pendingin sekunder lebih rendah daripada tekanan pendingin primer, dan upaya untuk mendeteksi dan membatasi kebocoran pada penukar panas; dan
 7. fungsi semua fitur atau komponen khusus sistem pendingin sekunder.
- D. Sistem pemurnian pendingin primer**
- Bagian ini berisi uraian mengenai:

1. desain sistem pemurnian pendingin primer, dilengkapi dengan diagram alir dan instrumentasi yang menunjukkan komponen utama (misalnya pompa, katup, filter mekanik, resin, pemipaan, dan instrumentasi yang relevan);
2. rentang parameter dan spesifikasi pengoperasian yang disusun dalam bentuk tabel, misalnya:
 - a. laju alir sistem pemurnian pendingin primer;
 - b. tekanan pada sistem pemurnian pendingin primer; dan
 - c. persyaratan kualitas sistem pemurnian pendingin primer di sisi luar teras (*outlet*), seperti pH dan konduktivitas.
3. karakteristik desain dan kinerja, jenis bahan, dan spesifikasi dari komponen utama (misalnya pompa, katup, pemipaan, filter mekanik, dan *demineralizer*, seperti resin), yang disusun dalam bentuk tabel, dan dilengkapi dengan gambar;
4. metode untuk menilai secara terus menerus kualitas dan keefektifan sistem pemurnian pendingin primer; dan
5. ringkasan metode untuk memprediksi, memantau, dan memberikan perisai terhadap radiasi dalam filter mekanik dan *demineralizer* pada operasi rutin.

E. Sistem penambah air pendingin primer

Bagian ini berlaku untuk reaktor yang menggunakan air dalam sistem pendingin primer.

Bagian ini berisi uraian mengenai:

1. desain sistem penambah air pendingin primer, dilengkapi dengan diagram alir dan instrumentasi yang menunjukkan komponen utama (misalnya pompa, katup, pemipaan, filter mekanik, *demineralizer*, dan instrumentasi yang relevan), dan sumber airnya;
2. metode penambahan air pendingin primer dan data kimia pendingin, termasuk persyaratan perlakuan awal (*pretreatment*) air penambah;

3. rentang parameter dan spesifikasi pengoperasian yang disusun dalam bentuk tabel, misalnya:
 - a. laju alir sistem penambah air pendingin primer;
 - b. tekanan pada sistem penambah air pendingin primer; dan
 - c. persyaratan kualitas sistem penambah air pendingin primer di sisi luar teras (*outlet*), seperti pH dan konduktivitas;
4. karakteristik desain dan kinerja, jenis bahan, dan spesifikasi dari komponen utama (misalnya pompa, katup, pemipaan, filter mekanik dan *demineralizer*), yang disusun dalam bentuk table, dan dilengkapi dengan gambar;
5. analisis yang menunjukkan kemampuan sistem penambah air pendingin primer dengan memperhitungkan seluruh kegiatan yang dapat menyebabkan penurunan jumlah pendingin primer; dan
6. upaya untuk mencegah aliran balik dari sistem pendingin primer ke sistem penambah air pendingin primer, dan selanjutnya mencegah kontaminasi sistem air minum.

F. Sistem pengendalian N-16

Bagian ini berisi uraian mengenai:

1. desain komponen dan instrumentasi utama sistem pengendalian N-16, dilengkapi dengan diagram alir dan instrumentasinya;
2. karakteristik desain dan kinerja, jenis bahan, dan spesifikasi dari komponen utama yang disusun dalam bentuk tabel, yang dilengkapi dengan gambar;
3. metode untuk mengurangi laju paparan dan dosis potensial dari N-16 dalam daerah kerja;
4. pengaruh sistem pengendalian N-16 pada operasi dan keselamatan reaktor, dan fitur desain reaktor lainnya. Misalnya:
 - a. sistem *difuser* dapat mempengaruhi aliran dan kejernihan pendingin dalam reaktor dengan moda pendinginan konveksi alam; dan

- b. kamar tunda (*delay chamber*) dapat memengaruhi parameter aliran pendingin, kapasitas pompa, dan akses untuk surveilan; dan
5. analisis yang menunjukkan bahwa sistem pengendalian N-16 tidak akan menyebabkan kehilangan pendingin primer yang tidak terkendali.

G. Sistem pembuangan panas peluruhan

Bagian ini berisi uraian mengenai:

1. desain komponen dan instrumentasi utama sistem pembuangan panas peluruhan, dilengkapi dengan diagram alir dan instrumentasinya;
2. rentang parameter dan spesifikasi pengoperasian yang disusun dalam bentuk tabel, misalnya:
 - a. jenis bahan pendingin dan sumbernya;
 - b. laju alir pendingin;
 - c. tekanan pada sistem pembuangan panas peluruhan;
 - d. lokasi dan jenis sistem pembuangan panas peluruhan (misalnya menara pendingin dan badan air);
 - e. parameter lingkungan (misalnya temperatur dan kelembapan) yang memengaruhi sistem pembuangan panas peluruhan; dan
 - f. persyaratan kualitas pendingin dari sistem pembuangan panas peluruhan;
3. karakteristik desain dan kinerja, jenis bahan, dan spesifikasi dari komponen utama yang disusun dalam bentuk tabel, yang dilengkapi dengan gambar;
4. efek iradiasi terhadap sistem pembuangan panas peluruhan; dan
5. analisis ketahanan komponen utama terhadap pengaruh radiasi, termal, kimia, dan mekanik.

H. Sistem pendingin untuk moderator dan reflektor

Bagian ini berisi uraian dan analisis yang menunjukkan:

1. kemampuan pemindahan panas dari moderator pada semua kondisi operasi; dan
2. kemampuan pemindahan panas dari reflektor untuk reflektor yang berada di luar tangki reaktor.

BAB VII. FITUR KESELAMATAN TEKNIS

Bab ini terdiri atas uraian ringkas, sistem pengungkung (*confinement*), sistem penyungkup (*containment*), dan sistem pendingin teras darurat.

Uraian mengenai persyaratan untuk fitur keselamatan teknis dan sistem penunjangnya tercantum pada Peraturan Kepala BAPETEN mengenai ketentuan keselamatan desain reaktor.

A. Uraian ringkas

Bagian ini berisi uraian ringkas tentang:

1. semua fitur keselamatan teknis yang ada, dilengkapi dengan gambar dan diagram blok sederhana yang menunjukkan lokasi, fungsi dasar, dan hubungan antara masing-masing fitur keselamatan teknis dan sistem lain; dan
2. kecelakaan terpostulasi yang dapat dimitigasi oleh masing-masing fitur keselamatan teknis.

B. Sistem pengungkung (*confinement*)

Bagian ini berisi uraian rinci mengenai sistem pengungkung, termasuk sistem ventilasi yang berfungsi sebagai fitur keselamatan teknis, yang meliputi:

1. desain sistem pengungkung, dilengkapi dengan diagram alir dan instrumentasi yang menunjukkan komponen utama (misalnya *blower*, *damper*, *seal*, *gasket*, *filter*, penetrasi, dan instrumentasi yang relevan);
2. dasar desain dan uraian mengenai fitur mitigasi yang dimiliki oleh sistem pengungkung berdasarkan skenario kecelakaan terpostulasi;
3. rentang parameter dan spesifikasi operasi sistem pengungkung yang disusun dalam bentuk tabel, misalnya:
 - a. tekanan negatif;

- b. laju pertukaran udara;
 - c. volume pengungkung; dan
 - d. nilai pengesetan untuk menginisiasi sistem pengungkung;
4. karakteristik desain dan kinerja, jenis bahan dan spesifikasi dari komponen sistem pengungkung (misalnya *blower*, *damper*, *seal*, *gasket*, *filter*, dan penetrasi) yang disusun dalam bentuk tabel, dan dilengkapi dengan gambar; dan
 5. analisis efektivitas sistem pengungkung.

C. Sistem penyungkup (*containment*)

Bagian ini berisi uraian rinci tentang:

1. desain sistem penyungkup, dilengkapi dengan diagram alir dan instrumentasi yang menunjukkan komponen utama (misalnya *blower*, *damper*, *seal*, *gasket*, *filter*, penetrasi, dan instrumentasi yang relevan);
2. dasar desain dan uraian mengenai fitur mitigasi yang dimiliki oleh sistem penyungkup berdasarkan skenario kecelakaan terpostulasi;
3. rentang parameter dan spesifikasi operasi sistem penyungkup yang disusun dalam bentuk tabel, misalnya:
 - a. tekanan negatif;
 - b. laju pertukaran udara;
 - c. volume penyungkup; dan
 - d. nilai pengesetan untuk menginisiasi sistem penyungkup;
4. karakteristik desain dan kinerja, jenis bahan dan spesifikasi dari komponen sistem penyungkup (misalnya *blower*, *damper*, *seal*, *gasket*, *filter*, dan penetrasi) yang disusun dalam bentuk tabel, yang dilengkapi dengan gambar;
5. analisis efektivitas sistem penyungkup, termasuk kemampuan sistem penyungkup bertahan terhadap tekanan tinggi; dan
6. uraian mengenai fungsi perisai radiasi dari sistem penyungkup.

D. Sistem pendingin teras darurat

Bagian ini berisi uraian rinci tentang:

1. desain sistem pendingin teras darurat, dilengkapi dengan diagram alir dan instrumentasi, termasuk elevasi yang menunjukkan komponen utama (misalnya teras reaktor, pompa, pemipaan, katup, *spray header*, tangki penampung, dan instrumentasi yang relevan);
2. rentang parameter dan spesifikasi pengoperasian yang disusun dalam bentuk tabel, misalnya:
 - a. jenis bahan pendingin;
 - b. laju alir pendingin;
 - c. temperatur dan tekanan pendingin;
 - d. level dan volume air tangki penampung; dan
 - e. nilai pengesetan untuk menginisiasi sistem pendingin teras darurat;
3. karakteristik desain dan kinerja, jenis bahan dan spesifikasi dari komponen utama (misalnya pompa, pemipaan, katup, *spray header*, dan tangki penampung) yang dilengkapi dengan gambar;
4. analisis yang menunjukkan kemampuan untuk mendinginkan teras reaktor;
5. fungsi semua fitur atau komponen khusus sistem pendingin teras darurat; dan
6. uraian pengaruh sistem pendingin teras darurat terhadap operasi normal dan keselamatan reaktor.

BAB VIII. SISTEM INSTRUMENTASI DAN KENDALI

Bab ini terdiri atas uraian ringkas, sistem proteksi reaktor, sistem kendali daya reaktor, sistem alarm, sistem *interlock*, sistem instrumentasi di dalam ruang kendali reaktor, dan sistem instrumentasi lain yang diperlukan untuk keselamatan.

Uraian mengenai persyaratan untuk sistem instrumentasi dan kendali tercantum pada Peraturan Kepala BAPETEN mengenai ketentuan keselamatan desain reaktor.

A. Uraian ringkas

Bagian ini berisi uraian ringkas tentang:

1. sistem instrumentasi dan kendali reaktor, dilengkapi dengan diagram blok, yang menunjukkan komponen utama dan subsistem, dan koneksi antar mereka;
2. jenis sistem instrumentasi, misalnya analog, digital berbasis komputer (*computerized digital*) atau kombinasi keduanya; dan
3. prinsip antarmuka manusia-mesin yang digunakan.

B. Sistem proteksi reaktor

Bagian ini berisi uraian:

1. desain sistem proteksi reaktor secara keseluruhan yang meliputi alur dan interaksi proses, yang dilengkapi dengan diagram skematik yang menunjukkan komponen utama (misalnya sensor, pengkondisi sinyal, dan pemroses sinyal);
2. logika yang digunakan untuk tindakan proteksi reaktor, dilengkapi dengan diagram logika mulai dari luaran pemantauan variabel proses (misalnya fluks neutron, temperatur bahan bakar, aliran dan temperatur pendingin teras, level pendingin, laju paparan radiasi, radioaktivitas udara di dalam gedung reaktor, dan radioaktivitas udara di cerobong) sampai dengan tindakan proteksi;
3. karakteristik desain dan kinerja, jenis bahan dan spesifikasi dari komponen sistem proteksi reaktor (misalnya sensor, pengkondisi sinyal, dan pemroses sinyal) yang disusun dalam bentuk tabel;
4. analisis keandalan sistem proteksi reaktor, dengan mempertimbangkan misalnya prinsip redundansi dan keragaman;
5. nilai pengesetan *trip* (pembangkitan sinyal untuk aktuasi tindakan proteksi), persyaratan akurasi, waktu tunda, dan tindakan proteksi

yang diaktuator (misalnya *scram* dan isolasi gedung) baik secara otomatis maupun manual;

6. verifikasi dan validasi perangkat lunak untuk sistem proteksi digital berbasis komputer;
7. upaya untuk mendeteksi kegagalan sistem proteksi reaktor; dan
8. metode yang digunakan untuk melindungi sistem proteksi reaktor dari kondisi lingkungan yang merugikan (misalnya temperatur, kelembapan, tegangan tinggi, medan elektromagnetik, radiasi, dan kegempaan).

C. Sistem kendali daya reaktor

Bagian ini berisi:

1. desain sistem kendali daya reaktor secara keseluruhan, yang meliputi alur dan interaksi proses, yang dilengkapi diagram skematik yang menunjukkan komponen utama (misalnya sensor, pengkondisi sinyal, pemroses sinyal, penampil, perekam, dan panel kendali);
2. logika untuk pengendalian daya reaktor, yang dilengkapi dengan diagram logika, mulai dari luaran pemantauan variabel proses (misalnya fluks neutron, temperatur bahan bakar, aliran dan temperatur pendingin teras, level pendingin, laju paparan radiasi, radioaktivitas udara di dalam gedung reaktor, dan radioaktivitas udara di cerobong) sampai dengan pengendalian daya reaktor;
3. karakteristik desain dan kinerja, jenis bahan dan spesifikasi dari komponen sistem kendali daya reaktor (misalnya sensor, pengkondisi sinyal, dan pemroses sinyal) yang disusun dalam bentuk tabel;
4. analisis keandalan sistem kendali daya reaktor, dengan mempertimbangkan misalnya prinsip redundansi dan keragaman;
5. verifikasi dan validasi perangkat lunak untuk sistem kendali daya reaktor digital berbasis komputer;
6. upaya untuk mendeteksi kegagalan sistem kendali daya reaktor;
7. metode yang digunakan untuk melindungi sistem kendali daya reaktor dari kondisi lingkungan yang merugikan (misalnya temperatur,

kelembapan, tegangan tinggi, medan elektromagnetik, radiasi, dan kegempaan); dan

8. identifikasi antarmuka antara sistem kendali daya reaktor dan sistem proteksi reaktor, berikut analisis keselamatan antarmuka.

D. Sistem alarm

Bagian ini berisi uraian:

1. desain sistem alarm secara keseluruhan, yang meliputi alur dan interaksi proses, yang dilengkapi diagram skematik yang menunjukkan komponen utama (misalnya sensor, pengkondisi sinyal, pemroses sinyal, penampil, perekam, dan panel kendali);
2. logika untuk sistem alarm, yang dilengkapi dengan diagram logika, mulai dari luaran pemantauan variabel proses (misalnya fluks neutron, temperatur bahan bakar, aliran dan temperatur pendingin teras, level pendingin, laju paparan radiasi, radioaktivitas udara di dalam gedung reaktor, dan radioaktivitas udara di cerobong) sampai dengan pengaktifan alarm;
3. karakteristik desain dan kinerja, jenis bahan dan spesifikasi dari komponen sistem alarm, misalnya sensor, pengkondisi sinyal, dan pemroses sinyal) yang disusun dalam bentuk tabel;
4. analisis keandalan sistem alarm, dengan mempertimbangkan misalnya prinsip redundansi dan keragaman;
5. verifikasi dan validasi perangkat lunak untuk sistem alarm digital berbasis komputer;
6. upaya untuk mendeteksi kegagalan sistem alarm;
7. metode yang digunakan untuk melindungi sistem alarm dari kondisi lingkungan yang merugikan (misalnya temperatur, kelembapan, tegangan tinggi, medan elektromagnetik, radiasi, dan kegempaan); dan
8. identifikasi antarmuka antara sistem alarm dengan sistem kendali daya reaktor dan sistem proteksi reaktor, berikut analisis keselamatan antarmuka.

E. Sistem *interlock*

Bagian ini berisi uraian tentang:

1. desain sistem *interlock* secara keseluruhan, yang meliputi alur dan interaksi proses, seperti *interlock* untuk terlaksananya *startup* (misalnya rapat fluks neutron, level sumber neutron, *interlock* berfungsinya instrumentasi dan perekam neutron, atau *interlock* kunci daya magnet) dan *interlock* untuk pengoperasian reaktor, dilengkapi dengan diagram skematik;
2. logika yang digunakan untuk aktuasi sistem *interlock*, dilengkapi dengan diagram logika, mulai dari luaran pemantauan variabel proses (misalnya fluks neutron, temperatur bahan bakar, aliran dan temperatur pendingin teras, level pendingin, laju paparan radiasi, radioaktivitas udara di dalam gedung reaktor, dan radioaktivitas udara di cerobong) sampai dengan aktuasi sistem *interlock*;
3. karakteristik desain dan kinerja, jenis bahan dan spesifikasi dari komponen sistem *interlock* (misalnya sensor, pengkondisi sinyal, dan pemroses sinyal) yang disusun dalam bentuk tabel;
4. analisis keandalan sistem *interlock*, dengan mempertimbangkan misalnya prinsip redundansi dan keragaman;
5. verifikasi dan validasi perangkat lunak untuk sistem *interlock* digital berbasis komputer;
6. upaya untuk mendeteksi kegagalan sistem *interlock*; dan
7. metode yang digunakan untuk melindungi sistem *interlock* dari kondisi lingkungan yang merugikan (misalnya temperatur, kelembapan, tegangan tinggi, medan elektromagnetik, radiasi, dan kegempaan).

F. Sistem instrumentasi di dalam ruang kendali reaktor

Bagian ini berisi uraian rinci tentang sistem instrumentasi di dalam ruang kendali reaktor, termasuk ruang kendali darurat, yang meliputi:

1. desain sistem instrumentasi yang terdapat di dalam ruang kendali reaktor yang dilengkapi dengan gambar yang menunjukkan tata letak sistem tersebut.

2. desain ergonomi, yang meliputi:
 - a. kemudahan operator dalam menjalankan sistem instrumentasi di dalam ruang kendali reaktor; dan
 - b. pengelompokan, orientasi, dan letak masukan kendali manual, (misalnya tombol tekan, saklar, dan peralatan lainnya sesuai dengan instrumentasi penampil) untuk memudahkan operator dalam menerjemahkan informasi dan mengambil tindakan segera dan tepat;
3. ketersediaan informasi dan sarana yang memadai di dalam ruang kendali reaktor;
4. tindakan yang dapat dilakukan operator di dalam ruang kendali darurat; dan
5. karakteristik desain dan kinerja, jenis bahan dan spesifikasi dari komponen sistem instrumentasi di dalam ruang kendali (misalnya penampil, perekam, dan panel kendali) yang disusun dalam bentuk tabel.

G. Sistem instrumentasi lain yang diperlukan untuk keselamatan

Bagian ini berisi uraian rinci tentang sistem instrumentasi lain yang diperlukan untuk keselamatan (misalnya instrumentasi proteksi terhadap kebakaran dan ledakan, instrumentasi deteksi gempa, dan instrumentasi pemantau radiasi), yang meliputi:

1. desain sistem instrumentasi lain yang diperlukan untuk keselamatan secara keseluruhan, yang meliputi alur dan interaksi proses, yang dilengkapi diagram skematik yang menunjukkan komponen utama, (misalnya sensor, pengkondisi sinyal, pemroses sinyal, penampil, perekam, dan panel kendali);
2. logika untuk sistem instrumentasi lain yang diperlukan untuk keselamatan, yang dilengkapi dengan diagram logika;
3. karakteristik desain dan kinerja, jenis bahan dan spesifikasi dari komponen sistem instrumentasi lain yang diperlukan untuk

keselamatan (misalnya sensor, pengkondisi sinyal, dan pemroses sinyal) yang disusun dalam bentuk tabel;

4. analisis keandalan sistem instrumentasi lain yang diperlukan untuk keselamatan, dengan mempertimbangkan misalnya prinsip redundansi dan keragaman;
5. verifikasi dan validasi perangkat lunak untuk sistem instrumentasi lain yang diperlukan untuk keselamatan yang menggunakan sistem digital berbasis komputer;
6. upaya untuk mendeteksi kegagalan sistem instrumentasi lain yang diperlukan untuk keselamatan;
7. metode yang digunakan untuk melindungi sistem instrumentasi lain yang diperlukan untuk keselamatan dari kondisi lingkungan yang merugikan (misalnya temperatur, kelembapan, tegangan tinggi, medan elektromagnetik, radiasi, dan kegempaan); dan
8. identifikasi antarmuka antara sistem instrumentasi lain yang diperlukan untuk keselamatan dengan sistem kendali daya reaktor dan sistem proteksi reaktor, berikut analisis keselamatan antarmuka.

BAB IX. SISTEM CATU DAYA LISTRIK

Bab ini terdiri atas sistem catu daya listrik AC normal, sistem catu daya listrik AC darurat, sistem catu daya listrik tak terputus, dan kabel dan penjalurannya (*routing*).

A. Sistem catu daya listrik AC normal

Bagian ini berisi:

1. uraian karakteristik desain dan kinerja sistem catu daya listrik AC normal untuk menjamin keselamatan operasi dan utilisasi reaktor, dan *shutdown* yang selamat, termasuk pada saat kehilangan catu daya listrik dari luar tapak;
2. kebutuhan beban listrik, dalam bentuk tegangan, arus, daya, dan frekuensi, selama operasi normal dan kondisi kecelakaan;

3. diagram skematik yang menunjukkan sistem dan sirkit distribusi catu daya listrik AC normal; dan
4. desain dan spesifikasi kinerja komponen utama dari sistem catu daya listrik, termasuk penggunaan komponen khusus seperti transformator isolasi, pembatas derau, proteksi terhadap petir, transformator tegangan konstan, dan komponen yang digunakan bersama dengan instalasi lain.

B. Sistem catu daya listrik AC darurat

Bagian ini menguraikan desain dan operasi sistem catu daya listrik AC darurat, dengan menekankan pada keterkaitannya dengan sistem catu daya listrik AC normal.

Bagian ini berisi:

1. uraian karakteristik desain dan kinerja sistem catu daya listrik AC darurat untuk menjamin keselamatan reaktor pada saat kehilangan catu daya listrik AC normal;
2. metode pengaktifan (otomatis atau manual), dan rentang waktu yang diperlukan untuk menghidupkan sistem catu daya listrik AC darurat dan untuk mengambil alih beban dari sistem catu daya listrik AC normal;
3. kebutuhan beban listrik, dalam bentuk tegangan, arus, daya, dan frekuensi, termasuk persyaratan beban awal (saat kehilangan ... peralatan yang dicatu oleh sistem catu daya listrik ... saat kehilangan catu daya listrik AC normal);
4. diagram skematik yang menunjukkan sistem dan sirkit distribusi catu daya listrik AC darurat;
5. uraian desain dan spesifikasi kinerja komponen utama dari sistem catu daya listrik AC darurat, termasuk uraian desain yang menunjukkan sistem catu daya listrik AC darurat diisolasi atau dilindungi dari efek transien (misalnya *power drain*, hubungan pendek sirkit, dan interferensi elektromagnetik), dan efek kejadian aksternal (misalnya banjir dan gempa); dan

6. uraian desain yang menyatakan bahwa penggunaan sistem catu daya listrik AC darurat untuk mencatu sistem yang tidak terkait keselamatan tidak menyebabkan hilangnya fungsi keselamatan yang dicatu oleh sistem catu daya listrik AC darurat.

C. Sistem catu daya listrik tak terputus

Bagian ini menguraikan desain dan operasi sistem catu daya listrik tak terputus, termasuk koneksinya ke sistem catu daya listrik darurat.

Bagian ini berisi:

1. uraian karakteristik desain dan unjuk kerja sistem catu daya listrik tak terputus untuk menjamin keselamatan reaktor pada saat kehilangan catu daya listrik AC normal;
2. kebutuhan beban listrik dari peralatan yang dicatu oleh sistem catu daya listrik tak terputus pada saat kehilangan catu daya listrik AC normal;
3. diagram skematik yang menunjukkan sistem dan sirkit distribusi catu daya listrik tak terputus; dan
4. uraian desain dan spesifikasi kinerja komponen utama dari sistem catu daya listrik tak terputus, termasuk uraian desain yang menunjukkan sistem catu daya listrik tak terputus diisolasi atau dilindungi dari efek transien (misalnya *power drain*, hubungan pendek sirkit, dan interferensi elektromagnetik).

D. Kabel dan penjalurannya (*routing*)

Bagian ini berisi:

1. informasi tentang jenis kabel yang digunakan;
2. uraian upaya pemisahan kabel-kabel dalam mempertahankan redundansi, mencegah kesimpangsiuran, dan memberikan proteksi terhadap kebakaran; dan
3. uraian tentang pemisahan jalur kabel untuk catu daya listrik dari jalur kabel untuk instrumentasi dan kendali.

BAB X. SISTEM PENDUKUNG

Bab ini terdiri atas sistem penanganan dan penyimpanan bahan bakar nuklir, sistem proteksi kebakaran, sistem bantu yang meliputi sistem layanan air, sistem bantu proses, sistem ventilasi, sistem pencahayaan, dan sistem komunikasi, dan sistem pendukung lain yang diperlukan untuk keselamatan.

Uraian mengenai persyaratan untuk sistem bantu dan sistem penanganan dan penyimpanan bahan bakar nuklir mengikuti Peraturan Kepala BAPETEN mengenai ketentuan keselamatan desain reaktor.

A. Sistem penanganan dan penyimpanan bahan bakar nuklir

Bagian ini berisi uraian mengenai:

1. desain sistem penanganan dan penyimpanan bahan bakar nuklir, yang dilengkapi dengan gambar;
2. analisis yang menunjukkan kemampuan sistem penanganan dan penyimpanan bahan bakar nuklir untuk:
 - a. mempertahankan kondisi subkritis bahan bakar nuklir;
 - b. mempertahankan integritas bahan bakar nuklir;
 - c. mempertahankan pendinginan bahan bakar nuklir teriradiasi;
 - d. mempertahankan pemurnian air pendingin;
 - e. memastikan proteksi radiasi dan keselamatan dalam batasan yang berlaku; dan
 - f. mencegah pelepasan zat radioaktif ke lingkungan; dan
3. upaya yang dilakukan untuk menjamin keselamatan dalam penanganan dan penyimpanan bahan bakar nuklir.

B. Sistem proteksi kebakaran

Bagian ini berisi uraian mengenai:

1. desain sistem proteksi kebakaran, yang dilengkapi dengan gambar (misalnya kompartemen, denah gedung yang menunjukkan posisi hidran, sumber air, alat pemadam api ringan, sensor asap, dan *sprinkler*);

2. spesifikasi dari perlengkapan proteksi kebakaran yang digunakan untuk mendeteksi, memadamkan, dan memitigasi dampak kebakaran; dan
3. analisis yang menunjukkan kemampuan sistem proteksi kebakaran dalam mencegah, mendeteksi, memadamkan, dan memitigasi dampak kebakaran.

C. Sistem layanan air

Bagian ini berisi uraian tentang sistem layanan air yang diperlukan untuk menyediakan air di luar sistem penambah air pendingin primer, disertai dengan diagram alir dan instrumentasi, dan dilengkapi dengan gambar.

D. Sistem bantu proses

Bagian ini berisi uraian mengenai desain sistem bantu proses, seperti sistem bantu yang berkaitan dengan sistem proses reaktor dan fasilitas eksperimen (misalnya udara bertekanan, pencuplik proses dan sistem drainase lantai), yang dilengkapi dengan gambar.

E. Sistem ventilasi

Bagian ini berisi uraian tentang desain sistem ventilasi untuk gedung dan struktur penunjang yang penting untuk keselamatan, dilengkapi dengan diagram alir dan instrumentasi yang menunjukkan komponen utama (misalnya *blower*, *damper*, *seal*, *gasket*, *filter*, penetrasi dan instrumentasi yang relevan).

F. Sistem pencahayaan

Bagian ini berisi uraian mengenai desain sistem pencahayaan secara keseluruhan, termasuk pada kondisi kehilangan catu daya normal, yang dilengkapi dengan gambar.

G. Sistem komunikasi

Bagian ini berisi uraian tentang desain sistem komunikasi secara keseluruhan, baik pada kondisi normal maupun darurat, yang dilengkapi dengan gambar.

H. Sistem pendukung lain yang diperlukan untuk keselamatan

Bagian ini berisi uraian tentang desain sistem bantu lain yang diperlukan untuk keselamatan, yang dilengkapi dengan gambar.

BAB XI. UTILISASI REAKTOR

Bab ini terdiri atas fasilitas iradiasi atau eksperimen, dan program eksperimen.

A. Fasilitas iradiasi atau eksperimen

Bagian ini berisi uraian tentang fasilitas iradiasi atau eksperimen, seperti fasilitas iradiasi atau eksperimen di dalam teras (misalnya *central irradiation position* dan fasilitas radioisotop), fasilitas iradiasi atau eksperimen di dalam reflektor (misalnya *lazy susans* dan fasilitas iradiasi neutron termal), dan fasilitas iradiasi atau eksperimen di luar teras (misalnya tabung berkas dan *power ramp test facility*). Uraian ini mencakup:

1. uraian tentang desain, bahan, dimensi dan geometri fasilitas iradiasi atau eksperimen, yang dilengkapi dengan gambar;
2. analisis mengenai ketahanan fasilitas iradiasi atau eksperimen terhadap pengaruh radiasi, termal, kimia, dan mekanik;
3. sumber pendinginan fasilitas iradiasi atau eksperimen dan interaksinya dengan sistem pendingin reaktor; dan
4. analisis keselamatan untuk semua fasilitas iradiasi atau eksperimen yang dapat memengaruhi reaktor, baik langsung maupun tidak langsung.

B. Program eksperimen

Bagian ini berisi uraian tentang:

1. rencana eksperimen yang menggunakan reaktor dan fasilitas iradiasi atau eksperimen;
2. bahan yang dilarang digunakan di dalam fasilitas iradiasi atau eksperimen, seperti bahan yang dapat merusak teras reaktor (misalnya bahan eksplosif dan/atau korosif); dan

3. bahan yang hanya boleh digunakan di dalam fasilitas iradiasi atau eksperimen dengan persyaratan keselamatan tambahan, seperti bahan yang mempengaruhi nilai reaktivitas reaktor menjadi positif.

BAB XII. PROTEKSI DAN KESELAMATAN RADIASI

Bab ini berisi ringkasan program proteksi dan keselamatan radiasi yang terdiri atas manajemen, sumber radiasi, desain keselamatan radiologi instalasi, sistem penanganan limbah radioaktif, dan pengkajian dosis selama operasi normal.

Uraian mengenai ketentuan proteksi dan keselamatan radiasi tercantum pada Peraturan Pemerintah mengenai ketentuan keselamatan radiasi pengion dan keamanan sumber radioaktif dan Peraturan Kepala BAPETEN terkait.

A. Manajemen

1. Kebijakan proteksi radiasi

Bagian ini berisi uraian mengenai:

- a. pernyataan kebijakan proteksi radiasi yang mendukung tujuan proteksi radiasi dan mewujudkan budaya keselamatan;
- b. ringkasan tentang Nilai Batas Dosis (NBD) untuk pekerja dan masyarakat umum, serta batasan lepasan (*discharge limit*) operasi normal yang didasarkan pada NBD;
- c. penerapan prinsip proteksi radiasi untuk mempertahankan b. ringkasan ...
di bawah NBD, dan lepasan efluen dan limbah radioaktif di bawah batasan lepasan operasi normal;
- d. tingkat pembatas dosis dan batasan lepasan operasi normal yang didasarkan pada tingkat pembatas dosis; dan
- e. kebijakan organisasi yang berkaitan dengan pengendalian dan pemantauan lepasan, dan evaluasi kecenderungan lepasan.

2. Organisasi

Bagian ini berisi uraian mengenai:

- a. penanggung jawab keselamatan radiasi dengan pembagian tugas, wewenang dan tanggung jawab, serta jalur komunikasi yang jelas, yang dilengkapi dengan diagram; dan
- b. hubungan kerja dengan organisasi keselamatan lainnya, termasuk petugas pengoperasi reaktor.

3. Prosedur dan pelatihan

Bagian ini berisi:

- a. daftar prosedur terkait program proteksi radiasi, misalnya:
 - 1) prosedur pelaksanaan survei radiasi dan pengambilan cuplikan udara;
 - 2) prosedur pemantauan lepasan efluen;
 - 3) prosedur pengendalian akses ke atau waktu berada di daerah radiasi;
 - 4) prosedur pengendalian kontaminasi daerah kerja, petugas, dan peralatan; dan
 - 5) prosedur untuk mengendalikan dan mengevaluasi paparan radiasi terhadap peneliti dan petugas lain, termasuk kontraktor dan siswa;
- b. pengalaman dan kualifikasi petugas proteksi radiasi dan pekerja radiasi; dan
- c. ringkasan program pelatihan proteksi radiasi bagi petugas proteksi radiasi, pekerja radiasi, dan petugas lain, termasuk kontraktor dan siswa.

B. Sumber radiasi

1. Sumber radiasi yang berada di udara (*airborne*)

Bagian ini berisi uraian mengenai:

- a. konsentrasi, lokasi (misalnya di kolam, di sistem reflektor, di sistem pendingin, di tabung berkas, di *pneumatic rabbit system*, dan di

ruang kerja), dan kandungan isotop, yang disusun dalam bentuk tabel; dan

- b. gambar fasilitas yang menunjukkan lokasi dari semua sumber tersebut di atas.

2. Sumber radiasi cair

Bagian ini berisi uraian mengenai:

- a. konsentrasi, bentuk, lokasi (misalnya di kolam, di sistem pendingin, di tabung berkas, di *pneumatic rabbit system*, dan di ruang kerja), dan kandungan isotop, yang disusun dalam bentuk tabel. Contoh sumber radiasi cair: resin, larutan hasil eksperimen, dan air kolam atau air pendingin; dan
- b. gambar fasilitas yang menunjukkan lokasi dari semua sumber tersebut di atas.

3. Sumber radiasi padat

Bagian ini berisi uraian mengenai:

- a. lokasi, geometri, kandungan isotop, dan aktivitas. Contoh sumber radiasi padat: bahan bakar (misalnya bahan bakar bekas, bahan bakar dalam teras, dan bahan bakar baru), sampel eksperimen, komponen fasilitas, dan sumber neutron *startup*; dan
- b. gambar fasilitas yang menunjukkan lokasi dari semua sumber tersebut di atas.

C. Desain keselamatan radiologi instalasi

1. Pembagian Daerah dan Pengendalian Akses

Bagian ini berisi uraian mengenai:

- a. Pembagian daerah kerja berdasarkan potensi kontaminasi radioaktif dan/atau paparan radiasi, yang dilengkapi dengan gambar yang menunjukkan tata letak instalasi, pembagian daerah dan daerah dengan akses terkendali; dan

- b. upaya pengendalian akses untuk mencegah pekerja mendekati daerah medan radiasi tinggi dan daerah yang berpotensi terkontaminasi, serta mencegah penempatan sumber radiasi di daerah yang ditempati oleh pekerja.

2. Perisai dan fitur pelindung

Bagian ini berisi uraian mengenai:

- a. desain, bahan, dimensi, dan geometri dari perisai sementara, permanen, dan terpasang (misalnya pada reaktor, fasilitas utilisasi, fasilitas laboratorium, dan tabung berkas radiasi), yang dilengkapi dengan gambar;
- b. analisis yang menunjukkan kemampuan perisai untuk melindungi pekerja, termasuk metode perhitungan perisai;
- c. potensi kebocoran radiasi melalui penetrasi, antarmuka, dan *void* atau lubang lainnya; dan
- d. fitur pelindung, seperti pengaturan geometri (misalnya jarak) atau penanganan jarak jauh untuk memastikan bahwa nilai paparan pekerja dan masyarakat umum masih di bawah NBD dan berdasarkan pada prinsip ALARA (*as low as reasonably achievable*) atau prinsip “serendah mungkin yang dapat dicapai”, serta metode untuk memastikan bahwa tabung berkas dan fasilitas eksperimen lainnya telah diberi perisai yang memadai selama eksperimen.

3. Ventilasi untuk proteksi radiasi

Bagian ini berisi uraian mengenai aspek proteksi radiasi dari sistem ventilasi yang telah diuraikan di dalam Bab IV (Gedung dan Struktur) huruf A angka 3 atau Bab VII (Fitur Keselamatan Teknis) huruf B.

4. Perlengkapan proteksi radiasi

Bagian ini berisi uraian mengenai perlengkapan proteksi radiasi, yang meliputi:

- a. peralatan pemantau tingkat radiasi dan/atau kontaminasi radioaktif di daerah kerja, termasuk peralatan portabel.
 - 1) Untuk sistem pemantauan permanen pada daerah radiasi dan sistem pemantauan permanen radiasi efluen dan udara, uraian meliputi:
 - a) lokasi pemantau dan detektor;
 - b) jenis pemantau dan instrumentasi (tetap atau bergerak, sensitivitas, jenis pengukuran, rentang, ketepatan, dan ketelitiannya);
 - c) jenis dan lokasi alarm lokal dan jarak jauh, penampil (*readout*), dan perekam;
 - d) titik pengesetan (*set point*) alarm atau aktuasi tindakan proteksi;
 - e) tindakan otomatis yang akan dimulai atau dilakukan; dan
 - f) ketentuan untuk catu daya darurat; dan
 - 2) kriteria dan metode pemantauan untuk memastikan validitas hasil pemantauan;
- b. peralatan pemantau dosis perorangan, yang meliputi jenis (misalnya TLD, WBC, dosimeter saku, frekuensi pembacaan, dan evaluasi pemantauan dosis pekerja;
- c. peralatan protektif radiasi (misalnya pakaian, sepatu, tutup kepala, sarung tangan yang digunakan secara rutin pada fasilitas, dan peralatan pelindung pernafasan); dan
- d. perawatan dan kalibrasi perlengkapan proteksi radiasi selain peralatan protektif radiasi.

5. Fasilitas proteksi radiasi

Bagian ini berisi uraian mengenai fasilitas proteksi radiasi, yang meliputi:

- a. laboratorium yang digunakan untuk mendukung pemantauan paparan radiasi dan/atau kontaminasi daerah kerja, pekerja, dan lingkungan untuk analisis radioaktif; dan
- b. fasilitas dekontaminasi dan penggunaan teknik dekontaminasi untuk melindungi pekerja, serta kendali dan pembuangan pakaian dan material yang mungkin terkontaminasi;

D. Sistem penanganan limbah radioaktif

1. Limbah padat

Bagian ini berisi uraian mengenai penanganan terhadap limbah padat, yang meliputi antara lain:

- a. jenis dan klasifikasi limbah, dan sumber dan kuantitas limbah padat, termasuk bentuk fisik, volume dan komposisi isotop, dan aktivitas terukur atau yang diperkirakan; dan
- b. metode pengumpulan, pemrosesan, pembungkusan, penyimpanan, dan pengangkutan.

2. Limbah cair

Bagian ini berisi uraian mengenai penanganan terhadap limbah cair, yang meliputi:

- a. jenis, klasifikasi dan volume limbah cair, sumber, lokasi, bentuk, dan perkiraan aktivitas limbah cair;
- b. laju alir, peralatan proses, tangki penyimpanan, dan titik pelepasan ke lingkungan;
- c. desain penanganan limbah cair, yang dilengkapi dengan diagram alir dan instrumentasi;
- d. tujuan pelepasan efluen;
- e. kapasitas, redundansi, dan fleksibilitas dari sistem;
- f. kemampuan sistem yang diperlukan untuk mempermudah perawatan, mengurangi kebocoran, dan mencegah lepasan tak terkendali ke lingkungan;

- g. kriteria dan konsentrasi untuk daur ulang atau pelepasan limbah cair ke lingkungan; dan
- h. perkiraan lepasan tahunan total ke lingkungan.

3. Limbah gas

3. Limbah ...

Bagian ini berisi uraian mengenai penanganan terhadap limbah gas yang meliputi:

- a. jenis dan volume limbah gas, sumber, lokasi, bentuk, dan jumlah radionuklida;
- b. laju alir, peralatan proses, dan titik pelepasan ke lingkungan;
- c. desain penanganan limbah gas, yang dilengkapi dengan diagram alir dan instrumentasi;
- d. tujuan pelepasan efluen;
- e. kapasitas, redundansi, dan fleksibilitas sistem;
- f. kemampuan sistem yang diperlukan untuk mempermudah perawatan, mengurangi kebocoran, dan mencegah lepasan tak terkendali ke lingkungan;
- g. ketentuan desain untuk menangani bahan gas yang berpotensi meledak; dan
- h. perkiraan lepasan tahunan total ke lingkungan.

E. Pengkajian dosis selama operasi normal

1. Dosis pekerja

Bagian ini berisi uraian mengenai:

- a. perencanaan penempatan pekerja di dalam daerah kerja yang diperkirakan setiap tahun untuk operasi reaktor, pelaksanaan eksperimen, perawatan normal, penanganan limbah radioaktif, penggantian bahan bakar, dan inspeksi *in-service*; dan

- b. perkiraan dosis total tahunan untuk semua lokasi fasilitas, termasuk estimasi paparan untuk pekerja, peneliti, dan pengunjung atau tamu.

2. Dosis masyarakat umum

Bagian ini berisi uraian mengenai:

- a. identifikasi semua titik lepasan efluen cair dan gas ke lingkungan, dan asumsi yang digunakan untuk dispersi zat radioaktif ke lingkungan;
- b. perhitungan dosis perorangan pada batas tapak dan lokasi luar tapak akibat efek dari semua lepasan; dan
- c. analisis yang menunjukkan bahwa efek gabungan dari radiasi langsung dan lepasan zat radioaktif dari reaktor dan instalasi nuklir atau fasilitas radiasi sekitar tidak akan menghasilkan dosis terhadap masyarakat umum yang melampaui nilai pembatas dosis yang ditetapkan.

BAB XIII. PELAKSANAAN OPERASI

Bab ini hanya dimuat di dalam LAK untuk memperoleh izin operasi.

Bab ini berisi informasi mengenai struktur organisasi, kualifikasi dan pelatihan petugas, penilaian keselamatan, prosedur operasi, perawatan, dan manajemen penuaan.

A. Struktur organisasi

Bagian ini berisi uraian mengenai:

1. struktur organisasi, yang meliputi tugas, wewenang, dan tanggung jawab petugas instalasi dan bahan nuklir yang meliputi operator reaktor, supervisor reaktor, teknisi perawatan, supervisor perawatan, dan petugas proteksi radiasi untuk semua kondisi operasi reaktor;
2. diagram organisasi, yang dilengkapi garis wewenang dan garis komunikasi antar kelompok;

3. persyaratan minimum susunan petugas instalasi dan bahan nuklir; dan
4. fungsi organisasi yang direncanakan untuk menggunakan kelompok luar-tapak atau kelompok eksternal.

B. Kualifikasi dan pelatihan petugas

Bagian ini berisi uraian mengenai:

1. persyaratan kualifikasi dan sertifikasi operator reaktor, supervisor reaktor, teknisi perawatan, dan supervisor perawatan;
2. jenis dan frekuensi pelatihan yang diperlukan untuk operator reaktor, supervisor reaktor, teknisi perawatan, dan supervisor perawatan;
3. persyaratan pelatihan bagi petugas yang akan melakukan utilisasi reaktor; dan
4. instruksi bagi tamu.

C. Penilaian keselamatan

Bagian ini berisi uraian mengenai:

1. metode penilaian terhadap aspek keselamatan operasi instalasi;
2. komposisi dan kualifikasi panitia penilai keselamatan;
3. fungsi, tugas, kewenangan, dan tata kerja panitia penilai keselamatan; dan
4. hal-hal yang dinilai oleh kelompok tersebut.

D. Prosedur operasi

Bagian ini berisi uraian mengenai daftar prosedur operasi pada semua kondisi operasi, yang meliputi prosedur:

1. uji fungsi dan kinerja;
2. pemuatan, pengeluaran, dan/atau perpindahan dalam reaktor:
 - a. bahan bakar nuklir;
 - b. reflektor;
 - c. komponen teras lainnya; dan/atau
 - d. peralatan eksperimen;

3. proses penilaian dan persetujuan untuk:
 - a. operasi;
 - b. perawatan;
 - c. pelaksanaan iradiasi dan eksperimen utilisasi yang penting untuk keselamatan reaktor; dan
 - d. reaktivitas teras;
4. tindakan operator terhadap kejadian operasi terantisipasi, kecelakaan dasar desain, dan kecelakaan yang melampaui dasar desain;
5. utilisasi; dan
6. modifikasi.

E. Perawatan

Bagian ini berisi ringkasan program perawatan, yang meliputi:

1. perawatan rutin, yang mencakup:
 - a. perawatan pencegahan; dan
 - b. surveilan; dan
2. perawatan nonrutin, yang meliputi:
 - a. perawatan perbaikan; dan
 - b. inspeksi *in-service*.

Format dan isi program perawatan secara lengkap mengikuti Peraturan Kepala BAPETEN mengenai ketentuan perawatan.

F. Manajemen penuaan

Bagian ini berisi ringkasan program manajemen penuaan.

Format dan isi program manajemen penuaan secara lengkap mengikuti Peraturan Kepala BAPETEN mengenai manajemen penuaan.

XIV. PENGELOLAAN DAN PEMANTAUAN 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 Kepala 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 pemantau lingkungan, yang terdiri atas:
 - a. pelaksanaan;
 - b. pengawasan; dan
 - c. pelaporan hasil.

BAB XV. KOMISIONING

Untuk pengajuan izin konstruksi, bab ini berisi:

- a. ringkasan program komisioning yang berisi:
 1. jadwal kegiatan;
 2. struktur organisasi;
 3. prosedur pengujian;
 4. jenis pengujian;
 5. kriteria penerimaan; dan
 6. dokumentasi dan pelaporan.
- b. upaya menggunakan informasi komisioning dari reaktor serupa yang telah beroperasi;
- c. metode penyelesaian terhadap hasil komisioning yang tidak memenuhi kriteria penerimaan; dan
- d. rencana pemutakhiran LAK untuk memperoleh izin operasi berdasarkan hasil komisioning.

Untuk pengajuan izin operasi, bab ini berisi uraian ringkas hasil pelaksanaan program komisioning, dibandingkan dengan kriteria penerimaan yang terdapat di dalam program komisioning, yang meliputi:

- a. faktor multiplikasi pada pemuatan teras awal;
- b. massa kritis dan kondisi kekritisannya akhir untuk teras awal dan teras operasi;
- c. kalibrasi batang kendali, termasuk nilai diferensial dan integral dari batang kendali pada teras awal dan teras operasi;
- d. reaktivitas lebih (operasi);
- e. *shutdown* margin;
- f. kalibrasi daya reaktor;
- g. distribusi fluks neutron termal;
- h. potensi degradasi penghalang produk fisi bahan bakar nuklir atau kontaminasi dari sumber lain yang diperoleh dari pengukuran radioaktivitas pendingin reaktor atau lepasan selama pengujian, dan

efektivitas perisai radiasi yang diperoleh dari hasil pengukuran dan pengujian sistem efluen dan limbah radioaktif, yang meliputi:

1. verifikasi kalibrasi sistem pemantauan efluen dan limbah; dan
2. pengecekan operabilitas sistem pengolahan, penyimpanan, dan pelepasan limbah cair dan gas;
 - i. nilai reaktivitas fasilitas eksperimen;
 - j. koefisien reaktivitas temperatur dan koefisien reaktivitas *void* pada teras reaktor;
 - k. karakteristik termohidrolik (misalnya bahan bakar nuklir, kelongsong, temperatur pendingin reaktor, laju alir pendingin reaktor, dan beda tekanan pendingin reaktor); dan
 - l. pengukuran kinerja fitur keselamatan teknis.

Dalam hal hasil komisioning tidak memenuhi kriteria penerimaan program komisioning, diuraikan analisis yang menunjukkan dan upaya untuk menjamin keselamatan operasi reaktor.

BAB XVI. ANALISIS KESELAMATAN

Bab ini terdiri atas analisis keselamatan untuk kecelakaan dasar desain dan analisis keselamatan untuk kecelakaan yang melampaui dasar desain.

A. Analisis keselamatan untuk kecelakaan dasar desain

Bab ini terdiri atas pendahuluan, asumsi fungsi sistem proteksi reaktor, pemilihan kejadian awal, dan evaluasi setiap urutan kejadian.

1. Pendahuluan

Bagian ini berisi ringkasan:

- a. tujuan dilakukan analisis keselamatan;
- b. metode identifikasi dan pemilihan kejadian awal;
- c. metode analisis yang digunakan; dan
- d. kriteria penerimaan.

2. Asumsi fungsi sistem proteksi reaktor

Bagian ini berisi daftar pengesetan semua fungsi sistem proteksi yang digunakan dalam analisis keselamatan.

Contoh fungsi yang diinisiasi oleh sistem proteksi reaktor: *trip* reaktor, penutupan katup isolasi, dan pendingin teras darurat.

3. Pemilihan kejadian awal

Bagian ini berisi:

- a. daftar kelompok kejadian awal terpostulasi yang dipertimbangkan dalam analisis keselamatan. Informasi mengenai kelompok kejadian awal terpostulasi tercantum pada Peraturan Kepala BAPETEN mengenai ketentuan keselamatan desain reaktor;
- b. evaluasi setiap kelompok kejadian awal terpostulasi untuk memilih kejadian awal yang berdampak parah dan yang akan dianalisis lebih lanjut, berikut justifikasinya; dan
- c. daftar kejadian awal terpilih yang akan dianalisis lebih lanjut.

4. Evaluasi setiap urutan kejadian

Bagian ini terdiri atas identifikasi penyebab, urutan kejadian dan respons sistem, dan analisis transien.

a. Identifikasi penyebab

Bagian ini menguraikan penyebab kejadian awal terpilih yang dianalisis lebih lanjut;

b. Urutan kejadian dan respons sistem

Bagian ini menguraikan urutan kejadian, mulai dari setiap kejadian awal yang sudah terpilih sampai berakhirnya urutan kejadian, dan respons sistem yang terkait, termasuk tindakan operator. Evaluasi dalam urutan kejadian juga mencakup:

- 1) identifikasi kejadian penting berdasarkan skala waktu, misalnya sinyal *trip* yang berasal dari pemantau fluks neutron yang diikuti dengan insersi batang kendali;
- 2) indikasi ketepatan dan ketidaktepatan fungsi dari instrumentasi dan kendali reaktor;
- 3) indikasi ketepatan fungsi dari sistem proteksi reaktor, sistem keselamatan, dan kegagalan fungsinya;
- 4) indikasi tindakan operator yang diperlukan; dan
- 5) evaluasi kegagalan yang saling terkait (misalnya kegagalan dengan penyebab sama) dan evaluasi kesalahan manusia.

c. Analisis transien

Bagian ini berisi perhitungan kuantitatif kejadian awal yang sudah terpilih, terdiri atas model perhitungan, parameter masukan dan kondisi awal, dan hasil.

1) Model perhitungan

Bagian ini berisi:

- a) uraian umum model dan validasi yang meliputi:

- i. tujuan model dan rentang pemakaiannya, termasuk rentang variabel yang dihitung;
 - ii. uraian singkat tentang model analitik dan korelasi empiris yang digunakan;
 - iii. penyederhanaan atau pendekatan yang digunakan dalam analisis;
 - iv. tingkat konservatif dari metode dan korelasi;
 - v. ketepatan numerik dari model, termasuk ketelitian hasil, dan faktor yang berkontribusi terhadap ketidakpastian;
 - vi. perbandingan hasil perhitungan model der v. ketepatan ... atau operasi, atau dengan hasil perhitungan model lain yang telah dibandingkan dengan eksperimen atau operasi;
 - vii. konfirmasi bahwa pemodelan mewakili semua fenomena fisika yang relevan dengan analisis; dan
 - viii. metode kombinasi program bila digunakan lebih dari satu program komputer;
- b) uraian singkat data masukan untuk masing-masing model, yang meliputi:
- i. metode pemilihan parameter masukan, termasuk keberlakuan parameter masukan dan tingkat konservatifnya; dan
 - ii. daftar data masukan untuk masing-masing model.
- 2) Parameter masukan dan kondisi awal
- Bagian ini berisi identifikasi parameter masukan dan kondisi awal yang konservatif dan rentang kondisi operasi yang digunakan dalam analisis kejadian, misalnya:
- a) daya teras;
 - b) laju alir pendingin teras;

- c) temperatur pendingin;
- d) temperatur bahan bakar nuklir dan kelongsong;
- e) fraksi bakar;
- f) distribusi daya aksial dan radial, dan faktor kanal panas;
- g) tekanan sistem reaktor;
- h) koefisien reaktivitas temperatur bahan bakar nuklir dan moderator;
- i) koefisien reaktivitas *void*;
- j) nilai reaktivitas *shutdown* yang tersedia; dan
- k) karakteristik insersi pengendalian reaktivitas.

3) Hasil

Bagian ini berisi hasil analisis, yang mencakup parameter luaran, ketidakpastian hasil, dan margin keselamatan. Contoh parameter luaran:

- a) reaktivitas;
- b) daya termal;
- c) fluks panas;
- d) distribusi daya;
- e) tekanan sistem pendingin reaktor;
- f) rasio fluks panas kritis atau rasio penyimpangan dari pendidihan inti;
- g) laju alir pendingin teras;
- h) temperatur pendingin (temperatur *inlet*, temperatur pendingin rata-rata di teras, dan temperatur *outlet* kanal panas);
- i) temperatur teras (temperatur pusat bahan bakar nuklir maksimum dan temperatur kelongsong maksimum) dan entalpi bahan bakar nuklir maksimum; dan

j) inventori pendingin reaktor.

Pembahasan mengenai hasil analisis dilengkapi dengan kurva parameter sebagai fungsi waktu sampai kondisi stabil akhir.

B. Analisis keselamatan untuk kecelakaan yang melampaui dasar desain

Bab ini terdiri atas pendahuluan, asumsi fungsi sistem proteksi reaktor, pemilihan kejadian awal, evaluasi setiap urutan kejadian, dan evaluasi dampak radiologi.

1. Pendahuluan

Bagian ini dapat mengacu uraian yang sama dengan subbab A.1

2. Asumsi fungsi sistem proteksi reaktor

Bagian ini dapat mengacu uraian yang sama dengan subbab A.2

3. Pemilihan kejadian awal

Bagian ini dapat mengacu uraian yang sama dengan subbab A.3

4. Evaluasi setiap urutan kejadian

Bagian ini menguraikan identifikasi penyebab, urutan kejadian dan respons sistem, analisis kuantitatif untuk kecelakaan yang melampaui dasar desain, dan status kerusakan.

a. Identifikasi penyebab

Bagian ini dapat mengacu uraian yang sama dengan bagian A.4.a.

b. Urutan kejadian dan respons sistem

Bagian ini menguraikan urutan setiap kejadian awal yang sudah terpilih yang mengakibatkan kecelakaan yang melampaui dasar desain sampai berakhirnya urutan kejadian.

Sistem keselamatan yang kegagalannya menyebabkan dampak terparah diasumsikan tidak berfungsi.

c. Analisis kuantitatif untuk kecelakaan yang melampaui dasar desain

Bagian ini berisi perhitungan kuantitatif kejadian awal yang sudah terpilih, terdiri atas model perhitungan, parameter masukan dan kondisi awal, dan hasil.

1) Model perhitungan

Bagian ini berisi:

a) uraian umum model dan validasi yang meliputi:

- i. tujuan model dan rentang pemakaiannya, termasuk rentang variabel yang dihitung;
- ii. uraian singkat tentang model analitik dan korelasi empiris yang digunakan;
- iii. penyederhanaan atau pendekatan yang digunakan dalam analisis;
- iv. tingkat konservatif dari metode dan korelasi;
- v. ketepatan numerik dari model, termasuk ketelitian hasil dan faktor yang berkontribusi terhadap ketidakpastian;
- vi. perbandingan hasil perhitungan model dengan eksperimen, atau dengan hasil perhitungan model lain yang telah dibandingkan dengan eksperimen;
- vii. konfirmasi bahwa pemodelan mewakili semua fenomena fisika yang relevan dengan analisis; dan
- viii. metode kombinasi program bila digunakan lebih dari satu program komputer;

b) uraian singkat data masukan untuk masing-masing model, yang meliputi:

- i. metode pemilihan parameter masukan, termasuk keberlakuan parameter masukan dan tingkat konservatifnya; dan
 - ii. daftar data masukan untuk masing-masing model.
- 2) Parameter masukan dan kondisi awal

Bagian ini berisi identifikasi parameter masukan dan kondisi awal yang konservatif dan rentang kondisi operasi yang digunakan dalam analisis kejadian, misalnya:

- a) daya teras;
 - b) laju alir pendingin teras;
 - c) temperatur pendingin;
 - d) temperatur bahan bakar nuklir dan kelongsong;
 - e) fraksi bakar;
 - f) distribusi daya aksial dan radial dan faktor kanal panas;
 - g) tekanan sistem reaktor;
 - h) koefisien reaktivitas temperatur bahan bakar nuklir dan moderator;
 - i) koefisien reaktivitas *void*;
 - j) nilai reaktivitas *shutdown* yang tersedia; dan
 - k) karakteristik insersi pengendalian reaktivitas.
- 3) Hasil

Bagian ini berisi hasil analisis, yang mencakup parameter luaran dan ketidakpastian hasil.

Pembahasan mengenai hasil analisis dilengkapi dengan kurva parameter sebagai fungsi waktu.

d. Status kerusakan

Bagian ini menguraikan:

- 1) perkiraan jenis kerusakan, jumlah bahan bakar nuklir yang rusak dan faktor lain (misalnya temperatur bahan bakar nuklir dan kelongsong, karakteristik pendingin, dan interaksi kimia); dan
- 2) perkiraan bentuk dan kandungan bahan berbahaya, termasuk parameter fisiknya.

5. Evaluasi dampak radiologi

Bagian ini menguraikan evaluasi dampak radiologi untuk urutan kejadian yang menyebabkan lepasan zat radioaktif yang paling parah.

Bagian ini terdiri atas suku sumber, dan analisis dispersi zat radioaktif dan pengkajian dosis.

a. Suku sumber

Bagian ini berisi:

1) Analisis lepasan zat radioaktif ke udara gedung reaktor

Bagian ini menguraikan perhitungan jumlah radionuklida yang terlepas ke udara gedung reaktor, kandungan isotop dan bentuk fisika dan kimia, dan faktor lain yang diperlukan.

Bagian ini juga memuat parameter dan asumsi yang digunakan dalam melakukan perhitungan, yang meliputi:

- a) inventori radionuklida;
- b) sifat kerusakan teras, seperti yang diuraikan pada subbab B.4.d;
- c) fraksi lepasan radionuklida ke air pendingin; dan
- d) retensi radionuklida di dalam air.

2) Analisis lepasan dari gedung reaktor

Bagian ini menguraikan perhitungan jumlah radionuklida yang terlepas dari gedung reaktor melalui udara dan/atau air, kandungan isotop dan bentuk fisika dan kimia, dan faktor lain yang diperlukan.

Bagian ini juga memuat parameter dan asumsi yang digunakan dalam melakukan perhitungan, yang meliputi:

- a) pengurangan kandungan radionuklida oleh sistem penahan (*hold-up*) cairan dan/atau udara, sistem resirkulasi dan ventilasi, termasuk efisiensi filter;
- b) pengendapan radionuklida ke permukaan dan terlepasnya kembali radionuklida (*resuspension*) dari permukaan ke udara;
- c) waktu penahanan radionuklida, peluruhan, dan produksi anak-luruh (*precursor*);
- d) laju lepasan efluen dari gedung reaktor;
- e) moda lepasan (seketika, berselang-seling, atau kontinyu); dan
- f) titik lepasan, termasuk ketinggian dan diameternya.

b. Analisis dispersi zat radioaktif dan pengkajian dosis

Bagian ini terdiri atas metode analisis dampak radiologi, pengkajian dosis radiasi eksterna langsung, pengkajian dosis akibat lepasan radionuklida ke atmosfer, pengkajian dosis akibat lepasan radionuklida melalui jalur air, pengkajian dosis akibat kontaminasi permukaan tanah, dan hasil perhitungan dosis.

1) Metode analisis dampak radiologi

Bagian ini berisi metode yang digunakan untuk menganalisis dampak radiologi dari urutan kejadian yang dianalisis, yang mungkin dihasilkan dari kecelakaan reaktor.

Asumsi dan metode yang digunakan dalam menentukan dampak radiologi yang ditunjang oleh informasi yang memadai,

atau dapat mengacu pada bab lain dalam LAK, atau dapat mengacu pada dokumen lain yang disampaikan kepada BAPETEN.

Informasi tentang pemodelan dampak radiologi mencakup hal-hal sebagai berikut:

- a) uraian tentang model matematik atau model fisik yang digunakan, termasuk penyederhanaan atau pendekatan yang dimasukkan dalam analisis;
- b) ringkasan program komputer digital atau simulasi analog yang digunakan dalam analisis;
- c) informasi tentang validasi metode perhitungan; dan
- d) pertimbangan ketidakpastian dalam metode perhitungan, unjuk kerja peralatan, karakteristik respons instrumentasi, atau pengaruh lain yang diperhitungkan dalam evaluasi hasil.

2) Pengkajian dosis radiasi eksterna langsung

Bagian ini berisi:

- a) uraian medan analisis paparan radiasi eksterna langsung yang berkaitan dengan lepasan yang terjadi di dalam instalasi dan yang dapat menghasilkan dosis radiasi, juga termasuk dosis terhadap kelompok kritis;
- b) parameter dan asumsi yang digunakan dalam analisis, yang meliputi:
 - i. jumlah lepasan radionuklida, bentuk geometri lepasan, dan jangka waktu lepasan;
 - ii. peluruhan radionuklida dan produksi anak luruh;
 - iii. parameter perisai, faktor *buildup*, dan hamburan; dan
 - iv. jarak ke kelompok kritis dan jangka waktu selama dosis dihitung.

3) Pengkajian dosis akibat lepasan radionuklida ke atmosfer

Bagian ini berisi parameter, asumsi, dan hasil perhitungan, yang meliputi:

- a) jarak ke penerima paparan dan medan antaranya (*intervening terrain*);
- b) data meteorologi, termasuk kecepatan dan arah angin, data inversi, dan data stabilitas atmosfer;
- c) pengaruh olakan (*wake*) dari gedung;
- d) parameter difusi;
- e) bentuk fisik dan kimia radionuklida pada lokasi penerima paparan; dan
- f) hasil perhitungan dosis yang diperoleh melalui pernafasan dan yang berasal dari paparan radiasi eksterna zat radioaktif yang terdispersi ke udara.

4) Pengkajian dosis akibat lepasan radionuklida melalui jalur air

Bagian ini berisi parameter dan asumsi yang digunakan dalam analisis, yang meliputi:

- a) karakteristik pengenceran dan dispersi, termasuk karakteristik migrasi dan retensi tanah, pergerakan radionuklida dalam formasi hidrogeologi, kemampuan konsentrasi-ulang (*reconcentration*) sedimen dan biota, dan pengaruh lain yang mungkin diperlukan untuk menentukan pergerakan radionuklida dan jalur paparan;
- b) jalur langsung dan tidak langsung kontaminasi radionuklida melalui rantai makanan dengan mempertimbangkan karakteristik yang penting untuk penentuan jalur rantai makanan; dan
- c) penerimaan radionuklida dan dosisnya pada manusia melalui paparan radiasi eksterna dan pencernaan.

5) Pengkajian dosis akibat kontaminasi permukaan tanah

Bagian ini menguraikan:

- a) konsentrasi radionuklida di permukaan tanah dengan mempertimbangkan penyebaran langsung partikel zat radioaktif atau pengendapan dari lepasan udara atau lepasan cairan, termasuk analisis kontaminasi permukaan oleh radionuklida dan penilaian dosis melalui permukaan tanah dan pencernaan makanan;
- b) jalur langsung dan tidak langsung kontaminasi radionuklida melalui rantai makanan dengan mempertimbangkan karakteristik yang penting untuk penentuan jalur rantai makanan; dan
- c) penerimaan radionuklida dan dosisnya pada manusia melalui paparan radiasi eksternal dan pencernaan.

6) Hasil perhitungan dosis

Bagian ini berisi hasil perhitungan dosis dari semua jalur paparan, berupa dosis ekuivalen efektif pada tapak atau zona tindakan pencegahan, dan zona perencanaan.

BAB XVII. BATASAN DAN KONDISI OPERASI

Bab ini berisi batasan dan kondisi operasi secara lengkap, mengikuti format dan isi yang tercantum pada Peraturan Kepala BAPETEN tentang batasan dan kondisi operasi.

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

Batasan dan kondisi operasi terdiri atas:

1. batas keselamatan;
2. pengesetan sistem keselamatan;
3. kondisi batas untuk operasi normal;
4. persyaratan surveilan; dan
5. persyaratan administratif.

Untuk batas keselamatan, pengesetan sistem keselamatan, dan kondisi batas untuk operasi normal, informasi tentang setiap parameter batasan dan kondisi operasi paling sedikit memuat:

1. tujuan penetapan nilai parameter batasan dan kondisi operasi;
2. keberlakuan parameter batasan dan kondisi operasi;
3. spesifikasi batasan dan kondisi operasi, berupa nilai yang tidak boleh terlampaui atau kondisi khusus struktur, sistem, dan komponen; dan
4. dasar penetapan nilai parameter batasan dan kondisi operasi yang diperoleh dari hasil perhitungan dalam analisis keselamatan, hasil pengalaman operasi sebelumnya, atau hasil eksperimen yang telah dilakukan.

BAB XVIII. SISTEM MANAJEMEN

Bagian ini berisi ringkasan sistem manajemen reaktor yang meliputi antara lain:

1. ruang lingkup, tujuan dan sasaran sistem manajemen dalam pembangunan reaktor (LAK untuk pengajuan izin konstruksi) dan dalam pengoperasian (LAK untuk pengajuan izin operasi), dan aspek yang menjadi lingkup penerapannya, seperti: keselamatan, kesehatan, keamanan, mutu, lingkungan hidup, dan ekonomi;
2. model atau peta proses, dan identifikasi proses yang memengaruhi keselamatan:
 - a. pada tahap konstruksi dan komisioning reaktor (LAK untuk pengajuan izin konstruksi); atau
 - b. pada tahap operasi (LAK untuk memperoleh izin operasi), serta manajemen prosesnya, termasuk pengendalian proses atau produk, dan penanggung jawabnya;
3. struktur organisasi dalam sistem manajemen disertai uraian tanggung jawab dan wewenangnya, serta hubungan dengan organisasi eksternal;
4. penerapan budaya keselamatan dan upaya peningkatannya;
5. sistem pemeringkatan yang digunakan;

6. sistem dokumentasi yang diterapkan, termasuk tindakan pengendalian dokumen dan pengendalian rekaman (misalnya kedudukan level 1, LAK, dan batasan dan kondisi operasi);
7. sumber daya, mencakup sumber daya manusia, prasarana, dan lingkungan kerja yang disediakan untuk konstruksi dan komisioning reaktor (LAK untuk pengajuan izin konstruksi), dan untuk operasi reaktor (LAK untuk memperoleh izin operasi);
8. sistem penilaian diri dan mandiri, meliputi pihak internal atau eksternal yang terlibat, metode penilaian, lingkup penilaian, dan frekuensi penilaian; dan
9. sistem pengendalian ketidaksesuaian, tindakan korektif, tindakan pencegahan, dan peningkatan terhadap keselamatan dan mutu.

Uraian mengenai sistem manajemen tercantum pada Peraturan Kepala BAPETEN mengenai sistem manajemen fasilitas dan kegiatan pemanfaatan tenaga nuklir.

BAB XIX. DEKOMISIONING

Bab ini merupakan ringkasan dari program dekomisioning.

Format dan isi mengenai program dekomisioning tercantum pada Peraturan Kepala 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 karakterisasi 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 limbah radioaktif;
12. kegiatan dekomisioning;
13. surveilan dan perawatan; dan
14. survei radiasi akhir.

BAB XX. KESIAPSIAGAAN DAN PENANGGULANGAN KEDARURATAN NUKLIR

Bab ini berisi ringkasan program kesiapsiagaan nuklir.

Format dan isi program kesiapsiagaan nuklir tercantum pada Peraturan Kepala BAPETEN mengenai kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan nuklir.

Bagian ini menguraikan secara singkat isi dari program kesiapsiagaan nuklir, yang meliputi:

1. pendahuluan, yang meliputi:
 - a. hasil kajian potensi bahaya radiologi yang digunakan sebagai dasar penentuan program kesiapsiagaan nuklir; dan
 - b. penetapan zona kedaruratan nuklir;
2. infrastruktur, yang meliputi:
 - a. organisasi;
 - b. koordinasi;
 - c. fasilitas dan peralatan;
 - d. prosedur penanggulangan; dan/atau
 - 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/atau
- e. pemberian informasi dan instruksi pada masyarakat.

**KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR
REPUBLIK INDONESIA,**

AS NATIO LASMAN