



**KEPUTUSAN KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR**  
**NOMOR 06-P/Ka-BAPETEN/XI-00**  
**TENTANG**  
**PEDOMAN PEMBUATAN LAPORAN ANALISIS KESELAMATAN**  
**REAKTOR PENELITIAN**

**KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR,**

Menimbang : bahwa di dalam rangka pelaksanaan perizinan pembangunan, pengoperasian dan dekomisioning reaktor nuklir perlu ditetapkan pedoman untuk pembuatan laporan analisis keselamatan;

Mengingat : 1. Undang-undang Nomor 10 Tahun 1997;  
2. Peraturan Pemerintah Nomor 63 Tahun 2000;  
3. Keputusan Presiden Nomor 166 Tahun 2000;  
4. Keputusan Kepala BAPETEN No. 05/Ka-BAPETEN/V-99;  
5. Keputusan Kepala BAPETEN No. 06/Ka-BAPETEN/V-99;  
6. Keputusan Kepala BAPETEN No. 10/Ka-BAPETEN/VI-99;

**MEMUTUSKAN :**

Menetapkan :

**PERTAMA** : PEDOMAN PEMBUATAN LAPORAN ANALISIS KESELAMATAN REAKTOR PENELITIAN, sebagaimana tersebut dalam Lampiran Keputusan ini.

**KEDUA** : Keputusan ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkannya.

Ditetapkan : di Jakarta

Pada tanggal : 22 November 2000

KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR,  
ttd.

Dr. Mohammad Ridwan, M.Sc., APU

NIP. 330000323

[jdih.bapeten.go.id](http://jdih.bapeten.go.id)

**LAMPIRAN**

**KEPUTUSAN KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR  
NOMOR 06-P/Ka-BAPETEN/XI-00  
TENTANG  
PEDOMAN PEMBUATAN LAPORAN  
ANALISIS KESELAMATAN REAKTOR PENELITIAN**

## DAFTAR ISI

|                                                                | Halaman  |
|----------------------------------------------------------------|----------|
| <b>I. PENDAHULUAN DAN URAIAN SINGKAT FASILITAS</b>             | <b>1</b> |
| A. Uraian Singkat Fasilitas                                    | 1        |
| B. Tinjauan Historis                                           | 1        |
| C. Perbandingan Dengan Fasilitas Lain                          | 1        |
| D. Identifikasi Pemilik dan Kontraktor                         | 1        |
| E. Sistem Keselamatan                                          | 1        |
| F. Program Eksperimen                                          | 2        |
| G. Daftar Gambar                                               | 2        |
| H. Bahan Acuan                                                 | 2        |
| I. Persyaratan untuk Keterangan Teknis lebih lanjut            | 2        |
| <b>II. TUJUAN KESELAMATAN DAN PERSYARATAN DESAIN TEKNIS</b>    | <b>2</b> |
| A. Tujuan Keselamatan dan Persyaratan Desain Umum              | 2        |
| B. Persyaratan Desain Khusus                                   | 3        |
| C. Klasifikasi Struktur, Komponen dan Sistem                   | 6        |
| D. Kejadian Luar                                               | 6        |
| E. Peraturan dan Standar                                       | 6        |
| F. Metode Desain Teknis                                        | 7        |
| G. Desain untuk Proteksi Kebakaran dalam Fasilitas             | 7        |
| H. Kualifikasi Komponen                                        | 7        |
| I. Kesimpulan                                                  | 7        |
| <b>III. KARAKTERISTIK TAPAK</b>                                | <b>8</b> |
| A. Uraian Umum Tapak                                           | 8        |
| B. Pengaruh Luar                                               | 9        |
| C. Geologi dan Seismologi                                      | 9        |
| D. Meteorologi                                                 | 9        |
| E. Hidrologi dan Oseanografi                                   | 9        |
| F. Fasilitas Industri, Pengangkutan, dan Militer yang terdekat | 10       |
| G. Dampak Radiologi                                            | 10       |

|                                                                  |           |
|------------------------------------------------------------------|-----------|
| H. Distribusi Penduduk                                           | 11        |
| I. Penggunaan Lahan, Air, dan Lingkungan Alami                   | 11        |
| J. Tingkat Radiologi Latar Belakang                              | 11        |
| K. Penyebaran Atmosfer Zat Radioaktif                            | 11        |
| L. Penyebaran Zat Radioaktif Melalui Air Permukaan dan Air Tanah | 12        |
| M. Mitigasi                                                      | 12        |
| N. Kesimpulan                                                    | 13        |
| <b>IV. GEDUNG DAN STRUKTUR BANGUNAN</b>                          | <b>14</b> |
| A. Gedung Reaktor                                                | 14        |
| B. Struktur Bantu/Bangunan Samping                               | 14        |
| <b>V. REAKTOR</b>                                                | <b>15</b> |
| A. Uraian Ringkas                                                | 15        |
| B. Elemen Bakar                                                  | 15        |
| C. Sistem Kendali Reaktivitas                                    | 16        |
| D. Desain Nuklir                                                 | 17        |
| E. Desain Termal dan Hidrolik                                    | 18        |
| F. Bahan Reaktor                                                 | 19        |
| <b>VI. SISTEM PENDINGIN REAKTOR DAN SISTEM YANG BERKAITAN</b>    | <b>20</b> |
| A. Sistem Pendingin Primer                                       | 20        |
| B. Sistem Pendingin Sekunder (Buangan Panas Akhir)               | 20        |
| C. Sistem Moderator                                              | 20        |
| D. Sistem Pendingin Teras Darurat                                | 21        |
| E. Sistem Pembuangan Panas Peluruhan                             | 21        |
| F. Sistem Pemurnian Primer                                       | 21        |
| G. Sistem Penambah Pendingin Primer                              | 22        |
| <b>VII. SISTEM KESELAMATAN TEKNIS</b>                            | <b>23</b> |
| <b>VIII. INSTRUMENTASI DAN KENDALI</b>                           | <b>24</b> |
| A. Sistem Proteksi Reaktor                                       | 24        |
| B. Sistem Pengatur Daya Reaktor                                  | 25        |

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| C. Sistem Alarm                                                | 25 |
| D. Sistem Saling kunci (interlock)                             | 25 |
| E. Sistem Instrumentasi lain yang Diperlukan untuk Keselamatan | 25 |
| F. Ruang Kendali                                               | 25 |
| <b>IX. DAYA LISTRIK</b>                                        | 26 |
| A. Catu Daya AC Normal                                         | 26 |
| B. Catu Daya AC Darurat                                        | 26 |
| C. Catu Daya Tak Terputus                                      | 26 |
| D. Kabel dan Jaringan                                          | 26 |
| <b>X. SISTEM BANTU</b>                                         | 27 |
| A. Penyimpanan dan Penanganan Bahan Bakar                      | 27 |
| B. Sistem Air                                                  | 27 |
| C. Sistem Bantu Proses                                         | 28 |
| D. Sistem Ventilasi, Pengkondisian, dan Pendingin Udara        | 28 |
| E. Proteksi Kebakaran                                          | 28 |
| F. Sistem Bantu Lain                                           | 28 |
| <b>XI. PEMANFAATAN REAKTOR</b>                                 | 29 |
| A. Fasilitas Eksperimen                                        | 29 |
| B. Program Eksperimen                                          | 29 |
| <b>XII. KESELAMATAN RADIOLOGI OPERASIONAL</b>                  | 30 |
| A. Program Proteksi Radiasi                                    | 30 |
| B. Sumber Radiasi pada Fasilitas                               | 33 |
| C. Desain Keselamatan Radiologi Fasilitas                      | 33 |
| D. Sistem Pengelolaan Limbah Radioaktif                        | 35 |
| E. Pengkajian Dosis Selama Operasi Normal                      | 36 |
| F. Kesimpulan                                                  | 37 |
| <b>XIII. PELAKSANAAN OPERASI</b>                               | 38 |
| A. Struktur Organisasi                                         | 38 |
| B. Kualifikasi dan Pelatihan Personil                          | 38 |

|                                              |           |
|----------------------------------------------|-----------|
| C. Penilaian dan Audit                       | 38        |
| D. Instruksi dan Prosedur Operasi            | 39        |
| E. Perawatan, Pengujian dan Inspeksi         | 39        |
| F. Pengamanan Fisik                          | 40        |
| G. Pencatatan dan Pelaporan                  | 40        |
| <b>XIV. PENGKAJIAN LINGKUNGAN</b>            | <b>41</b> |
| <b>XV. KOMISIONING</b>                       | <b>42</b> |
| A. Program Komisioning                       | 42        |
| B. Persyaratan Khusus                        | 42        |
| C. Komisioning Modifikasi                    | 42        |
| <b>XVI. ANALISIS KESELAMATAN</b>             | <b>43</b> |
| A. Pendahuluan                               | 43        |
| B. Karakteristik Reaktor                     | 44        |
| C. Pemilihan Kejadian Awal                   | 45        |
| D. Evaluasi Setiap Rentetan Kejadian         | 45        |
| E. Ringkasan                                 | 54        |
| <b>XVII. BATASAN DAN KONDISI OPERASI</b>     | <b>55</b> |
| A. Batas Keselamatan                         | 56        |
| B. Setting Sistem Keselamatan                | 56        |
| C. Kondisi Batas untuk Operasi yang Aman     | 56        |
| D. Persyaratan Pengawasan                    | 57        |
| E. Persyaratan Administrasi                  | 57        |
| <b>XVIII. JAMINAN KUALITAS</b>               | <b>58</b> |
| A. Program Jaminan Kualitas                  | 58        |
| B. Prosedur Jaminan Kualitas                 | 58        |
| C. Status Manajemen Program Jaminan Kualitas | 59        |
| <b>XIX. DEKOMISIONING</b>                    | <b>60</b> |

|                                                                     |           |
|---------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>XX. KESIAPSIAGAN DAN RENCANA KEDARURATAN</b>                     | <b>61</b> |
| A. Perencanaan Kedaruratan                                          | 61        |
| B. Prosedur Kedaruratan                                             | 62        |
| <b>ANAK LAMPIRAN I</b>                                              | <b>63</b> |
| METODA DAN PENDEKATAN ANALISA KESELAMATAN                           | 63        |
| <b>ANAK LAMPIRAN II</b>                                             | <b>73</b> |
| CONTOH PARAMETER INPUT DAN KONDISI AWAL                             | 73        |
| <b>ANAK LAMPIRAN III</b>                                            | <b>74</b> |
| CONTOH HAL-HAL YANG DIPERTIMBANGKAN DALAM URAIAN<br>TENTANG REAKTOR | 74        |
| <b>ANAK LAMPIRAN IV</b>                                             | <b>77</b> |
| JENIS SUMBER / ZAT RADIOAKTIF ATAU MEDAN RADIASI<br>PADA REAKTOR    | 77        |
| <b>DEFINISI</b>                                                     | <b>78</b> |

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN DAN URAIAN SINGKAT FASILITAS**

Bab pertama Laporan Analisis Keselamatan (LAK) harus memuat laporan pendahuluan dan informasi singkat tentang reaktor penelitian dan fasilitas terkait dengan tujuan untuk memberikan gambaran menyeluruh yang memadai tentang fasilitas tersebut.

#### **A. Uraian Singkat Fasilitas**

Bagian ini harus berisi ringkasan tentang karakteristik utama fasilitas dan tapak. Gambaran umum dan tata letak fasilitas harus diuraikan, mulai dari teras reaktor, sistem sekunder dan tersier untuk memberikan gambaran menyeluruh tentang fasilitas dan komponen-komponennya. Ciri-ciri yang penting untuk keselamatan operasi hendaknya ditunjukkan dengan jelas. Apabila fasilitas mempunyai ciri-ciri baru atau melibatkan pendekatan analisis keselamatan yang tak lazim, harus diuraikan secara garis besar.

#### **B. Tinjauan Historis**

Riwayat operasi untuk fasilitas harus dikemukakan, termasuk perubahan besar yang telah dilakukan pada fasilitas yang ada atau sedang beroperasi.

#### **C. Perbandingan dengan Fasilitas Lain**

Kemiripan dengan fasilitas lain harus dikemukakan, menyangkut kemiripan desain, kejadian keselamatan yang digunakan sebagai patokan, dan kasus historis dari fasilitas lain yang akan diacu dalam LAK.

#### **D. Identifikasi Pemilik dan Kontraktor**

Pemilik fasilitas, arsitek/perancang, kontraktor utama dan konsultan harus diidentifikasi. Uraikan pula, apabila ada pengalaman mereka sebelumnya dalam fasilitas penelitian nuklir lain.

#### **E. Sistem Keselamatan**

Bagian ini harus menyatakan secara singkat prinsip keselamatan dasar untuk desain, konstruksi dan operasi reaktor dan kriteria keselamatan nuklir. Juga harus diuraikan ciri keselamatan, komponen atau sistem keselamatan fasilitas yang digunakan dalam analisis.



#### **F. Program Eksperimen**

Bagian ini harus memberikan uraian singkat tentang program eksperimen yang akan dilakukan pada fasilitas reaktor dan fasilitas eksperimen.

#### **G. Daftar Gambar**

Bagian ini harus berisi daftar gambar yang berkaitan dengan pengaturan fasilitas dan peralatannya.

#### **H. Bahan Acuan**

Bagian ini harus berisi tabel informasi acuan yang mendukung LAK. Informasi ini dapat terdiri dari, misalnya program komputer dan laporan dari pabrik pembuat struktur, komponen reaktor dan bahan bakar.

#### **I. Persyaratan untuk Keterangan Teknis Lebih Lanjut**

Bagian ini harus mengidentifikasi ciri atau komponen keselamatan yang memerlukan keterangan teknis lebih lanjut dalam mendukung penerbitan izin tetapi belum tercantum dalam LAK.

## **BAB II**

### **TUJUAN KESELAMATAN DAN PERSYARATAN DESAIN TEKNIS**

Bab ini harus mengidentifikasi, menguraikan dan membahas tujuan keselamatan dan persyaratan desain teknis dari struktur, komponen, peralatan dan sistem yang penting untuk keselamatan.

#### **A. Tujuan Keselamatan dan Persyaratan Desain Umum**

Dalam bagian ini harus menguraikan tujuan keselamatan dan persyaratan desain umum untuk menentukan desain fasilitas reaktor dengan mempertimbangkan persyaratan-persyaratan untuk operasi normal, kejadian operasi yang diperkirakan, dan kecelakaan yang dipertimbangkan dalam desain. Tujuan keselamatan dan persyaratan desain untuk mencegah/menghindari terjadinya kecelakaan juga harus diuraikan. Upaya lain yang dapat digunakan untuk mengurangi akibat kecelakaan harus diuraikan dalam Bab yang sesuai dari LAK.

Tujuan keselamatan keseluruhan harus diberikan, yang harus disertai dengan penjelasan singkat tentang tujuan keselamatan dan persyaratan desain umum yang penting untuk disain. Tujuan dan persyaratan ini mencakup hal-hal berikut :

1. Jaminan Kualitas;
2. Standar desain rekayasa yang tinggi, dan terutama, kelonggaran desain konservatif, sistem (ciri) keselamatan teknis, penghalang terhadap pelepasan zat radioaktif, dan proteksi dari penghalang;
3. Sistem keselamatan inheren (bergantung pada prinsip fisika intrinsik);
4. Sistem keselamatan pasif (sistem pasif tidak mengubah keadaan secara aktif);
5. Sistem unik atau tak lazim atau khusus yang mungkin digunakan yang dapat mempengaruhi akibat atau kemungkinan pelepasan;
6. Sistem kerangkapan, keanekaragaman, dan kemandirian yang mungkin diterapkan dalam desain sistem keselamatan teknis;
7. Sistem gagal-aman;
8. Pertahanan berlapis yang diterapkan dalam desain;
9. Pencegahan kecelakaan;
10. Manajemen kecelakaan;
11. Praktek rekayasa teruji dan penggunaan standar yang umum diterima;
12. Pengkajian faktor manusia dan kegagalan yang saling tergantung;
13. Proteksi radiasi.

Prinsip-prinsip yang digunakan dalam desain harus menjadi perhatian utama dan bukan pada uraian tentang reaktor. Uraian singkat tentang reaktor diberikan dalam Bab V.

## **B. Persyaratan Desain Khusus**

Persyaratan desain khusus yang digunakan harus dinyatakan dalam Bab ini. Persyaratan desain khusus meliputi:

1. Persyaratan jaminan kualitas desain, termasuk ketentuan praktis yang digunakan dalam desain;
2. Pemantauan variabel dan kendali variabel reaktor dan variabel sistem didalam rentang operasinya;
3. Persyaratan integritas teras reaktor;
4. Proteksi terhadap ketidakstabilan aliran dan penurunan osilasi daya;
5. Kriteria pembagian struktur, sistem dan komponen umum yang penting untuk keselamatan diantara fasilitas-fasilitas yang ada pada tapak yang sama;
6. Pertimbangan faktor manusia dan prinsip ergonomi untuk memperkecil potensi kesalahan manusia dan mengurangi ketegangan operator;
7. Persyaratan-persyaratan untuk analisis desain dengan teknik, model atau program komputer yang berlaku;
8. Kriteria kendali reaktivitas, termasuk:
  - a. Kerangkapan kendali;
  - b. Batas reaktivitas;
  - c. Batas shutdown reaktor; dan
  - d. Ketentuan desain untuk mencegah, atau mengurangi potensi kesalahan pemuatan bahan bakar;
9. Kriteria pendingin teras, termasuk:
  - a. Persyaratan pendingin teras yang memadai untuk semua keadaan operasi dan kondisi kecelakaan; dan
  - b. Persyaratan integritas sistem pendingin dan proteksi batasan terhadap kebocoran;
10. Batas desain bahan bakar dan kriteria desain bahan bakar, termasuk:
  - a. Dasar desain bahan bakar mencakup desain mekanis, kimia dan termal;
  - b. Batas keselamatan bagi parameter desain bahan bakar;
  - c. Metode pencapaian batas keselamatan konservatif untuk bahan bakar prototipe;
  - d. Verifikasi integritas bahan bakar; dan

- e. Dasar desain untuk desain mekanis, termal dan kimia dari bahan bakar yang penting untuk keselamatan;
- 11. Kriteria desain untuk pemanfaatan reaktor, termasuk:
  - a. Proteksi radiasi untuk semua kondisi operasi;
  - b. Perawatan batas desain bahan bakar;
  - c. Persyaratan desain untuk menjamin agar setting sistem keselamatan tidak banyak berpengaruh; dan
  - d. Persyaratan kemandirian antara reaktor dengan peralatan eksperimen terpasang.
- 12. Kriteria desain sistem keselamatan dan apabila perlu:
  - a. Ketentuan sistem untuk shutdown, pendinginan bahan bakar dan pengendalian pelepasan radionuklida;
  - b. Persyaratan operasi;
  - c. Persyaratan pemisahan untuk sistem keselamatan dan fungsi pengendalian; dan
  - d. Persyaratan modus gagal-aman.
- 13. Persyaratan keandalan, termasuk:
  - a. Keandalan proses (sistem) operasi;
  - b. Target keandalan untuk sistem keselamatan;
  - c. Persyaratan kerangkaan dan ketaktersediaan sistem keselamatan;
  - d. Pemisahan untuk kemandirian atau keanekaragaman; dan
  - e. Persyaratan untuk sistem pendukung keselamatan.
- 14. Dasar desain kualifikasi peralatan untuk kejadian alam, kondisi lingkungan, proteksi kebakaran, dan bahaya luar;
- 15. Metode yang digunakan untuk perlindungan terhadap kegagalan yang saling tergantung;
- 16. Kemampuan pengawasan dan perawatan peralatan keselamatan; dan
- 17. Upaya proteksi radiasi dalam desain, meliputi:
  - a. Ciri desain untuk mengurangi penyinaran;
  - b. Pengendalian pelepasan;
  - c. Pengendalian bahan radioaktif;
  - d. Pencegahan kekritisian yang tak terduga; dan
  - e. Pemantauan daerah bahan bakar dan penyimpanan limbah.

### **C. Klasifikasi Struktur, Komponen, dan Sistem**

Bagian ini harus menyajikan suatu skema klasifikasi struktur, komponen, dan sistem yang telah dibuat untuk tujuan analisis atau desain, seperti keselamatan seismik, jaminan kualitas atau keselamatan nuklir, dasar klasifikasinya dan jenis kelas.

#### **D. Kejadian Luar**

Bagian ini harus mengemukakan kriteria desain bagi ketahanan struktur, sistem dan komponen terhadap kejadian luar. Kejadian luar ini dapat mencakup:

1. Beban angin dan badai;
2. Desain ketinggian air (banjir);
3. Proteksi missil dari sumber dalam dan luar, termasuk pesawat terbang;
4. Desain seismik, termasuk bahaya seismik dan analisis seismik; dan
5. Kebakaran dan ledakan;

Informasi tambahan tentang persyaratan tidak diberikan dalam Bab IV Keputusan Kepala BAPETEN No. 05/Ka-BAPETEN/V-99 tentang Ketentuan Keselamatan Desain Reaktor Penelitian.

#### **E. Peraturan dan Standar**

Dalam bagian ini semua peraturan dan standar yang digunakan dalam desain struktur, sistem dan komponen harus didaftar. Pembetulan terhadap penggunaannya harus diberikan, terutama yang relevan untuk keselamatan nuklir.

Apabila digunakan peraturan dan standar yang berlainan untuk aspek-aspek berbeda dari barang atau sistem yang sama, konsistensi peraturan/standard tersebut harus ditunjukkan. Bidang-bidang yang tercakup oleh peraturan dan standar adalah :

1. Desain mekanik, termasuk analisis tegangan dan mekanik keretakan;
2. Desain struktur;
3. Desain tahan gempa bumi;
4. Pemilihan bahan;
5. Inspeksi sistem, komponen dan struktur yang difabrikasi dan terpasang;
6. Desain termohidrolik dan neutronik;
7. Desain sistem instrumentasi dan pengendalian;
8. Desain listrik;
9. Perisai dan proteksi radiasi;
10. Inspeksi, pengujian dan perawatan yang berkaitan dengan desain;
11. Proteksi kebakaran;
12. Desain dan produksi bahan bakar.

Untuk struktur, komponen dan sistem yang penting untuk keselamatan yang belum mempunyai standar atau peraturan yang memadai, harus digunakan pendekatan yang diperoleh dari standar atau peraturan yang ada bagi peralatan serupa. Apabila standar atau peraturan/pedoman tersebut juga belum tersedia, dapat digunakan hasil-hasil pengalaman, pengujian, analisis atau gabungannya dan penjelasan tentang hasil-hasil tersebut harus juga diberikan.

#### **F. Metode Desain Teknis**

Metode desain dan analisis sistem dan komponen harus diuraikan disini, termasuk transien desain, program komputer yang digunakan, analisis tegangan eksperimental, dan program pengujian dinamik dan analisis sistem dan komponen mekanis. Metoda desain ini terutama harus diberikan untuk struktur, sistem dan komponen yang penting untuk keselamatan.

#### **G. Desain untuk Proteksi Kebakaran dalam Fasilitas**

Bagian ini harus membahas persyaratan desain untuk perlindungan kebakaran di fasilitas. Uraian ini harus mencakup uraian sistem pasif seperti isolasi, pemisahan, pemilihan bahan, dan tata letak serta pembagian daerah gedung, lokasi peralatan pemadam kebakaran, dan tata letak serta proteksi sistem keselamatan (termasuk pemisahan dari sistem berlapis yang berkaitan dengan keselamatan).

#### **H. Kualifikasi Komponen**

Pada bagian ini harus menguraikan dasar desain untuk kualifikasi komponen terhadap faktor-faktor lingkungan seperti vibrasi, ekspansi panas, radiasi, korosi, pengaruh dinamik, beban mekanis dan tekanan tinggi, suhu tinggi, kelembaban, air, uap, bahan kimia, suhu rendah atau vakum. Bagian ini harus menguraikan pula tentang uji kualifikasi analisis yang telah atau akan dilaksanakan.

#### **I. Kesimpulan**

Bagian ini harus berisi kesimpulan bahwa fasilitas didesain untuk memenuhi tujuan keselamatan keseluruhan dan tujuan keselamatan, serta bahwa kejadian luar, peraturan, standar dan metode desain yang sesuai telah dipertimbangkan dalam desain fasilitas, termasuk kualifikasi komponen.

### **BAB III**

#### **KARAKTERISTIK TAPAK**

Bab ini harus berisi informasi tentang karakteristik geologi, seismologi, hidrologi dan meteorologi tapak dan daerah sekitarnya, yang berkaitan dengan distribusi penduduk yang ada pada saat ini dan yang akan datang, tata guna tanah, dan kegiatan tapak serta pengawasan terhadap perencanaan yang dilakukan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh karakteristik tapak terhadap desain fasilitas dan kriteria operasi, dan untuk menunjukkan tinjauan karakteristik tapak dari segi keselamatan. Informasi tambahan tentang penentuan tapak dapat dilihat dalam Bab IV Keputusan Kepala BAPETEN No. 05/Ka-BAPETEN/V-99 tentang Ketentuan Keselamatan Desain Reaktor Penelitian.

Informasi dalam Bab ini harus diberikan secara rinci untuk menunjang analisis dan kesimpulan Bab XVI (Analisis Keselamatan) untuk membuktikan bahwa fasilitas reaktor dapat dioperasikan dengan aman pada tapak yang diusulkan. Untuk reaktor dengan daya rendah, dengan potensi bahaya yang sangat kecil, informasi dapat dikurangi.

Apabila laporan evaluasi tapak telah dibuat secara terpisah, laporan tersebut hendaknya diacu dan ringkasannya saja disajikan di dalam Bab ini.

#### **A. Uraian Umum Tapak**

Lokasi tapak fasilitas harus ditentukan dan dilengkapi dengan peta berskala memadai yang menunjukkan:

1. Daerah milik fasilitas dan batasnya;
2. Lokasi dan orientasi gedung dan peralatan utama;
3. Lokasi daerah industri, perdagangan, pendidikan, rekreasi atau pemukiman;
4. Jalan raya, jalan tol, saluran air dan jalur kereta api yang terdekat;
5. Batas kawasan yang dikendalikan oleh organisasi operasi; dan
6. Batas pelepasan efluen.

Uraian tentang kewenangan hukum pemohon yang berkaitan dengan semua kawasan yang terletak didalam daerah pengendalian yang ditentukan harus dikemukakan. Semua kegiatan yang tidak berkaitan dengan operasi fasilitas yang akan dilakukan di dalam daerah pengendalian harus diuraikan.

## **B. Pengaruh Luar**

Bagian ini harus menguraikan fenomena dan karakteristik tapak baik yang disebabkan oleh alam maupun oleh manusia, yang harus dipertimbangkan dalam mengkaji memadainya tapak untuk fasilitas reaktor penelitian.

Bagian ini harus menguraikan metode yang digunakan untuk menentukan kejadian luar yang merupakan bagian dan kejadian dasar desain untuk efek fenomena alam dan efek buatan manusia yang penting. Informasi tentang kriteria desain untuk proteksi terhadap efek ini diberikan dalam Bab II.

## **C. Geologi dan Seismologi**

Geologi tapak dan lingkungannya harus diuraikan disini secara terinci untuk mengidentifikasi efek-efek yang dapat membahayakan fasilitas reaktor penelitian.

Informasi yang digunakan untuk menetapkan dasar desain seismik, seperti frekuensi terjadinya gempa bumi ulang dan gerakan tanah, disajikan dalam bagian ini, termasuk informasi tentang :

1. Pengkajian potensi terjadinya sesar permukaan pada tapak;
2. Definisi kondisi dan sifat teknis tanah dan/atau batuan pondasi reaktor; dan
3. Pengkajian potensi terjadinya aktivitas vulkanik.

## **D. Meteorologi**

Bagian ini harus berisi uraian meteorologi tapak dan lingkungannya, termasuk kecepatan dan arah angin, suhu udara, presipitasi, kelembaban, parameter stabilitas atmosfer dan inversi yang berlanjut. Diberikan juga mengenai frekuensi musiman dan tahunan fenomena cuaca termasuk, apabila perlu, badai, topan, petir, dan angin ribut.

## **E. Hidrologi dan Oseanografi**

Bagian ini harus menguraikan mengenai hidrologi permukaan dan bawah tanah tapak dan lingkungannya, termasuk lokasi, ukuran, aliran, penggunaan air dan karakteristik sumber air minum. Lokasi dan karakteristik struktur buatan manusia harus ditunjukkan, termasuk bendungan dan kanal pengubah aliran, dan bangunan pengendali banjir.

Uraian tentang hidrologi air tanah disekitar fasilitas harus juga diberikan, termasuk karakteristik utama dari daerah air dan interaksinya dengan air permukaan, dan data tentang penggunaan air tanah dalam kawasan tersebut.

Apabila reaktor dibangun didekat pantai, harus diberikan informasi oseanografi



dan hidrografi, termasuk peta batimetri dari daerah dekat pantai di depan lokasi reaktor. Fenomena alam yang perlu dipertimbangkan dalam LAK dapat meliputi:

1. Banjir;
2. Arus, gelombang, ombak; dan
3. Fenomena yang diakibatkan seismik seperti tsunami dan kegagalan bendungan.

#### **F. Fasilitas Industri, Pengangkutan dan Militer yang terdekat**

Semua fasilitas industri, pengangkutan dan militer yang ada pada saat ini dan dimasa mendatang yang dapat membahayakan fasilitas reaktor harus diuraikan disini; sebagai contoh: pabrik bahan kimia, penyulingan minyak, fasilitas penyimpanan, penambangan dan pengambilan bahan galian, pangkalan militer, jalur transportasi (udara, darat, air), fasilitas pengangkutan (jalur kereta api, galangan, pelabuhan, bandar udara), jaringan pipa, operasi pengeboran dan sumur gas dan minyak, serta fasilitas penyimpanan bawah tanah. Potensi pengaruh merugikan yang dimiliki fasilitas-fasilitas ini terhadap gedung reaktor, misalnya tubrukan pesawat atau kecelakaan lalu lintas lainnya, harus diuraikan

Perubahan yang diperkirakan cukup berarti dalam penggunaan tanah harus dipertimbangkan, termasuk perluasan fasilitas atau kegiatan yang ada, atau pembangunan fasilitas dengan resiko tinggi.

#### **G. Dampak Radiologi**

Bagian ini harus menguraikan aspek ekologi, khususnya aspek biologi dari perpindahan zat radioaktif dan dampaknya terhadap manusia. Uraian yang terinci tentang hal ini tidak disyaratkan bagi reaktor dengan daya rendah dan yang mempunyai resiko kecil. Dalam hal ini, hanya ringkasannya saja diberikan untuk setiap judul. Jika uraian tentang dampak radiologi ini tidak diberikan, maka bagian LAK ini dapat ditiadakan.

Informasi tentang dampak radiologi harus diuraikan, yang akan digunakan dalam pengkajian dosis perorangan dan masyarakat/penduduk, dan kontaminasi rantai biologi dan rantai makanan, dengan menggunakan data buangan zat radioaktif dan perilaku/perpindahan radionuklida yang disajikan dalam bab lain. Informasi ini harus mencakup seluruh daerah yang mungkin terpengaruh, dengan mempertimbangkan karakteristik topografi, hidrologi dan meteorologi.

## **H. Distribusi Penduduk**

Distribusi penduduk disekitar fasilitas dan kawasannya, termasuk variasi musiman dan harian harus disajikan disini. Khususnya, informasi tentang distribusi penduduk saat ini dan proyeksinya disekitar fasilitas harus dikumpulkan dan dipertahankan agar tetap mutakhir selama umur fasilitas.

## **I. Penggunaan Lahan, Air dan Lingkungan Alami**

Karakteristik ekologi regional dan penggunaan air dan lahan harus diringkaskan dalam bagian ini, yang mencakup:

1. Lahan dan badan air yang menunjang kehidupan;
2. Lahan yang diperuntukkan bagi pertanian;
3. Lahan yang diperuntukkan bagi ladang atau peternakan;
4. Lahan yang diperuntukkan bagi tujuan komersial, pemukiman dan rekreasi;
5. Badan air yang digunakan untuk tambak dan olah raga mancing;
6. Badan air yang digunakan untuk tujuan komersial dan rekreasi;
7. Jalur langsung dan tak langsung kontaminasi radioaktif terhadap rantai makanan.

## **J. Tingkat Radiologi Latar Belakang**

Bagian ini harus menguraikan tentang tingkat radioaktivitas latar belakang alam dan buatan di udara, air dan tanah (termasuk bawah tanah), dan pada flora dan fauna. Jika ada instalasi nuklir lain pada tapak, diuraikan secara singkat tentang kejadian-kejadian yang menyebabkan tambahan pada tingkat radioaktivitas latar belakang pada tapak.

## **K. Penyebaran Atmosfer Zat Radioaktif**

Bagian ini harus menguraikan metode pengkajian penyebaran atmosfer zat radioaktif yang terlepas selama operasi normal dan kondisi kecelakaan pada reaktor, sesuai dengan kebijakan organisasi pengoperasi dan Badan Pengawas. Pada bagian ini juga harus jelas perkiraan penyebaran yang berdasarkan pada data meteorologi yang sebenarnya atau data konservatif dengan asumsi cuaca terburuk. Lingkup model harus mencakup ciri topografi tapak dan regional yang khusus, dan karakteristik fasilitas yang dapat mempengaruhi penyebaran atmosfer. Ketepatan dan keabsahan metode, termasuk memadainya parameter masukan, konfigurasi sumber dan topografi, harus dibahas.

Bagian ini harus menyajikan hasil-hasil perhitungan parameter difusi atmosferik

pada tapal-batas tapak dan lokasi luar-tapak, atau mengacu pada konsentrasi radionuklida di atmosfer dan perhitungan dosis yang disajikan dalam Bab XII (Keselamatan Radiologi Operasi) dan Bab XVI (Analisis Keselamatan).

#### **L. Penyebaran Zat Radioaktif Melalui Air Permukaan dan Air Tanah**

Bagian ini harus menguraikan lokasi penyebaran radionuklida yang terlepas dan yang memasuki air permukaan atau air tanah dekat fasilitas. Hasil-hasil penyelidikan hidrologi dan hidrogeologi yang digunakan untuk mengkaji, karakteristik pengenceran dan penyebaran dari badan air harus disajikan.

Metode yang digunakan untuk mengevaluasi kemungkinan dampak kontaminasi air permukaan dan air tanah terhadap penduduk harus diuraikan. Bila perlu, hasil perhitungan dosis luar tapak harus diberikan dan acuan terhadap perhitungan tersebut harus dibuat dalam Bab XII (Keselamatan Radiologi Operasi) dan Bab XVI (Analisis Keselamatan).

#### **M. Mitigasi**

Bagian ini harus membahas hasil-hasil penelitian yang dilakukan untuk mengkaji keperluan akan, atau cakupan dari, upaya mitigasi seperti manajemen kecelakaan atau upaya kedaruratan yang mungkin diperlukan pada saat terjadi kecelakaan pada fasilitas, sesuai dengan kebijakan Badan Pengawas. Jika perlu harus dibuat acuan dalam Bab XVI (Analisis Keselamatan) dan Bab XX (Perencanaan dan Penanggulangan Kedaruratan) untuk menunjang evaluasi tersebut.

Bagian ini hendaknya mempertimbangkan:

1. Distribusi penduduk dan proyeksi perubahan penduduk di kawasan sekitar fasilitas;
2. Penggunaan lahan dan air saat ini dan proyeksinya di kawasan itu;
3. Potensi bentuk sumber radioaktif, dan dosis penduduk dari medan radiasi langsung dan dari lintasan udara/air;
4. Potensi kontaminasi dari rantai makanan;
5. Potensi dosis terhadap personil tapak;
6. Keperluan untuk mengendalikan kegiatan yang tidak berkaitan dengan operasi fasilitas dalam daerah pengendalian atau mengevakuasi orang-orang yang terlibat dalam kegiatan ini;
7. Kemampuan instansi berwenang terkait untuk melaksanakan upaya kedaruratan yang diperlukan; dan

8. Kelayakan rencana kedaruratan dengan mempertimbangkan distribusi penduduk, batas nasional dan internasional, kelompok khusus (misalnya rumah sakit), ciri geografi khusus (misalnya kepulauan), fasilitas komunikasi dan pengangkutan.

## **N. Kesimpulan**

Bagian ini harus berisi kesimpulan tentang penerimaan tapak untuk reaktor penelitian, setelah diputuskan pertimbangan-pertimbangan tertentu. Jika analisis lebih lanjut diperlukan untuk mendukung kesimpulan tersebut, karakteristik tapak harus diidentifikasi dan hendaknya diacu Bab-bab LAK lain yang sesuai. Dalam hal ini harus dinyatakan pula bahwa resiko radiasi terhadap penduduk pada kondisi kecelakaan termasuk pelaksanaan upaya mitigasi, adalah cukup rendah dan sesuai dengan persyaratan yang berlaku.

## **BAB IV**

### **GEDUNG DAN STRUKTUR BANGUNAN**

#### **A. Gedung Reaktor**

Bagian ini harus berisi uraian tentang gedung reaktor dan bangunan internal (seperti kolam dan bangunan bagian dalam reaktor, struktur pendukung, katrol, sistem ventilasi), terutama gedung/bangunan yang berfungsi untuk mengurangi tingkat radiasi dari fasilitas dalam dan diluar tapak selama semua status operasi. Informasi tentang persyaratan-persyaratan bagi gedung reaktor terdapat dalam Bab VI Keputusan Kepala BAPETEN No. 05/Ka-BAPETEN/V-99 tentang Ketentuan Keselamatan Desain Reaktor Penelitian.

Uraian tersebut diatas harus meliputi dasar desain gedung reaktor dan bangunan internal, termasuk dasar desain penetrasi gedung (pintu kedap udara, jendela, dan lain-lain) yang dapat bertahan terhadap kejadian dalam dan luar.

Desain dan operasi sistem ventilasi, termasuk persyaratan pengungkung, harus diuraikan. Jika perlu, dilakukan pemisahan antara sistem yang digunakan selama operasi normal dan sistem yang digunakan untuk keadaan darurat. Efisiensi spesifik dari filter udara dan sistem perangkat yodium harus diberikan.

Desain dan operasi subsistem gedung reaktor, seperti sistem yang digunakan untuk mengendalikan pelepasan hasil belahan harus diuraikan dan juga harus diuraikan mengenai desain dan operasi katrol atau alat pengangkat lainnya.

Uraian yang disyaratkan di atas harus didukung oleh gambar, termasuk diagram alir dan instrumentasi.

Batasan yang diizinkan dan persyaratan pengujian dan inspeksi untuk subsistem di atas harus diuraikan, terutama yang digunakan untuk menjamin kekedapan/laju kebocoran.

#### **B. Struktur Bantu/Bangunan Samping**

Bagian ini harus berisi uraian tentang gedung dan struktur bantu yang penting untuk keselamatan.

## **BAB V**

### **REAKTOR**

Bab ini harus berisi semua informasi yang diperlukan untuk membuktikan bahwa reaktor mampu memenuhi fungsi keselamatannya. Fungsi keselamatan ini adalah:

- a. Shutdown reaktor dan mempertahankannya pada kondisi yang aman untuk semua status operasi dan kondisi kecelakaan;
- b. Ketersediaan sistem pembuangan panas sisa dari teras setelah reaktor padam, termasuk kondisi kecelakaan;
- c. Pengungkungan zat radioaktif untuk membatasi pelepasannya ke lingkungan.

Bab ini harus berisi informasi tentang status operasi, yang merupakan bagian analisis keselamatan. Akibat dari kegagalan dan kecelakaan dibahas secara tersendiri dalam Bab XVI (Analisis Keselamatan).

#### **A. Uraian Ringkas**

Bab V harus berisi ringkasan mengenai karakteristik fungsi, teknis dan operasi dari reaktor. Gambar, diagram alir dan tabel hendaknya diberikan sebagai gambaran yang lebih jelas dan mendukung informasi. Anak Lampiran IV berisi hal-hal yang hendaknya dipertimbangkan dalam uraian tersebut. Uraian tersebut harus mengidentifikasi fungsi keselamatan yang saling tergantung dan terkait antara komponen-komponen utama reaktor.

#### **B. Elemen Bakar**

Informasi dasar tentang desain elemen bakar dan sifat-sifat elemen bakar harus terdiri dari :

1. Bahan bakar, pengayaan, komposisi dan sifat metalurgi (oksida, paduan logam, dan lain-lain);
2. Bahan-bahan dari (jenis, komposisi, dan lain-lain) bagian lain dari elemen bakar, seperti kelongsong, penjarak (*spacer*), penyambung (*fitting*) dan racun dapat bakar;
3. Geometri, dimensi, toleransi elemen bakar, dan lain-lain (disertai dengan gambar-gambar);
4. Sifat-sifat bahan yang diperlukan untuk analisis;
5. Suhu maksimum elemen bakar nuklir tanpa terjadi deformasi (akibat terbentuknya pelepuhan atau pelunakan mekanis);
6. Instrumentasi elemen bakar, bila perlu.

Analisis yang menunjukkan ketahanan elemen bakar nuklir terhadap panas selama operasi normal harus dilakukan. Analisis ini harus dilakukan tidak hanya pada teras reaktor tetapi juga pada saat penyimpanan, penanganan dan pengangkutan.

Analisis ketahanan elemen bakar nuklir terhadap beban mekanis (gaya hidrolik, efek pemuaian panas yang berbeda, dan lain-lain), tanpa merusak integritas mekanis atau terjadi deformasi yang tidak dikehendaki harus dilakukan. Akibat yang dapat diperkirakan dari beban mekanis tersebut harus dikuantifikasi.

Analisis ketahanan kelongsong elemen bakar nuklir terhadap bahan kimia selama penggunaan dan penyimpanannya, dengan mempertimbangkan pengaruh suhu dan iradiasi harus dilakukan.

Analisis yang menunjukkan bahwa kondisi iradiasi dan batasan (rapat fisi, fisi total pada akhir operasi, dan lain-lain) dapat diterima dan tidak akan mengakibatkan deformasi yang tidak dikehendaki atau pemuaian komponen yang mungkin mengandung bahan fisi harus dilakukan. Batasan deformasi yang diperkirakan (yang dinyatakan sebagai lebar saluran pendingin minimum) harus diberikan untuk analisis keselamatan panas.

Analisis dan informasi ini hendaknya didukung dengan laporan tentang pengukuran eksperimen dan iradiasi, dan harus mencakup seluruh daur elemen bakar (penyimpanan, pengangkutan, dan lain-lain).

### **C. Sistem Kendali Reaktivitas**

Informasi yang menunjukkan bahwa mekanisme kendali reaktivitas dan sistem kendalinya (*drive system*) dapat memenuhi fungsi keselamatan selama operasi harus diberikan. Fungsi keselamatan teknis (seperti kemampuan penyisipan) harus juga dimasukkan; sedangkan aspek-aspek reaktivitas lainnya harus diberikan dalam Bab V sub D (Desain Nuklir); dan penggabungan instrumentasi sistem proteksi dan sistem pengatur daya diberikan dalam Bab VIII (Instrumentasi dan Kendali).

Informasi dasar desain mekanisme kendali reaktivitas dan sistem kendali (*drive system*), termasuk bahan, aspek kerangkapan dan keanekaragaman, karakteristik unjuk kerja yang diharapkan (seperti kecepatan elemen kendali dan waktu penyisipan), ciri gagal-aman, dan lain-lain harus diberikan.

Analisis sistem kendali reaktivitas untuk semua status operasi reaktor dan kemampuan pemadaman reaktor untuk kondisi kecelakaan yang diperkirakan, termasuk kegagalan sistem kendali itu sendiri harus dilakukan.

#### D. Desain Nuklir

Pada bagian ini harus diberikan analisis yang menunjukkan bahwa kondisi nuklir dalam teras reaktor dapat diterima selama daur teras yang direncanakan. Analisis tersebut harus mencakup keadaan tunak (*steady state*), karakteristik dinamik nuklir dan panas dari reaktor penelitian.

Informasi dasar tentang desain nuklir mencakup :

1. Konfigurasi dan komposisi teras, seperti jenis dan pola pemuatan elemen bakar yang diperkirakan, elemen kendali dan komponen-komponen lain yang mempengaruhi sifat-sifat nuklir teras. Apabila konfigurasi teras reaktor penelitian akan berubah dengan berubahnya percobaan yang dilakukan dan persyaratan eksperimen, analisis tersebut dapat menggunakan konfigurasi teras standar yang mempunyai sifat-sifat konservatif yang berkaitan dengan semua konfigurasi teras lainnya. Penjelasan tentang strategi penggantian elemen bakar yang dikehendaki harus melengkapi informasi tersebut. Informasi ini hendaknya didukung oleh gambar-gambar;
2. Distribusi fluks neutron horizontal dan vertikal dalam teras untuk energi neutron termal dan cepat;
3. Karakteristik reaktivitas teras, seperti faktor multiplikasi tak-hingga dan efektif, keefektifan dan posisi elemen kendali yang diperkirakan selama umur teras, kapasitas pemadaman minimum, sifat-sifat umpan balik reaktivitas yang berkaitan dengan suhu, gelembung (*void*), dan lain-lain, serta nilai reaktivitas dari masing-masing komponen teras (elemen bakar, elemen kendali peralatan iradiasi, dan lain-lain).

Informasi dasar tersebut harus didukung oleh acuan berupa metode, program perhitungan dan validasinya, verifikasi percobaan data masukan dasar, atau informasi lain yang dapat menunjang keabsahan sifat-sifat nuklir, dengan rinciannya diberikan pada bagian ini.

Pada bagian ini harus diberikan pula analisis yang menunjukkan bahwa keefektifan, kecepatan tindakan dan kelonggaran keselamatan dari sistem pemadam reaktor dapat diterima dan bahwa kegagalan tunggal dalam sistem pemadam tidak akan menghalangi sistem tersebut dalam melaksanakan fungsi keselamatannya bila diperlukan. Kelonggaran keselamatan yang memadai harus disediakan sedemikian sehingga reaktor dapat dibuat dan dipertahankan subkritis selama semua status operasi dan keadaan kecelakaan.



## E. Desain Termal dan Hidrolik

Dalam bagian ini hendaknya diberikan informasi untuk membuktikan bahwa, selama status operasi tersedia kemampuan pendinginan teras yang memadai untuk mempertahankan bahan bakar reaktor agar berada dalam kondisi termal yang aman, dan bahwa kelonggaran keselamatan yang memadai akan disediakan untuk mencegah atau membatasi kerusakan bahan bakar selama kondisi kecelakaan.

Informasi dasar tentang desain termal dan hidrolik teras harus mencakup:

1. Semua karakteristik hidrolik yang berkaitan dengan keselamatan dari masing-masing komponen teras dan teras secara keseluruhan (seperti aliran pendingin, *heat transfer*, kecepatan pendingin rata-rata dan setempat, dan tekanan pendingin, bila perlu) untuk status operasi selama pendinginan konveksi paksa dan konveksi alam;
2. Distribusi daya disemua komponen teras yang mungkin mengandung zat dapat belah, yang diperoleh dari karakteristik desain nuklir yang diberikan dalam Bab V sub D.

Informasi diatas harus didukung dengan acuan berupa analisis, pengukuran eksperimen, metode dan program perhitungan, spesifikasi fabrikasi, sehingga melengkapi pengkajian kuantitatif tentang ketidakpastian setiap parameter keselamatan.

Dilengkapi pula dengan analisis yang membuktikan bahwa beban panas maksimum pada bahan bakar dalam reaktor selama status operasi tidak melebihi kapasitas pendinginan yang tersedia, baik dengan konveksi paksa atau konveksi alam. Kriteria pembatasan terhadap analisis ini dapat dikaitkan dengan pendidihan inti, ketidakstabilan aliran, olakan masuk (inlet), penyimpangan dari pendidihan inti, dan lain-lain (tergantung pada jenis reaktor dan kondisi operasi), dan harus diverifikasi dan dikualifikasi.

Analisis tersebut harus mengarah pada penentuan kelonggaran keselamatan termal untuk teras, baik untuk kondisi "perkiraan terbaik" (berdasarkan pada kondisi nominal termohidrolik) maupun untuk kondisi konservatif (dengan memperhitungkan ketidakpastian harga seperti tersebut diatas).

Pengkajian diatas harus mempertimbangkan perubahan parameter-parameter keselamatan yang sesuai, yang mungkin disebabkan oleh deformasi mekanis, pembengkakan (*dwelling*) iradiasi, dan lain-lain, seperti tercantum dalam Bab V sub B (Bahan Bakar).

## F. Bahan Reaktor

Pada bagian ini harus diberikan informasi yang menunjukkan bahwa, semua bahan yang telah dipilih untuk pembuatan komponen dan struktur keselamatan dapat bertahan terhadap lingkungan nuklir dan kimiawi yang dideritanya, tanpa merusak unjuk kerja fungsi keselamatan komponen dan struktur yang tidak dapat diterima. Efek penuaan akibat menurunnya sifat-sifat maupun kerusakan iradiasi harus dimasukkan.

Hal-hal yang harus dipertimbangkan mencakup :

1. Struktur pemegang dan dudukan teras;
2. Bagian dalam reaktor yang relevan untuk keselamatan seperti pengaruh mekanisme kendali reaktivitas;
3. Tangki reaktor dan komponen relevan terkait yang membentuk penghalang pengungkung pendingin primer; dan
4. Struktur dudukan (sub pot) tangki reaktor, instrumentasi keselamatan, fasilitas iradiasi, tabung berkas, dan lain-lain.

Informasi diatas dapat diberikan dalam bentuk daftar semua bahan yang sesuai, spesifikasi keselamatannya dan nilai konservatif yang diperkirakan dari sifat-sifat penting bahan pada akhir pemakaiannya.

Informasi itu harus divalidasi dengan mengacu pada pengukuran eksperimen dan pengalaman. Jika validasi tersebut tidak dapat diberikan, program pengawasan bahan (pengujian dan inspeksi berkala), yang dilakukan untuk memverifikasi sifat-sifat penting bahan harus diuraikan.

## **BAB VI**

### **SISTEM PENDINGIN REAKTOR DAN SISTEM YANG BERKAITAN**

Dalam Bab ini harus diberikan uraian tentang sistem pendingin reaktor yang memindahkan panas dari reaktor ke sistem buangan panas akhir. Uraian tersebut harus berisi karakteristik desain utama dan karakteristik unjuk kerja dan didukung oleh diagram alir skematik dan gambar elevasi sistem pendingin.

#### **A. Sistem Pendingin Primer**

Desain dan operasi sistem pendingin primer harus diuraikan secara terinci. Karakteristik desain dan unjuk kerja dari komponen-komponen utama (pompa, katup, penukar panas, pipa) hendaknya disusun dalam bentuk tabel. Diagram alir dan instrumentasi hendaknya disajikan, termasuk gambar-gambar komponen utama. Bahan komponen dan efek iradiasi pada bahan ini harus dicantumkan. Bejana tekan dan juga faktor-faktor yang dihasilkan dari kondisi operasi, seperti korosi, fatig (kerapuhan), dan tegangan panas siklus harus diuraikan.

Metode yang digunakan untuk deteksi kebocoran dan upaya untuk membatasi kehilangan pendingin primer harus diuraikan. Potensi akibat kehilangan pendingin primer harus dibahas.

Data kimia pendingin primer harus disajikan, termasuk efek iradiasi terhadap pendingin primer.

#### **B. Sistem Pendingin Sekunder (Sistem Buangan Panas Akhir)**

Desain dan operasi sistem pendingin sekunder harus diuraikan secara terinci. Karakteristik desain dan unjuk kerja dari komponen-komponen utama (pompa, katup, penukar panas, menara pendingin, pipa) harus disusun dalam bentuk tabel. Diagram alir dan instrumentasi harus disajikan, termasuk gambar-gambar komponen utama. Bahan komponen dan upaya pengendalian korosi harus dicantumkan.

Jika reaktor menggunakan sistem pendingin tertutup antara sistem pendingin primer dan sekunder, sistem ini juga harus diuraikan.

#### **C. Sistem Moderator**

Desain dan operasi sistem moderator harus diuraikan secara terinci. Perhitungan panas yang dihasilkan dalam moderator harus disajikan. Karakteristik desain dan unjuk kerja komponen-komponen utama dari sistem pendingin moderator

harus disusun dalam bentuk tabel. Diagram alir dan instrumentasi dari sistem tersebut harus disajikan, termasuk gambar-gambar komponen utama. Bahan komponen harus dicantumkan; efek korosi dan iradiasi terhadap komponen tersebut harus dibahas dan juga penuaan bahan.

#### **D. Sistem Pendingin Teras Darurat**

Desain dan operasi Sistem Pendingin Teras Darurat (SPTD) harus diuraikan secara terinci. Kecelakaan yang mungkin terjadi pada sistem ini harus diuraikan, dan harus diberikan analisis yang menunjukkan bahwa SPTD telah memenuhi persyaratan. Karakteristik desain dan unjuk kerja dari komponen-komponen utama harus disusun dalam bentuk tabel. Diagram alir dan instrumentasi harus disajikan, termasuk gambar-gambar komponen utama. Bahan komponen hendaknya dicantumkan, dan juga harus dibahas efek iradiasi, termasuk efek-efek lingkungan lainnya. Prosedur inspeksi dan pengujian terhadap SPTD harus diuraikan.

#### **E. Sistem Pembuangan Panas Peluruhan**

Desain dan operasi sistem pembuangan panas peluruhan, termasuk buangan panas akhir, harus diuraikan secara rinci. Karakteristik desain dan unjuk kerja dari komponen-komponen utama hendaknya disusun dalam bentuk tabel. Diagram alir dan instrumentasi hendaknya disajikan, termasuk gambar-gambar komponen utama. Bahan komponen harus dicantumkan; efek iradiasi, dan korosi harus dibahas, termasuk kondisi lingkungan yang kurang baik (*unfavorable*) untuk sistem buangan panas akhir.

#### **F. Sistem Pemurnian Primer**

Desain dan operasi sistem pemurnian primer harus diuraikan secara terinci, termasuk prosedur penggantian resin dan perisai radiasi yang digunakan untuk melindungi personil selama penggantian resin ini. Uraian tentang hal ini dapat dikemukakan dalam sub bab ini, atau diacu dari Bab X (Sistem Bantu).

Karakteristik desain dan unjuk kerja dari komponen-komponen utama (pompa, katup, filter, resin, pipa) disusun dalam bentuk tabel. Disajikan diagram alir dan instrumentasi, termasuk gambar-gambar komponen utama. Bahan komponen dicantumkan. Diuraikan sistem atau metoda untuk pemantauan unjuk kerja dan untuk memperbaharui kemampuan sistem untuk memurnikan pendingin.

### **G. Sistem Penambah Pendingin Primer**

Desain dan operasi sistem penambah pendingin primer dapat diuraikan disini, atau diacu dari Bab X (Sistem Bantu). Data kimia pendingin yang sesuai harus disajikan, termasuk rincian tentang penanganan air baru serta proses pengambilan gas dan demineralisasi. Metoda untuk mengendalikan sifat kimia air penambah (*make up*) dan metoda desain yang menjamin bahwa pendingin primer tidak akan memasuki sistem air minum/PAM harus dibahas.

## **BAB VII**

### **SISTEM KESELAMATAN TEKNIS**

Bab ini harus mengidentifikasi dan memberikan ringkasan tentang jenis, lokasi dan fungsi Sistem Keselamatan Teknis (SKT) yang ada di fasilitas reaktor penelitian. Contoh-contoh SKT adalah sistem pendingin teras darurat dan sistem pengungkung. Persyaratan untuk sistem ini dan sistem penunjangnya diberikan dalam Keputusan Kepala BAPETEN No. 05/Ka-BAPETEN/V-99 tentang Ketentuan Keselamatan Desain Reaktor Penelitian.

Dasar desain dan berbagai status operasi SKT harus dibahas secara terinci. Kecelakaan-kecelakaan yang dapat diatasi oleh sistem ini harus disajikan dan analisis yang menunjukkan bahwa SKT memenuhi persyaratan harus dibahas. Subsystem-subsystem yang penting untuk menunjang operasi SKT harus diuraikan (misalnya catu daya tak-terputus untuk sistem pendingin teras darurat). SKT yang bersifat otomatis dan manual harus ditunjukkan dengan jelas.

Informasi tentang SKT harus diberikan khususnya mengenai :

1. Keandalan komponen, saling ketergantungan sistem, kerangkapan, keanekaragaman dari karakteristik gagal-aman dan pemisahan fisik dari sistem rangkap;
2. Bukti bahwa bahan yang digunakan dapat bertahan terhadap kondisi kecelakaan yang diperkirakan (tingkat radiasi, dekomposisi radiolitik, dan lain-lain);
3. Ketentuan untuk pengujian, inspeksi dan pengawasan (termasuk kegiatan yang dilaksanakan pada simulasi kondisi kecelakaan) untuk menjamin agar sistem keselamatan akan terpelihara dan efektif pada saat dibutuhkan.

Acuan harus dilakukan terhadap Bab-bab LAK yang relevan atau ke dokumen lain apabila SKT akan diuraikan lebih lanjut.

## **BAB VIII**

### **INSTRUMENTASI DAN KENDALI**

Bab ini harus berisi informasi tentang sistem Instrumentasi dan Kendali (I & K) dari semua sistem keselamatan dan barang atau sistem yang berkaitan dengan keselamatan. Informasi tersebut harus ditekankan pada instrumen dan peralatan terkait yang mempengaruhi keselamatan reaktor. Persyaratan untuk I & K dibahas dalam Bab VI Keputusan Kepala BAPETEN No. 05/Ka-BAPETEN/V-99 tentang Ketentuan Keselamatan Desain Reaktor Penelitian.

Semua I & K dan sistem pendukungnya (dengan penekanan pada sistem keselamatan dan sistem yang terkait dengan keselamatan), termasuk alarm, sistem komunikasi dan instrumentasi peraga, harus didaftar, dan pertimbangan kesalahan instrumentasi harus dimasukkan. Diagram skematik yang memadai juga harus diberikan.

Informasi tentang ketentuan-ketentuan untuk pengujian sistem I & K juga harus dikemukakan.

#### **A. Sistem Proteksi Reaktor**

Persyaratan-persyaratan untuk sistem proteksi reaktor dibahas dalam Bab VI Keputusan Kepala BAPETEN No. 05/Ka-BAPETEN/V-99 tentang Ketentuan Keselamatan Desain Reaktor Penelitian. Sistem proteksi reaktor, termasuk komponennya, harus dibahas secara terinci. Diagram skematik harus menunjukkan bagaimana parameter memulai tindakan proteksi yang diperoleh dari variabel proses, yang terpantau seperti fluks neutron, suhu dan aliran, dan perpaduan parameter-parameter ini secara harmonis.

Memadainya sistem proteksi untuk memadamkan reaktor secara aman (misalnya dengan menyediakan sistem rangkap) dan membawa reaktor ke kondisi yang aman harus diuraikan. Analisis keandalan sistem proteksi harus juga disajikan.

Untuk sistem proteksi digital yang berbentuk komputer, verifikasi dan validasi perangkat lunaknya harus dikemukakan.

Cara-cara untuk mendeteksi kegagalan di dalam sistem proteksi reaktor harus diuraikan.

Bagian ini harus menguraikan pula metode yang digunakan untuk mencegah kondisi lingkungan yang merugikan (suhu, kelembaban, tegangan tinggi, medan elektromagnetik, dan lain-lain) yang dapat mempengaruhi sistem proteksi reaktor, dan metode perlindungan terhadap kegagalan sistem.

## **B. Sistem Pengatur Daya Reaktor**

Semua elemen sistem pengatur daya reaktor harus diuraikan (kriteria desain dan analisis keandalan). Semua antarmuka antara sistem pengatur daya dan sistem proteksi reaktor hendaknya diidentifikasi dan dianalisis untuk meyakinkan bahwa sistem tersebut tidak mengakibatkan degradasi keselamatan.

## **C. Sistem Alarm**

Sistem alarm yang mengindikasikan status abnormal fasilitas dan kegagalan didalam sistem keselamatan harus diuraikan.

## **D. Sistem Saling kunci (*interlock*)**

Semua sistem saling kunci yang disediakan untuk keselamatan reaktor dan logik yang relevan harus didaftar dan diuraikan.

## **E. Sistem Instrumentasi lain yang diperlukan untuk Keselamatan**

Semua sistem instrumentasi lain yang diperlukan untuk keselamatan (misalnya instrumentasi proteksi kebakaran) harus diuraikan.

## **F. Ruang Kendali**

Bagian ini harus berisi uraian tentang sistem instrumentasi yang terdapat dalam ruang kendali reaktor untuk menunjukkan status sistem proteksi, sistem pengatur daya reaktor dan sistem penting lainnya.

Harus dibahas pula tersedianya cukup informasi dan metoda yang memadai didalam ruang kendali untuk memudahkan operator melakukan tindakan keselamatan yang perlu.

Tindakan pengendalian dalam keadaan darurat, termasuk tindakan yang dilakukan didalam ruang kendali darurat, harus dibahas.



## **BAB IX**

### **DAYA LISTRIK**

Dalam Bab ini harus diuraikan catu daya AC dan DC, dengan memperhatikan pada ketergantungan dan keterkaitan dengan keselamatan. Uraian tersebut harus dilengkapi dengan diagram yang memadai. Keterkaitan masing-masing kelas catu daya harus ditunjukkan.

#### **A. Catu Daya AC Normal**

Bagian ini harus menguraikan catu daya AC normal, yang ditekankan pada karakteristik desain dan unjuk kerjanya.

#### **B. Catu Daya AC Darurat**

Bagian ini harus menguraikan desain dan operasi catu daya darurat, dengan penekanan pada hubungan dengan catu daya normal.

Uraian diatas harus mencakup:

1. Keandalan sistem;
2. Persyaratan beban awal (start) dari peralatan yang dicatu oleh sistem;
3. Waktu start sistem dan waktu yang diperlukan untuk menghubungkan beban;
4. Metode start (otomatis/manual).

#### **C. Catu Daya Tak Terputus**

Desain dan operasi catu daya tak-terputus AC dan DC, termasuk hubungan ke catu daya darurat, harus diuraikan. Kapasitas sumber daya harus dispesifikasikan dan dibandingkan dengan persyaratan beban yang berkaitan dengan keselamatan.

#### **D. Kabel dan Jaringan**

Informasi tentang jenis kabel yang digunakan harus diberikan. Ketersediaan upaya pemisahan kabel-kabel dengan mempertahankan kerangkapan, mencegah kesimpangsiuran dan memberikan proteksi kebakaran harus ditunjukkan.

## **BAB X**

### **SISTEM BANTU**

Bab ini harus memberikan informasi tentang sistem bantu yang ada di fasilitas. Uraian masing-masing sistem, dasar desain sistem dan komponen-komponen kritis, evaluasi keselamatan yang menunjukkan pemenuhan sistem terhadap persyaratan dasar desain, pengujian dan inspeksi yang dilaksanakan untuk membuktikan kemampuan dan keandalan sistem, serta instrumentasi dan kendali yang diperlukan harus diberikan. Dalam hal sistem bantu tidak berkaitan dengan perlindungan masyarakat terhadap penyinaran radiasi, informasi yang memadai harus diberikan untuk dapat memahami desain dan fungsi sistem bantu. Harus juga diperhatikan aspek-aspek yang mungkin mempengaruhi reaktor dan ciri keselamatannya atau yang dapat berkontribusi terhadap tingkat radioaktivitas di dalam fasilitas.

#### **A. Penyimpanan dan Penanganan Bahan Bakar**

Bagian ini harus menguraikan sistem penyimpanan bahan bakar baru dan bahan bakar bekas, sistem pendinginan dan pembersihan kolam bahan bakar (jika ada), dan sistem penanganan dan pendinginan bahan bakar pada saat ia dipindahkan di dalam fasilitas. Jumlah bahan bakar yang disimpan dan metoda untuk mempertahankan dalam kondisi subkritis, walaupun dalam kondisi seismik yang berbahaya harus diuraikan.

Penanganan dan penyimpanan bahan bakar baru, termasuk peralatan dan sistem yang digunakan, harus diuraikan. Uraian singkat tentang prosedur penanganan bahan bakar harus juga diberikan.

Informasi tentang pengelolaan bahan bakar teriradiasi harus diberikan, termasuk aktivitas, laju peluruhan, frekuensi pemuatan-ulang bahan bakar dan persyaratan penyimpanan.

#### **B. Sistem Air**

Semua sistem air fasilitas yang belum diuraikan dalam bab-bab sebelumnya harus dibahas disini. Pembahasan ini mencakup sistem pemurnian primer, sistem air layanan, sistem pendingin bantu reaktor dan sistem penambah pendingin primer. Untuk masing-masing sistem, informasi yang diberikan harus meliputi dasar desain, uraian sistem, diagram alir dan instrumentasi, evaluasi keselamatan, persyaratan pengujian dan inspeksi, serta persyaratan instrumentasi.

### **C. Sistem Bantu Proses**

Semua sistem bantu yang berkaitan dengan sistem proses reaktor dan fasilitas eksperimen, seperti udara bertekanan, pencuplik proses dan peralatan serta sistem drainase lantai, harus dibahas disini. Pembahasan harus mencakup dasar desain, uraian sistem, evaluasi keselamatan, persyaratan pengujian dan inspeksi, serta persyaratan instrumentasi.

### **D. Sistem Ventilasi, Pengkondisian, dan Pendingin Udara**

Sistem ventilasi untuk semua daerah kecuali gedung reaktor (lihat Bab IV) harus dibahas. Uraian singkat sistem harus juga diberikan.

### **E. Proteksi Kebakaran**

Uraian dan analisis keselamatan dari sistem proteksi kebakaran harus diberikan disini, termasuk informasi tentang prosedur dan kegiatan perawatan. Acuan dapat dilakukan pula terhadap metode desain (Bab II).

### **F. Sistem Bantu Lain**

Dalam bagian ini dasar desain, uraian sistem dan analisis keselamatan untuk sistem bantu lain yang penting bagi keselamatan harus diberikan.

## **BAB XI**

### **PEMANFAATAN REAKTOR**

Bab ini harus berisi informasi yang menunjukkan bahwa telah disediakan peralatan yang memadai agar fasilitas eksperimen maupun eksperimen tidak akan mengakibatkan resiko yang berarti terhadap fasilitas, personil dan masyarakat umum. Petunjuk tambahan tentang hal ini dapat dilihat dalam Keputusan Kepala BAPETEN No. 05/Ka-BAPETEN/V-99 tentang Ketentuan Keselamatan Desain Reaktor Penelitian dan Keputusan Kepala BAPETEN No. 10/Ka-BAPETEN/V-99 tentang Ketentuan Keselamatan Operasi Reaktor Penelitian.

#### **A. Fasilitas Eksperimen**

Bagian ini harus berisi uraian tentang dasar desain dan uraian desain, juga analisis keselamatan untuk semua fasilitas eksperimen yang berkaitan langsung atau tidak langsung dengan reaktor. Fasilitas tersebut dapat meliputi tabung berkas, kolom termal, fasilitas moderator atau fasilitas dalam-teras, lubang-bor, kalang eksperimen, dan lain-lain.

Metode penilaian dan persetujuan terhadap fasilitas eksperimen baru, termasuk prosedur administrasi dan pengendalian yang akan dilakukan, harus diuraikan. Harus juga diperhatikan metode yang akan diterapkan untuk menilai dan menyetujui fasilitas eksperimen baru yang berada di luar lingkup fasilitas yang dibahas dalam LAK.

#### **B. Program Eksperimen**

Bagian ini harus menguraikan rencana eksperimen yang menggunakan reaktor, termasuk batasan dan kondisi operasi untuk eksperimen tersebut.

Bahan-bahan yang tidak diperkenankan untuk digunakan dalam eksperimen didekat atau didalam teras reaktor harus dicantumkan, termasuk bahan yang hanya dapat digunakan dengan kondisi keselamatan tambahan.

## **BAB XII**

### **KESELAMATAN RADIOLOGI OPERASIONAL**

Bab ini harus menguraikan hal-hal berikut untuk kondisi operasi normal :

1. Program proteksi radiasi, termasuk kebijakan proteksi radiasi dari organisasi pengoperasi;
2. Sumber-sumber radiasi pada fasilitas;
3. Desain fasilitas untuk keselamatan radiologi;
4. Sistem pengelolaan limbah;
5. Pengkajian dosis untuk operasi normal;
6. Kesimpulan.

Perkiraan penyinaran radiasi terhadap personil dan masyarakat umum dalam kondisi kecelakaan harus dianalisis dalam Bab XVI (Analisis Keselamatan). Penyinaran dari peristiwa operasi yang diperkirakan harus berada di dalam lingkup analisis kecelakaan, dan oleh karenanya, juga harus diuraikan dalam Bab XVI. Rencana kedaruratan radiologi diuraikan dalam Bab XX (Kesiapsiagaan dan Rencana Kedaruratan), dan pengelolaan bahan bakar teriradiasi harus diuraikan dalam Bab X (Sistem Bantu).

#### **A. Program Proteksi Radiasi**

1. Kebijakan Proteksi Radiasi dari Organisasi Pengoperasi

Pernyataan kebijakan ini harus mendukung tujuan proteksi radiasi seperti tercantum dalam Bab II Keputusan Kepala BAPETEN No. 05/Ka-BAPETEN/V-99 tentang Ketentuan Keselamatan Desain Reaktor Penelitian dan Keputusan Kepala BAPETEN No. 10/Ka-BAPETEN/V-99 tentang Ketentuan Keselamatan Operasi Reaktor Penelitian, yang mengacu pada Keputusan Kepala BAPETEN No. 01/Ka-BAPETEN/V-99 tentang Ketentuan Keselamatan Kerja Terhadap Radiasi. Secara khusus, bagian ini harus berisi ringkasan tentang Nilai Batas Dosis (NBD) untuk pekerja radiasi dan anggota masyarakat, maupun batasan emisi operasional yang didasarkan pada NBD ini. Persyaratan peraturan untuk mempertahankan penyinaran dan pelepasan efluen dan limbah radioaktif dibawah NBD harus diuraikan, maupun tingkat dosis acuan dan pelepasan yang ditetapkan oleh organisasi pengoperasi untuk membantu manajemen reaktor dalam menjamin agar dosis radiasi dan emisi operasional adalah serendah mungkin (ALARA) dan di bawah NBD.

Program proteksi radiasi yang dibuat dan dilaksanakan oleh organisasi operasi fasilitas, termasuk program ALARA, harus diuraikan; demikian pula falsafah pengendalian emisi pada fasilitas, termasuk kebijakan organisasi yang berkaitan dengan pengendalian dan pemantauan pelepasan dan evaluasi kecenderungannya.

## 2. Organisasi, Penentuan Staf dan Tanggung jawab

Bagian ini harus menguraikan organisasi dan staf proteksi radiasi, termasuk tugas dan wewenang untuk masing-masing posisi, serta pengalaman dan kualifikasi personil yang bertanggung jawab atas program fisika kesehatan. Tanggung jawab fungsional dari kelompok fisika kesehatan seperti konsultan, bantuan, pelatihan, pemantauan, jasa dosimetri dan laboratorium proteksi radiasi, serta pengendalian administrasi zat radioaktif harus dicantumkan. Acuan harus dilakukan pula terhadap program jaminan kualitas yang relevan dengan kegiatan proteksi radiasi.

## 3. Fasilitas, Peralatan dan Instrumentasi

Fasilitas dan peralatan fisika kesehatan, seperti laboratorium untuk analisa radioaktif, peralatan kendali kontaminasi dan fasilitas dekontaminasi, harus diuraikan; termasuk lokasi fasilitas ini, juga pengaturan untuk perawatan dan kalibrasi instrumen fisika kesehatan dan untuk pemantauan personil (misalnya layanan film badge dan TLD).

Bagian ini harus menguraikan stasiun pemantau radiasi dan kontaminasi, meliputi pemantau tangan dan kaki, pemantau portal dan pemantau aktivitas portabel yang berlokasi distasiun ini. Instrumentasi dan peralatan portabel dan laboratorium untuk survei radiasi dan kontaminasi, kendali kontaminasi antara daerah-daerah akses yang berlainan, pemantauan/ pengambilan cuplikan radioaktivitas udara dan pemantauan personil juga harus diuraikan.

Informasi tentang pakaian pelindung dan peralatan yang digunakan secara rutin pada fasilitas harus diberikan, termasuk peralatan pelindung pernafasan.

Peralatan khusus yang disediakan untuk keadaan darurat dengan kemungkinan laju dosis tinggi, dan latihan khusus bagi personil fasilitas dalam menggunakan peralatan ini diuraikan dalam Bab Kesiapsiagaan dan Rencana Kedaruratan (lihat Bab XX).

Jika dokumen program fisika kesehatan diberikan dalam dokumen tersendiri, dokumen ini dapat diacu dan hanya ringkasannya saja disajikan disini.

## 4. Prosedur dan Pelatihan

Tinjauan secara garis besar prosedur tertulis untuk program proteksi radiasi harus diberikan disini. Prosedur tersebut harus disusun sesuai dengan program jaminan kualitas yang relevan dan meliputi :

- a. Kebijakan, metode dan frekuensi pelaksanaan survei radiasi dan pengambilan cuplikan udara;
- b. Pemantauan efluen;
- c. Upaya administrasi untuk pengendalian akses ke medan radiasi atau pembatasan waktu berada didalamnya;
- d. Pengendalian kontaminasi personil dan peralatan;
- e. Pengendalian kesesuaian dengan peraturan yang berlaku untuk pengangkutan zat radioaktif;
- f. Metode dan prosedur pemantauan personil, termasuk metode pencatatan, pelaporan dan analisa hasil;
- g. Program pengkajian penyinaran radiasi interna, seperti bioassay atau pencacahan seluruh tubuh, atau pemeriksaan medis terkait lainnya terhadap personil, terutama dalam hal penyinaran lebih;
- h. Pengeluaran, pemilihan, penggunaan dan perawatan peralatan proteksi seperti respirator;
- i. Metode penanganan dan penyimpanan sumber, radioisotop atau zat radioaktif lain; dan
- j. Penanganan dan pembuangan limbah radioaktif.

Acuan harus dibuat untuk prosedur operasi yang memuat ketentuan untuk mengendalikan dosis personil operasi selama operasi normal dan perawatan, inspeksi selama operasi (*in service inspection*) dan penggantian bahan bakar. Acuan harus dibuat untuk prosedur operasi yang memuat ketentuan untuk memantau sistem yang mengumpulkan, mewadahi, menyimpan atau mengangkut zat radioaktif cair, gas dan padat. Setiap prosedur yang berkaitan dengan fasilitas eksperimen, produksi isotop dan kegiatan laboratorium harus diacu pula.

Bagian ini harus menguraikan metode dan prosedur untuk mengendalikan dan mengevaluasi penyinaran radiasi terhadap peneliti dan personil lain (seperti: kontraktor dan siswa) yang hanya mempunyai sedikit pengetahuan tentang prosedur proteksi radiasi pada fasilitas reaktor penelitian.

Acuan harus dibuat pula untuk prosedur operasi keadaan darurat yang diuraikan dalam Bab XX (Kesiapsiagaan dan Rencana Kedaruratan) pada fasilitas

dengan kemungkinan laju dosis tinggi.

Bagian ini harus berisi uraian singkat tentang program pelatihan proteksi radiasi fasilitas bagi organisasi staf proteksi radiasi, dan bagi personil fasilitas lainnya, termasuk kontraktor dan siswa.

#### 5. Program Pemantauan Efluen

Bagian ini harus menguraikan program pemantauan efluen yang dilaksanakan didalam tapak dan diluar tapak. Jika pemantauan efluen diluar tapak dilakukan oleh operator fasilitas, pengaturan dan tanggung jawabnya harus dibahas.

#### 6. Program Audit dan Penilaian

Bagian ini harus menguraikan ketentuan untuk mengendalikan pelaksanaan program proteksi radiasi dan penilaiannya.

### **B. Sumber Radiasi pada Fasilitas**

Semua sumber radiasi potensial selama operasi reaktor normal (yang terkandung dan di udara) dan semua sumber radiasi potensial diseluruh fasilitas yang dapat diidentifikasi harus dicantumkan disini. Sumber radiasi ini digunakan sebagai dasar untuk perhitungan perisai, desain sistem ventilasi, pengkajian dosis, pengelolaan limbah dan penentuan pelepasan efluen.

Informasi tentang bentuk, lokasi, geometri, kandungan isotop dan aktivitasnya harus diberikan untuk sumber-sumber tertentu yang terdapat dalam pengungkung dan penahan radiasi. Untuk sumber yang berbentuk cair dan udara, informasi tentang bentuk, lokasi dan kandungan isotop serta konsentrasinya harus diberikan.

Contoh-contoh sumber radiasi atau medan radiasi dapat dilihat dalam Anak Lampiran IV.

Bagian ini harus berisi gambar fasilitas yang menunjukkan lokasi dari semua sumber tersebut diatas.

### **C. Desain Keselamatan Radiologi Fasilitas**

Dalam uraian tentang pertimbangan desain untuk fasilitas dan peralatan harus ditunjukkan bahwa penyinaran radiasi eksternal dan internal terhadap personil fasilitas dan masyarakat umum didasarkan pada kebijakan proteksi radiasi yang diuraikan dalam Bab XII sub bab A angka 1. Juga harus diuraikan falsafah desain yang mengurangi penyinaran personil, membatasi produksi zat radioaktif yang tidak dikehendaki, memperkecil kebutuhan dan waktu yang digunakan untuk kegiatan perawatan dan operasi dengan kemungkinan penyinaran internal atau eksternal, dan



mempertahankan pelepasan zat radioaktif ke lingkungan serendah mungkin.

#### 1. Pengendalian Akses dan Pembagian Daerah

Bagian ini harus menguraikan tata letak fasilitas reaktor dengan pemisahan zat radioaktif dari personil fasilitas dan masyarakat umum dan pencegahan bahaya-bahaya lainnya. Tata letak ini meliputi daerah yang diklasifikasi sesuai dengan potensi kontaminasi radioaktif dan/atau penyinaran radiasi. Gambar-gambar yang menunjukkan tata letak fasilitas dan pembagian daerah serta daerah akses terkendali harus disajikan. Bagian ini juga harus menguraikan upaya pengendalian akses untuk mencegah personil mendekati daerah-daerah dengan medan radiasi tinggi dan daerah yang berpotensi terkontaminasi, serta mencegah penempatan sumber radiasi (misalnya bahan bakar bekas atau bahan teraktivasi/teriradiasi) dalam daerah personil.

#### 2. Sistem Pelindung dan Perisai

Perisai yang diperlukan untuk reaktor, fasilitas terkait (misalnya tabung berkas) dan sumber radiasi yang diidentifikasi dalam Bab XII sub bab B harus diuraikan, termasuk tingkat radiasi eksternal ke perisai pada lokasi personil, maupun bahan yang digunakan, kriteria penetrasi perisai dan metode perhitungan perisai. Bagian ini juga harus menguraikan sistem perlindungan lain, seperti pengaturan geometri (misalnya jarak) atau penanganan jarak jauh untuk menjamin agar penyinaran personil reaktor dan masyarakat umum masih berada di dalam NBD dan berdasarkan pada prinsip ALARA, maupun metode yang menjamin bahwa tabung berkas dan fasilitas eksperimen lainnya telah diberi perisai yang memadai selama eksperimen.

#### 3. Ventilasi untuk Proteksi Radiasi

Bagian ini harus membahas aspek proteksi radiasi dari sistem ventilasi berdasarkan pada uraian sistem dalam Bab IV (Gedung dan Struktur) atau Bab VII (Sistem Keselamatan Teknis).

#### 4. Monitor Radiasi

Bagian ini harus menguraikan sistem pemantauan permanen untuk daerah radiasi, radiasi efluen dan udara, termasuk informasi tentang :

- a. Lokasi pemantau dan detektor;
- b. Jenis pemantau dan instrumentasi (peralatan tetap atau peralatan bergerak, sensitivitas, jenis pengukuran, jangkauan, ketepatan dan ketelitiannya);

- c. Jenis dan lokasi alarm lokal dan jarak-jauh, peralatan untuk penyampaian berita, pembacaan dan pencatat; dan
- d. Titik setting (*setting point*) alarm atau pengontrol;
- e. Ketentuan untuk catu daya darurat;
- f. Persyaratan kalibrasi, pengujian dan perawatan; dan
- g. Tindakan otomatis (inisiasi) yang akan dimulai atau dilakukan.

Bagian ini harus menguraikan kriteria dan metode untuk menjamin agar cuplikan contoh diperoleh dari daerah yang sedang dipantau.

Sistem pemantauan radiasi atau sistem lain yang digunakan selama kondisi kecelakaan harus diuraikan. Bab XVI (Analisis Keselamatan) dapat diacu untuk pemakaian sistem analisis keselamatan, dan Bab XX (Kesiapsiagaan dan Rencana Kedaruratan) untuk upaya kedaruratan yang berkaitan dengan penerapan pemantauan selama kondisi kecelakaan.

#### **D. Sistem Pengelolaan Limbah Radioaktif**

##### **1. Limbah Padat**

Bagian ini harus menguraikan perlakuan terhadap limbah padat yang meliputi, antara lain :

- a. Jenis dan kelas limbah, sumber dan kuantitas limbah padat, termasuk bentuk fisik, volume dan komposisi isotop, dan aktivitas terukur atau yang diperkirakan;
- b. Untuk limbah basah, metode dehidrasi; dan
- c. Metode pengumpulan, pemrosesan, pengepakan, penyimpanan dan pengangkutan.

##### **2. Limbah Cair**

Bagian ini harus menguraikan perlakuan terhadap sumber cairan yang dianggap sebagai limbah, meliputi:

- a. Jenis dan jumlah limbah cair; sumber, lokasi, bentuk, dan perkiraan aktivitas limbah cair;
- b. Diagram jalur dan laju alir, peralatan proses, tangki penyimpanan dan titik pelepasan ke lingkungan;
- c. Upaya pemisahan efluen radioaktif dengan non-radioaktif;
- d. Sasaran pelepasan; dan

- e. Persyaratan kapasitas, reduksi dan fleksibilitas sistem; dan kemampuan sistem yang diperlukan untuk mempermudah perawatan, mengurangi kebocoran dan mencegah pelepasan tak terkendali ke lingkungan.

Kriteria untuk menentukan limbah cair yang diproses atau didaur ulang atau dibuang harus diuraikan, termasuk konsentrasi efluen yang diharapkan melalui pelepasan radionuklida dan pelepasan tahunan total ke lingkungan. Faktor pengenceran untuk pelepasan harus diberikan.

### 3. Limbah Gas

Bagian ini harus menguraikan perlakuan terhadap sumber gas yang dianggap sebagai limbah, meliputi:

- a. Jenis dan jumlah limbah gas, dan sumber, lokasi, bentuk dan jumlah radionuklida;
- b. Diagram jalur dan laju alir, peralatan proses dan titik pelepasan ke lingkungan;
- c. Upaya memisahkan efluen radioaktif dan non radioaktif;
- d. Sasaran pelepasan; dan
- e. Persyaratan kapasitas, reduksi dan fleksibilitas sistem; dan kemampuan sistem yang diperlukan untuk mempermudah perawatan, memperkecil kebocoran dan mencegah pelepasan tak terkendali ke lingkungan.

Apabila perlu, ketentuan desain untuk menangani bahan gas yang berpotensi meledak harus diuraikan.

## E. Pengkajian Dosis Selama Operasi Normal

### 1. Dosis Masyarakat Umum

Dalam bagian ini harus dibuktikan bahwa efek gabungan dari radiasi langsung dan pelepasan zat radioaktif dari fasilitas tidak akan berkontribusi dosis terhadap masyarakat umum yang melampaui nilai batas dosis yang ditetapkan. Disamping itu, upaya untuk memperkecil penyinaran berdasarkan pada prinsip ALARA harus diuraikan.

Bila dalam bagian sebelumnya dari bab ini telah ditunjukkan bahwa pelepasan radioaktif merupakan bagian kecil dari batas emisi operasional dan dapat diterima, dan bahwa radiasi langsung maupun tidak langsung juga berada didalam batas yang dapat diterima, bagian ini harus hanya berisi ringkasan dari efek total semua jalur radiasi: udara, air, penyinaran radiasi langsung dan tidak langsung.

Jika pelepasan radioaktif belum dinyatakan dalam bentuk batas emisi

operasional, maka dalam bagian ini harus dicantumkan perhitungan dosis perorangan pada batas fasilitas dan lokasi luar-tapak akibat efek dari semua pelepasan. Harus ditunjukkan juga bahwa efek gabungan dari semua pelepasan memenuhi nilai batas dosis untuk masyarakat.

Bagian ini harus pula menyebutkan kriteria yang digunakan untuk menentukan bahwa pelepasan limbah gas dan cair berada dalam batas-batas yang dapat diterima. Konsentrasi efluen akibat pelepasan radionuklida dan pelepasan total tahunan harus diuraikan, termasuk metoda, parameter dan asumsi yang digunakan dalam perhitungan ini.

Disamping itu, untuk efluen gas, semua titik pelepasan ke lingkungan harus ditunjukkan, dan untuk setiap besaran berikut harus diberikan:

- a. Ketinggian pelepasan;
- b. Suhu efluen dan kecepatan keluarnya; dan
- c. Asumsi yang digunakan mengenai penyebaran dan pengenceran gas di lingkungan.

## 2. Dosis Pekerja

Bagian ini harus menyajikan diagram yang menunjukkan medan radiasi dalam daerah kerja normal dan daerah kegiatan perawatan. Data penempatan personil yang diperkirakan setiap tahun dalam medan radiasi harus digunakan untuk menunjukkan bahwa dosis yang diharapkan dapat diterima untuk berbagai fungsi utama, seperti untuk operasi reaktor, pelaksanaan eksperimen, perawatan normal, penanganan limbah radioaktif, penggantian bahan bakar dan inspeksi selama operasi (*in service*). Perkiraan dosis tahunan pada batas daerah terlarang harus diberikan.

Bagian ini harus menunjukkan bahwa perkiraan penyinaran radiasi personil akibat menghirup (inhalasi) udara dalam daerah dengan kandungan gas radioaktif dapat diterima. Jika tersedia datanya, ringkasan dosis tahunan yang diterima personil fasilitas harus diberikan.

## F. Kesimpulan

Pada bagian ini harus diberikan kesimpulan tentang penerimaan program keselamatan radiologi operasional dan sistem desain fasilitas.

### **BAB XIII**

#### **PELAKSANAAN OPERASI**

Bab ini harus menguraikan struktur organisasi dan pelaksanaan organisasi pengoperasi pada operasi fasilitas; yang mencakup penentuan staf, penilaian dan audit operasi, prosedur operasi, perawatan, pengujian dan inspeksi, pengamanan, pencatatan dan pelaporan. Persyaratan umum dan pedoman tambahan tentang topik-topik diatas dapat dilihat dalam Keputusan Kepala BAPETEN No. 10/Ka-BAPETEN/V-99 tentang Ketentuan Keselamatan Operasi Reaktor Penelitian

##### **A. Struktur Organisasi**

Struktur organisasi pengoperasi fasilitas harus diuraikan disini. Personil kunci dan kelompok-kelompok pada berbagai tingkat operasi fasilitas harus tercermin pada diagram operasi. Tugas, wewenang dan tanggung jawab personil kunci dalam organisasi pengoperasi harus diuraikan.

Fungsi organisasi yang direncanakan untuk menggunakan kelompok luar-tapak atau kelompok eksternal harus ditunjukkan.

Bagian ini harus memberikan data personil yang perlu selama status operasi reaktor yang berbeda.

##### **B. Kualifikasi dan Pelatihan Personil**

Kualifikasi personil kunci harus diuraikan disini.

Bagian ini harus mencantumkan jenis pelatihan yang diperlukan untuk berbagai personil dan frekuensi pelatihan yang akan diberikan. Semua persyaratan perizinan atau kualifikasi bagi staf harus dibahas. Persyaratan pelatihan bagi pemakai fasilitas dan instruksi bagi tamu, harus diberikan.

##### **C. Penilaian dan Audit**

Dalam bagian ini harus diuraikan metode penilaian dan audit terhadap aspek keselamatan operasi fasilitas, maupun komposisi dan kualifikasi kelompok penilai dan audit, pengaturan pertemuan kelompok, dan hal-hal yang harus dinilai oleh kelompok tersebut, seperti perubahan izin, batasan dan kondisi operasi, prosedur dan fasilitas, pengujian baru, eksperimen dan prosedur; dan evaluasi kejadian yang tidak direncanakan.

Informasi tentang fungsi audit kelompok diatas harus diberikan, termasuk

hal-hal yang akan diaudit, interval audit, dan temuan audit yang akan ditindak lanjuti oleh manajemen fasilitas di dalam program jaminan kualitas untuk operasi fasilitas (lihat Bab XVIII Jaminan Kualitas).

#### **D. Instruksi dan Prosedur Operasi**

Pada bagian ini harus diuraikan prosedur operasi atau tinjauan secara garis besar tentang manual operasi yang berisi prosedur operasi.

Instruksi dan prosedur operasi tertulis hendaknya berisi informasi tentang hal-hal berikut :

1. Startup, operasi dan shutdown reaktor;
2. Pemuatan, pembongkaran dan pemindahan bahan bakar dan bahan teriradiasi;
3. Inspeksi dan pengujian terhadap barang yang penting untuk keselamatan, terutama sistem keselamatan;
4. Pemasangan, pengujian dan pelaksanaan uji fungsi eksperimen dengan kepentingan keselamatan;
5. Perawatan, terutama terhadap komponen atau sistem utama yang penting untuk keselamatan;
6. Proteksi radiasi;
7. Respon terhadap peristiwa abnormal yang diperkirakan, kegagalan sistem atau komponen dan kondisi kecelakaan;
8. Pemantauan efluen dan pengawasan lingkungan;
9. Keadaan darurat;
10. Pengamanan fisik; dan
11. Proteksi kebakaran.

LAK harus menguraikan bagaimana melakukan modifikasi besar, kecil dan sementara terhadap prosedur.

#### **E. Perawatan, Pengujian dan Inspeksi**

Bagian ini harus menguraikan pelaksanaan perawatan fasilitas dan pengujian berkala, dan program inspeksi terhadap peralatan dan komponen reaktor. Bila program terinci diberikan dalam dokumen pendukung tersendiri, dalam bagian ini cukup diberikan uraian secara garis besarnya saja. Program perawatan, pengujian dan inspeksi hendaknya berisi informasi tentang:

1. Sistem atau peralatan yang akan di inspeksi atau di uji;
2. Kriteria inspeksi atau pengujian;

3. Interval inspeksi atau pengujian;
4. Personil yang bertanggungjawab untuk inspeksi, pengujian atau perawatan;
5. Persetujuan terhadap pekerjaan perawatan; dan
6. Pengembalian ke operasi normal setelah perawatan.

#### **F. Pengamanan Fisik**

Upaya yang dilakukan untuk perlindungan terhadap sabotase dan pencurian zat dapat belah dan zat radioaktif harus diuraikan, termasuk pengaturan akses ke fasilitas dan sistem pengamanan.

Pengamanan fisik fasilitas dapat diuraikan dalam dokumen tersendiri yang dapat bersifat rahasia.

#### **G. Pencatatan dan Pelaporan**

Pada bagian ini harus diberikan informasi tentang sistem fasilitas untuk mengendalikan catatan operasi, data dan laporan yang penting untuk keselamatan. Catatan ini dapat berisi data tentang:

1. Operasi reaktor (buku pencatatan, kartu, daftar pemeriksaan, catatan data otomatis);
2. Status operasi (jenis dan jumlah komponen operasi dan komponen yang rusak);
3. Protokol perawatan, inspeksi dan pengujian;
4. Catatan modifikasi;
5. Iradiasi cuplikan dan radionuklida yang diproduksi;
6. Perpindahan zat dapat belah;
7. Tingkat radiasi;
8. Penyinaran radiasi (eksterna dan interna), dosis radiasi personil dan catatan tentang pemeriksaan medis;
9. Pemantauan efluen dan lingkungan;
10. Peristiwa dan kegagalan komponen yang berkaitan dengan keselamatan;
11. Dokumen pelatihan dan pelatihan ulang.

Dalam bagian ini harus diberikan interval waktu minimum penyimpanan catatan yang sesuai dengan program jaminan kualitas untuk operasi fasilitas (lihat Bab XVIII Jaminan Kualitas).

## **BAB XIV**

### **PENGKAJIAN LINGKUNGAN**

Bab ini hendaknya memberikan ringkasan tentang Laporan Analisis Mengenai Dampak Lingkungan (AMDAL) selama konstruksi, operasi, dan modifikasi fasilitas.

Dalam bab ini harus dibahas secara singkat hal-hal berikut, disertai dengan informasi terkait yang terdapat dalam Bab III (Karakteristik Tapak) :

1. Dampak lingkungan dari tindakan pemberian izin;
2. Pengaruh lingkungan merugikan yang tak terhindarkan;
3. Alternatif terhadap tindakan pemberian izin yang telah dipertimbangkan;
4. Komitmen sumber daya yang tak dapat balik dan tidak terpulihkan; dan
5. Analisis tentang keseimbangan dari pengaruh lingkungan akibat tindakan pemberian izin dan alternatif yang tersedia untuk mengurangi atau menghilangkan pengaruh lingkungan, maupun ringkasan tentang keuntungan-keuntungan ekonomis, teknis, lingkungan dan keuntungan lain yang dihasilkan dari fasilitas.

Beberapa tindakan pemberian izin dapat mempunyai sedikit atau tidak ada pengaruhnya terhadap lingkungan. Dalam hal ini, keputusan untuk pemberian izin ini harus dinyatakan dan dijelaskan secara singkat.



## **BAB XV**

### **KOMISIONING**

Dalam Bab ini harus diuraikan aspek teknis program komisioning fasilitas dengan cukup rinci untuk menunjukkan bahwa persyaratan fungsional struktur, sistem dan komponen akan diverifikasi secara memadai. Rincian lengkap komisioning dapat diuraikan dalam dokumen komisioning tersendiri.

#### **A. Program Komisioning**

Dalam bagian ini harus diberikan informasi program komisioning sebagai berikut:

1. Ringkasan program dan tujuannya;
2. Rincian organisasi komisioning, termasuk persyaratan pelatihan;
3. Uraian singkat program jaminan kualitas komisioning (lihat Bab XVIII Jaminan Kualitas);
4. Ringkasan jadwal tahapan-tahapan utama program komisioning; dan
5. Ringkasan batasan dan kondisi operasi untuk komisioning dan prosedur komisioning;

#### **B. Persyaratan Khusus**

Bagian ini harus berisi uraian tentang informasi komisioning dari fasilitas serupa yang telah beroperasi dan akan dimanfaatkan. Metode pelaporan hasil komisioning kepada Badan Pengawas harus diuraikan, termasuk resolusi terhadap hasil-hasil yang tidak sesuai atau tidak diharapkan.

Bagian ini harus menguraikan metode pemutakhiran LAK, apabila perlu, dimasukkan hasil-hasil pengujian komisioning.

Untuk fasilitas yang telah ada, bagian ini harus berisi ringkasan tentang program komisioning dan hasil.

#### **C. Komisioning Modifikasi**

Informasi yang diuraikan diatas harus dimasukkan dalam LAK tersendiri bila melibatkan modifikasi terhadap fasilitas yang telah ada.

## **BAB XVI**

### **ANALISIS KESELAMATAN**

Analisis keselamatan yang disajikan dalam Bab ini merupakan bagian utama LAK. Dalam bab-bab sebelumnya, struktur, sistem dan komponen yang penting untuk keselamatan harus dievaluasi pengaruhnya terhadap kesalahan fungsi dan kegagalan. Dalam Bab ini pengaruh gangguan terhadap proses yang diperkirakan dan kegagalan komponen yang diperkirakan serta kesalahan manusia (kejadian awal yang diperkirakan) harus diuraikan, termasuk akibat-akibatnya, untuk mengevaluasi kemampuan reaktor dalam mengendalikan atau mengakomodasi situasi dan kegagalan tersebut.

Untuk menjamin kelengkapan pengujian dan mempermudah penilaian dan pengkajian oleh Badan Pengawas, Bab ini harus berisi informasi berikut:

1. Pendahuluan : Pendekatan umum dan metode yang digunakan dalam analisis keselamatan;
2. Karakteristik reaktor : Parameter reaktor dan kondisi awal yang digunakan dalam analisis keselamatan;
3. Pemilihan kejadian awal : Spektrum dari kejadian yang mengawali kecelakaan yang dipertimbangkan dalam analisis keselamatan;
4. Evaluasi setiap rentetan kejadian : Hasil-hasil analisis;
5. Ringkasan: Ringkasan hasil-hasil penting dan kesimpulan tentang dapat diterimanya.

#### **A. Pendahuluan**

Bagian ini harus berisi tinjauan secara garis besar tentang metode dan pendekatan yang digunakan dalam analisis keselamatan. Informasi tersebut harus cukup memadai sehingga mempermudah penilai untuk mendapatkan pemahaman dasar tentang metode yang digunakan dan sifat umum kriteria yang digunakan dalam mengkaji memadainya hasil analisis. Anak Lampiran I membantu dalam melengkapi bagian ini, dan rincian lampiran ini tidak diperlukan disini.

Bagian ini harus berisi ringkasan, dengan judul-judul berikut:

1. Metode identifikasi dan pemilihan kejadian awal;
2. Metode analisis, mencakup antara lain :
  - a. Analisis rentetan kejadian;
  - b. Analisis transien;
  - c. Evaluasi kejadian luar dan kejadian dalam khusus;

- d. Analisis kualitatif;
  - e. Analisis akibat radiologi.
3. Kriteria penerimaan.

## B. Karakteristik Reaktor

Pada bagian ini hendaknya diberikan ringkasan parameter reaktor dan kondisi awal yang digunakan dalam analisis transien. Parameter-parameter ini dan daerah pengoperasian yang diperkenankan akan membentuk dasar bagi batasan dan kondisi operasi dalam Bab XVII (Batasan dan Kondisi Operasi).

### 1. Parameter Teras

Ringkasan parameter teras dan rentang spesifikasi kondisi operasi yang dipertimbangkan dalam analisis keselamatan harus diberikan. Walaupun nilai ini dapat dituangkan dalam tabel pada bab-bab LAK, nilai-nilai ini harus diringkas disini untuk membantu dalam penilaian dan pengkajian terhadap analisis keselamatan. Parameter-parameter ini hendaknya mencakup:

- a. Daya teras;
- b. Suhu inlet teras;
- c. Suhu kelongsong bahan bakar;
- d. Tekanan sistem reaktor;
- e. Aliran teras;
- f. Distribusi daya aksial dan radial dan faktor kanal panas;
- g. Kinetika reaktor;
- h. Koefisien reaktivitas suhu bahan bakar dan moderator;
- i. Koefisien reaktivitas gelembung (*void*);
- j. Nilai reaktivitas padam yang tersedia; dan
- k. Karakteristik insersi pengendalian reaktivitas dan peralatan keselamatan.

Rentang nilai parameter reaktor yang berubah dengan fraksi bakar (*burn up*), penggantian bahan bakar atau faktor-faktor lainnya harus ditetapkan.

Daerah pengoperasian yang diperkenankan pada parameter sistem reaktor harus ditentukan, termasuk fluktuasi dan ketidakpastian parameter tersebut. Kondisi yang paling parah dalam daerah pengoperasian harus digunakan sebagai kondisi awal untuk analisis transien.

## 2. Asumsi Fungsi Sistem Proteksi Reaktor

Setting semua fungsi sistem proteksi yang digunakan dalam analisis keselamatan harus didaftar. Fungsi sistem proteksi khusus adalah reaktor trip, penutupan katup isolasi dan pendingin cadangan.

### C. Pemilihan Kejadian Awal

Dalam bagian ini harus diuraikan kejadian awal yang diperkirakan dalam analisis keselamatan. Uraian kejadian awal tersebut harus cukup luas, dan pembenaran terhadap kejadian awal tertentu harus diberikan. Anak Lampiran I berisi beberapa informasi tentang metodologi. Pemilihan tersebut hendaknya mempertimbangkan hal-hal seperti tersebut dibawah ini.

Setiap kejadian awal yang diperkirakan harus dimasukkan dalam salah satu kategori berikut, atau dikelompokkan dengan cara lain sesuai dengan jenis reaktor yang dipelajari :

1. Kehilangan catu daya listrik;
2. Inseri reaktivitas lebih;
3. Kehilangan aliran;
4. Kehilangan pendingin;
5. Kesalahan penanganan atau kegagalan peralatan;
6. Kejadian internal khusus;
7. Kejadian eksternal khusus; dan
8. Kesalahan manusia.

Kejadian awal dalam masing-masing kelompok harus dievaluasi untuk mengidentifikasi kejadian-kejadian yang terbatas, dan kejadian-kejadian yang dipilih untuk dianalisis lebih lanjut harus ditunjukkan. Kejadian-kejadian itu akan mencakup kejadian yang mempunyai akibat potensial yang membatasi semua kejadian awal lainnya dalam kelompok tersebut.

### D. Evaluasi Setiap Rentetan Kejadian

Informasi terinci yang dicantumkan dibawah ini harus diberikan untuk setiap kejadian awal yang dipilih dalam sub bab C diatas. Informasi ini disusun dengan judul-judul berikut:

1. Identifikasi penyebab;
2. Rentetan kejadian dan operasi sistem;
3. Analisis transien;

4. Klasifikasi status kerusakan;
5. Bentuk sumber; dan
6. Evaluasi akibat radiologi.

Kedalaman informasi kuantitatif yang harus diberikan untuk topik-topik tersebut akan berbeda untuk berbagai kejadian awal dan tergantung pada jenis reaktor. Untuk keadaan dengan suatu kejadian awal tertentu yang tidak terbatas, hanya alasan kualitatif yang menghasilkan kesimpulan tersebut perlu diberikan, disertai dengan acuan pada bab yang menyajikan evaluasi tentang kejadian awal yang lebih terbatas. Selanjutnya, untuk kejadian awal yang memerlukan analisis kuantitatif, tidak perlu memberikan analisis seperti itu untuk setiap topik. Sebagai contoh, ada beberapa kejadian yang memicu transien reaktor yang menghasilkan dampak radiologi kecil. LAK harus menyajikan evaluasi kualitatif untuk menunjukkan bahwa ada kasus ini. Evaluasi terinci dampak radiologi tidak perlu dilakukan untuk masing-masing kejadian awal tersebut.

#### 1. Identifikasi Penyebab

Untuk setiap kejadian yang dievaluasi, uraian tentang peristiwa yang menyebabkan kejadian awal yang dipertimbangkan harus diberikan.

#### 2. Rentetan Kejadian dan Operasi Sistem

Rentetan kejadian tahap demi tahap, dari kejadian awal sampai kondisi stabil akhir, harus diuraikan. Hal-hal berikut ini harus diberikan dalam setiap rentetan kejadian :

- a. Identifikasi peristiwa penting berdasarkan skala waktu, misalnya monitor fluks macet atau start insersi batang kendali;
- b. Indikasi ketepatan dan ketidaktepatan fungsi dari instrumentasi dan kendali reaktor yang beroperasi secara normal;
- c. Indikasi ketepatan fungsi dari sistem proteksi reaktor dan sistem keselamatan dan kegagalan fungsinya;
- d. Indikasi tindakan operator yang diperlukan;
- e. Evaluasi kegagalan mandiri dan kesalahan manusia;
- f. Evaluasi probabilitas rentetan secara kualitatif (jika dilakukan); dan
- g. Pembeneran terhadap eksklusi rentetan kejadian yang berada diluar dasar desain.

Tidak setiap kejadian awal postulasi perlu dianalisis dan diuraikan secara lengkap. Rentetan kejadian yang membatasi atau mengikat rentetan kejadian dalam

masing-masing kelas dan yang telah dipilih untuk dianalisis lebih lanjut harus ditunjukkan.

### 3. Analisis Transien

Analisis teras dan unjuk kerja sistem terinci harus diberikan. Metode yang digunakan untuk mengkarakterisasi teras reaktor dan unjuk kerja sistem selama kondisi kecelakaan harus dibahas dan hasil-hasil penting analisis harus disajikan. Pembahasan harus mencakup, evaluasi parameter-parameter yang dapat mempengaruhi unjuk kerja penghalang yang membatasi pelepasan zat radioaktif dari bahan bakar ke lingkungan (seperti, kelongsong bahan bakar, sistem pendingin primer, dan gedung/sistem pengungkung).

#### a. Model Perhitungan

Model-model perhitungan yang digunakan, termasuk program komputer digital atau simulasi analog yang digunakan dalam analisis, harus diidentifikasi. Harus juga dipastikan bahwa model tersebut berlaku untuk rentang parameter operasional yang diperkirakan, prediksi konservatif hasil, mewakili semua fenomena fisika dan telah divalidasi dengan tepat. Bagian ini harus memberikan ringkasan tentang model matematis dan program komputer digital, dengan mengacu pada uraian rinci dalam dokumen yang disampaikan kepada Badan Pengawas.

Hal-hal berikut harus juga diberikan:

#### 1) Uraian umum model, meliputi :

- a) Tujuan model dan jangkauan pemakaiannya, termasuk tingkat atau rentang variabel yang diamati;
- b) Uraian singkat tentang model analitik dan korelasi empiris yang digunakan;
- c) Setiap penyederhanaan atau pendekatan yang digunakan dalam analisis;
- d) Tingkat konservatisme dari metode dan korelasi;
- e) Ketelitian numerik dari model, termasuk perkiraan ketelitian hasil dan faktor-faktor yang berkontribusi ketidakpastian; dan
- f) Metode kombinasi program (bila digunakan satu seri program komputer).

#### 2) Uraian singkat data input untuk masing-masing model, meliputi:

- a) Metode seleksi parameter input, termasuk pemakaiannya dan tingkat konservatismenya;
  - b) Daftar data input untuk masing-masing model; dan
  - c) Kepekaan model parameter input khusus.
- 3) Ringkasan hasil-hasil studi validasi, meliputi :
- a) Perbandingan model perkiraan dengan eksperimen atau operasi, atau dengan model lain yang juga telah dibandingkan dengan eksperimen atau operasi;
  - b) Pembuktian ketepatan numerik yang memadai atau tingkat konservatisme;
  - c) Kepastian bahwa pemodelan tersebut mewakili semua fenomena fisika penting; dan
  - d) Kepastian bahwa korelasi empiris adalah konservatif, berdasarkan pada eksperimen (bila perlu) dan layak untuk rentang parameter operasional.

#### b. Parameter Input dan Kondisi Awal

Parameter input dan kondisi awal yang digunakan dalam analisis harus diidentifikasi dengan jelas. Lampiran II berisi daftar parameter dan kondisi ini. Namun demikian, harga awal variabel lain dan parameter lainnya harus dimasukkan dalam LAK apabila digunakan untuk menganalisa kejadian yang sedang dianalisis.

#### c. Hasil

Hasil analisis harus disajikan dan diuraikan dalam LAK. Parameter kunci harus diberikan sebagai fungsi waktu transien atau kecelakaan. Berikut ini adalah contoh-contoh parameter yang harus dicakup :

- 1) Reaktivitas;
- 2) Daya termal;
- 3) Fluks panas;
- 4) Distribusi daya;
- 5) Tekanan sistem pendingin reaktor;
- 6) Rasio fluks panas kritis minimum atau rasio penyimpangan dari pendidihan inti;
- 7) Pemanasan nuklir;
- 8) Laju alir pendingin teras;

- 9) Kondisi pendingin (suhu inlet, suhu rata-rata teras dan suhu outlet saluran panas);
- 10) Suhu teras (suhu pusat bahan bakar maksimum dan suhu kelongsong maksimum) dan entalpi bahan bakar maksimum;
- 11) Inventori pendingin reaktor (inventori total dan tingkat pendinginan pada berbagai lokasi di dalam sistem pendingin reaktor); dan
- 12) Parameter sistem penukar panas sekunder (inventori dan tingkat atau level, entalpi, suhu, dan laju alir massa).

Ketidakpastian hasil-hasil harus dikemukakan dan dibahas.

Margin diantara perkiraan harga berbagai parameter teras dan harga parameter ini yang akan menyatakan batasan kondisi yang dapat diterima harus diberikan.

#### 4. Klasifikasi Status Kerusakan

Analisis transien dapat menunjukkan bahwa batasan desain bahan bakar telah terlampaui, yang mengakibatkan beberapa kerusakan kelongsong bahan bakar. Perkiraan jenis kerusakan, jumlah bahan bakar yang rusak dan faktor-faktor lain (seperti suhu bahan bakar dan kelongsong, karakteristik pendingin dan interaksi kimia) harus diberikan.

Beberapa rentetan kejadian dapat mengakibatkan bahaya radiologi yang berbeda, termasuk kegagalan eksperimen atau kegagalan fasilitas iradiasi/aktivasi dan kerusakan mekanis kelongsong bahan bakar teriradiasi. Perkiraan bentuk dan kandungan bahan berbahaya, termasuk parameter fisika yang selanjutnya mengkarakterisasi sifat tersebut, harus diberikan. Setiap pengelompokan ulang rentetan kejadian dalam kelas sesuai dengan jenis dan tingkat bahaya radiologinya harus diuraikan. Rentetan kejadian yang tidak menghasilkan bahaya radiasi harus dikhususkan, dan rentetan kejadian lainnya yang mengikat atau membatasi untuk setiap kategori bahaya harus dipilih untuk analisis pelepasan zat radioaktif.

#### 5. Bentuk/Jenis Sumber

Bentuk sumber, untuk setiap rentetan yang mengikat seperti tersebut diatas harus diuraikan. Uraian itu hendaknya mencakup jumlah zat radioaktif yang mungkin terlepas dari reaktor, bentuk fisika dan kimianya, dan faktor-faktor lain yang diperlukan untuk menetapkan potensi penyebarannya ke lingkungan.

Bagian ini harus mengidentifikasi perhitungan fraksi pelepasan terinci yang telah dilaksanakan atau fraksi pelepasan konservatif, sesuai dengan kebiasaan



Badan Pengawas, yang telah dilakukan seperti bentuk sumber yang lebih besar daripada sumber yang diperkirakan terbentuk melalui rentetan kecelakaan yang mungkin terjadi (untuk membuktikan keefektifan gedung/pengungkung atau untuk menunjukkan bahwa dosis yang dihasilkan bagi kelompok kritis memenuhi persyaratan peraturan).

Model matematis yang digunakan dalam menentukan dan menganalisis bentuk/jenis sumber harus diuraikan secara singkat dan informasi tentang validasinya disajikan. Informasi yang diuraikan dibawah ini hendaknya diberikan untuk setiap batas rentetan kejadian.

a. Pengkajian Pelepasan Ke dalam Gedung Reaktor

Jumlah radionuklida yang terlepas di dalam gedung, kandungan isotop dan faktor fisika lain dari pelepasan tersebut harus diuraikan untuk setiap kejadian yang sesuai. Parameter dan asumsi yang digunakan dalam analisis harus disajikan, meliputi :

- 1) Inventori produk fisi (atau inventori radionuklida untuk kecelakaan yang tidak termasuk kecelakaan bahan bakar);
- 2) Sifat kerusakan bahan bakar dan fraksi kelongsong bahan bakar yang rusak;
- 3) Fraksi pelepasan produk fisi dari bahan bakar; dan
- 4) Retensi radionuklida dalam air dan pada permukaan.

b. Pengkajian Pelepasan dari Gedung Reaktor

Jumlah radionuklida yang terlepas ke lingkungan, kandungan isotop dan faktor fisika lain dari pelepasan harus diberikan untuk setiap rentetan kejadian yang menghasilkan pelepasan ke gedung reaktor. Pelepasan melalui udara dan air harus dipertimbangkan. Parameter dan asumsi yang digunakan dalam analisis harus disajikan, meliputi :

- 1) Pemindahan radionuklida oleh sistem penahan cairan dan udara, sistem resirkulasi dan ventilasi, termasuk efisiensi filter;
- 2) Pengendapan dan suspensi permukaan;
- 3) Waktu penahanan radionuklida, peluruhan dan produksi anak-luruh;
- 4) Laju kebocoran gedung reaktor atau laju pelepasan efluen cair;
- 5) Modus pelepasan (awan tunggal, berselang-seling, kontinyu); dan
- 6) Titik pelepasan (cerobong, permukaan tanah, dan lain-lain).

c. Pengkajian Bahaya Lain

Uraian tentang kecelakaan yang dapat menghasilkan penyinaran berarti

terhadap personil atau masyarakat umum yang berasal dari medan radiasi langsung (yang berkaitan dengan pelepasan yang terkungkung dalam gedung reaktor) harus diberikan. Sebagai contoh :

- 1) Kekritisan yang tidak dikehendaki;
- 2) Pelepasan dari fasilitas eksperimen atau fasilitas iradiasi yang terkungkung tetapi mengandung bahaya radiasi;
- 3) Pelepasan cairan atau zat radioaktif lain yang terkungkung ditempat; dan
- 4) Kehilangan perisai.

#### 6. Evaluasi Akibat Radiologi

Bagian ini harus membahas metode perhitungan yang digunakan untuk menentukan akibat radiologi dari rentetan kejadian yang dianalisis dan harus memberikan ringkasan hasil perhitungan dosis. Informasi itu harus memadai untuk menunjang hasil perhitungan dosis tersebut dan memudahkan dilakukannya analisis secara independen oleh Badan Pengawas.

Jika tidak ada akibat radiologi yang berkaitan dengan rentetan kejadian yang dianalisis, bagian ini harus berisi pernyataan tentang hal tersebut.

##### a. Metode Analisis Akibat Radiologi

Metode yang digunakan untuk menganalisis akibat radiologi yang mungkin dihasilkan dari kecelakaan reaktor harus disajikan disini. Asumsi dan metode yang digunakan dalam menentukan akibat radiologi harus ditunjang oleh informasi yang memadai, atau dapat mengacu pada bab lain dalam LAK, atau dapat mengacu pada dokumen lain yang tersedia bagi Badan Pengawas. Informasi tentang model metode akibat radiologi harus mencakup hal-hal sebagai berikut:

- 1) Uraian tentang model matematik atau model fisik yang digunakan, termasuk penyederhanaan atau pendekatan yang dimasukkan dalam analisis;
- 2) Ringkasan program komputer digital atau simulasi analog yang digunakan dalam analisis, dengan mengacu pada uraian terinci;
- 3) Informasi tentang validasi metoda perhitungan; dan
- 4) Pertimbangan tentang ketidakpastian dalam metode perhitungan, unjuk kerja peralatan, karakteristik respons instrumentasi atau pengaruh lain yang diperhitungkan dalam evaluasi hasil-hasil.

##### b. Hasil Dosis

Pada bagian ini harus disajikan hasil-hasil perhitungan dosis, berupa

dosis ekivalen efektif pada tapak atau batas daerah eksekusi, dosis ekivalen efektif untuk masyarakat umum pada jarak tertentu dari tapak. Dalam hal ini, dosis maksimum anggota masyarakat harus diberikan, maupun dosis pada saat kecelakaan dan ruang kendali operator dan personil yang berada ditempat lain pada tapak.

Pertimbangan harus diberikan terhadap medan radiasi langsung, baik dari pelepasan melalui cairan maupun melalui udara, dan terhadap kemungkinan terjadinya kontaminasi permukaan tanah.

#### c. Medan Radiasi Langsung

Medan radiasi langsung yang berkaitan dengan pelepasan yang terjadi didalam fasilitas reaktor penelitian dan yang dapat menghasilkan dosis radiasi harus diuraikan, juga termasuk dosis terhadap kelompok kritis. Parameter dan asumsi yang digunakan dalam analisis hendaknya dibenarkan, termasuk :

- 1) Jumlah radionuklida yang terlepas, bentuk geometri dan jangka waktu pelepasan;
- 2) Peluruhan radionuklida dan produksi anak-luruh;
- 3) Parameter perisai, faktor build up dan hamburan; dan
- 4) Jarak ke kelompok kritis dan jangka-waktu selama dosis dihitung.

#### d. Pelepasan Cairan

Bagian ini harus berisi ringkasan tentang pengkajian pelepasan melalui zat cair, penyebaran pelepasan pada air permukaan dan air tanah, kontaminasi rantai biologi dan rantai makanan, dan dosis perorangan dan masyarakat. Acuan harus dilakukan pada Bab III untuk data karakteristik hidrologi dan hidrogeologi dari air permukaan dan air tanah. Diskusi tentang bahaya potensial harus mencakup :

- 1) Radiasi langsung dari zat cair yang terlepas;
- 2) Penguapan atau suspensi ulang radionuklida bentuk gas dari zat cair yang terlepas;
- 3) Kontaminasi permukaan tanah; dan
- 4) Kontaminasi akuifer didalam dan diluar tapak.

Parameter dan asumsi yang digunakan dalam analisis harus dibuat pembenarannya, termasuk :

- 1) Pengambilan radionuklida melalui sistem penahan atau resirkulasi cairan;

- 2) Titik potensi pelepasan, inventori radionuklida yang terlepas, konsentrasinya di dalam zat cair, laju pelepasan dan modus pelepasan (kontinyu, terputus-putus, dan lain-lain);
- 3) Peluruhan radionuklida dan produksi anak-luruh;
- 4) Karakteristik pengenceran dan pemindahan, termasuk karakteristik migrasi dan retensi tanah, pergerakan radionuklida dalam formasi hidrogeologi, kemampuan konsentrasi-ulang sedimen dan biota, dan pengaruh lain yang mungkin diperlukan untuk menentukan perpindahan radionuklida dan jalur-jalur penyinaran;
- 5) Jalur-jalur langsung dan tak-langsung kontaminasi radioaktif terhadap rantai-makanan; dan
- 6) Penerimaan radionuklida pada manusia dan dosisnya.

Karakteristik yang penting untuk penentuan jalur rantai makanan harus dipertimbangkan.

Jika pelepasan zat cair ke akuifer permukaan dan akuifer bawah tanah mungkin terjadi, ketentuan mengungkung setiap pelepasan cairan didalam fasilitas harus diuraikan dan kemungkinan kegagalan ketentuan ini harus dibahas.

e. Pelepasan ke atmosfer

Bagian ini harus menyajikan dosis staf fasilitas dan dosis masyarakat umum setelah terjadi pelepasan zat radioaktif dari fasilitas ke udara, dengan memperhitungkan penyebaran ke atmosfer. Parameter dan asumsi yang digunakan dalam analisa harus diberikan, yang meliputi :

- 1) Bentuk/jenis sumber, dalam bentuk inventori radionuklida, bentuk fisika dan kimia, dan faktor-faktor lain yang mempengaruhi penyebaran zat radioaktif ke lingkungan, termasuk daya apung (*buoyancy*);
- 2) Modus pelepasan (hembusan tunggal, terputus-putus, kontinyu);
- 3) Lokasi dan karakteristik pelepasan, termasuk ketinggian cerobong dan diameternya;
- 4) Jarak ke penerima dan medan antaranya (*intervening terra*);
- 5) Data meteorologi, termasuk kecepatan dan arah angin, dan data inversi serta data stabilitas atmosfer;
- 6) Pengaruh olakan dari gedung;
- 7) Parameter difusi;

- 8) Bentuk fisik dan kimia radionuklida pada lokasi penerima, dan kemungkinan berbentuk partikel udara atau endapan; dan
- 9) Hasil-hasil perhitungan dosis (melalui pernafasan, pencernaan makanan dan/atau penyinaran permukaan tanah.

f. Kontaminasi Permukaan Tanah

Bagian ini harus membahas kemungkinan kontaminasi permukaan tanah, baik melalui penyebaran langsung partikel zat radioaktif atau pengendapan dari buangan udara atau buangan cairan. Kontaminasi permukaan oleh radionuklida harus diperkirakan dan dosis (melalui penyinaran permukaan tanah dan pencernaan makanan) harus dikaji.

**E. Ringkasan**

Bagian ini harus berisi ringkasan hasil-hasil penting analisis keselamatan, termasuk uraian singkat tentang rentetan kecelakaan yang dominan. Kesimpulan penting dari analisis tersebut harus dikemukakan. Pengaruh ketidakpastian dari hasil-hasil tersebut harus dibahas dan dievaluasi.

Hasil-hasil analisis harus dibandingkan dengan kriteria penerimaan yang sesuai. Kriteria yang dibahas dalam Bab II harus dipenuhi. Evaluasi hasil harus menunjukkan bahwa desain reaktor penelitian dapat diterima dan harus memastikan keabsahan batasan dan kondisi operasi yang dibahas dalam Bab XVII (Batasan dan Kondisi Operasi).

## **BAB XVII**

### **BATASAN DAN KONDISI OPERASI**

Bab ini harus berisi Batasan dan Kondisi Operasi (BKO) yang penting untuk keselamatan operasi reaktor yang diperoleh dari analisis keselamatan. BKO merupakan sekumpulan parameter, yang dikembangkan oleh organisasi pengoperasi yang akan melindungi reaktor, personil, masyarakat umum dan lingkungan terhadap penyinaran radiasi yang tidak dikehendaki apabila parameter tersebut tidak dilampaui. Oleh karena itu BKO harus dipahami oleh personil yang bertanggung jawab atas operasi reaktor. BKO mencakup batas keselamatan, setting sistem keselamatan, kondisi batasan keselamatan operasi, dan persyaratan-persyaratan pengawasan dan administrasi.

BKO didasarkan pada persetujuan antara pengusaha reaktor dengan Badan Pengawas, BKO ini merupakan bagian penting dari persyaratan pemberian izin operasi reaktor nuklir oleh Badan Pengawas. Perubahan terhadap BKO harus memerlukan revisi LAK dan pengkajian serta persetujuan Badan Pengawas.

Karena pentingnya peranan BKO dalam keselamatan operasi, masing-masing BKO harus dipilih dan ditunjang dengan pernyataan tertulis tentang alasan untuk mengadopsinya. Informasi ini dapat disajikan dalam dokumen tersendiri atau dimasukkan dalam Bab ini. Bila disajikan dalam dokumen tersendiri, informasi tentang BKO yang diberikan dalam LAK dapat merupakan ringkasan dari dokumen tersebut. Dalam kedua bentuk diatas, informasi tentang setiap parameter BKO harus mencakup hal-hal berikut:

- a. Tujuan yang ingin dicapai melalui penetapan BKO (misalnya pencegahan keadaan yang mungkin berkembang menjadi kondisi kecelakaan);
- b. Pemberlakuan BKO, misalnya terhadap variabel fisik yang berkaitan dengan penghalang fisik, seperti suhu pelat bahan bakar atau ketinggian air kolam, atau kondisi penghalang (*barrier*) ini. Kadang-kadang pemberlakuan BKO mengacu pada pengaturan peralatan, seperti jumlah minimum bentuk pengukuran yang harus beroperasi;
- c. Spesifikasi BKO, misalnya nilai yang tidak boleh dilampaui, atau kondisi khusus peralatan;
- d. Dasar untuk topik-topik diatas, terutama untuk spesifikasi nilai yang diadopsi. Dasar ini biasanya berupa perhitungan-perhitungan desain atau keselamatan yang tercakup dalam analisis keselamatan, yang memasukkan

ketidakpastian teknis dan pengukuran. Namun demikian, dasar ini kadang-kadang berupa asumsi konservatif sederhana dari pengalaman operasi sebelumnya atau didasarkan pada hasil-hasil eksperimen yang diusulkan.

#### **A. Batas Keselamatan**

Batas keselamatan terhadap parameter atau variabel proses yang penting harus diberikan dan dibuat pembedanya melalui analisis yang diberikan dalam LAK. Batas keselamatan pada umumnya menyangkut parameter-parameter operasi seperti: suhu bahan bakar dan kelongsong bahan bakar, suhu pendingin reaktor, tekanan reaktor, daya reaktor, laju alir pendingin, dan untuk reaktor tipe kolam, ketinggian air diatas teras. Batas keselamatan ini diperoleh terutama dari Bab V (Reaktor) dan Bab XVI (Analisis Keselamatan).

#### **B. Setting Sistem Keselamatan**

Setting sistem keselamatan harus dilakukan terhadap variabel dan parameter, yang apabila tidak terkendali, dapat mengakibatkan terlampauinya batas keselamatan. Sub bab ini harus mengidentifikasi setting sistem keselamatan dan berisi analisis yang menunjukkan bahwa batas keselamatan tidak akan terlampaui. Dalam menentukan setting sistem keselamatan, harus diperhatikan hal berikut seperti kesalahan kalibrasi, ketelitian pengukuran dan waktu respons sistem. Setting sistem keselamatan diperoleh terutama dari Bab V dan Bab XVI.

#### **C. Kondisi Batas untuk Operasi yang Aman**

Sub bab ini harus menyatakan kondisi batas untuk operasi yang aman, yang harus memberikan batas yang dapat diterima antara nilai operasi normal dengan setting sistem keselamatan. Walaupun dalam berbagai kasus kondisi batasan ditetapkan dengan sistem administrasi, kondisi batasan merupakan pembatas (*constrain*) bagi karakteristik peralatan dan operasi yang diidentifikasi dalam LAK yang penting untuk keselamatan dan harus dipatuhi selama operasi fasilitas. Dalam beberapa hal, bila parameter atau variabel proses mencapai kondisi batas untuk operasi yang aman, kondisi batasan akan menyebabkan alarm sehingga memungkinkan operator melakukan tindakan yang tepat untuk mencegah terlampauinya setting sistem keselamatan.

Beberapa contoh kondisi batasan untuk operasi yang aman adalah sebagai berikut:

1. Konfigurasi teras dan batasan desain (koefisien reaktivitas, batas fraksi-bakar (*burn up*), inspeksi, dan lain-lain);
2. Jumlah minimum, desain dan unjuk kerja mekanisme kendali reaktivitas;
3. Parameter desain bahan bakar (pengayaan, jenis bahan bakar, jenis kelongsong, dan lain-lain);
4. Sistem kendali dan pengukuran operasi reaktor minimum dan titik setting keselamatan;
5. Laju pemasukan (insersi) reaktivitas maksimum;
6. Peralatan yang diperlukan untuk memperoleh pengungkungan;
7. Operasi yang memerlukan pengungkungan;
8. Peralatan operasi minimum untuk sistem ventilasi;
9. Peralatan dan unjuk kerja sistem suplai daya darurat;
10. Peralatan operasi minimum untuk pemantauan radiasi dan efluen;
11. Batasan terhadap pelepasan efluen;
12. Batasan terhadap eksperimen (reaktivitas, bahan, dan lain-lain);
13. Batasan desain lain yang penting untuk keselamatan.

#### **D. Persyaratan Pengawasan**

Sub bab ini harus membahas persyaratan pengawasan yang berkaitan dengan frekuensi dan ruang lingkup pengujian, untuk menunjukkan bahwa tingkat unjuk kerja yang ditetapkan dengan batas keselamatan dan kondisi batas untuk operasi yang aman akan terpenuhi. Persyaratan pemantauan, inspeksi, pemeriksaan kemampuan operasi dan kalibrasi harus dimasukkan dan tindakan yang harus dilakukan bila sistem gagal harus diuraikan. Kondisi untuk melanjutkan operasi selama perbaikan atau penerimaan terhadap penggantian peralatan yang gagal harus dinyatakan.

#### **E. Persyaratan Administrasi**

Sub bab ini harus berisi persyaratan administrasi dan organisasi, maupun struktur dan tanggung jawab organisasi, persyaratan pemilihan staf, penilaian dan audit terhadap prosedur operasi fasilitas, penilaian kejadian operasional, dan pelaporan dan pencatatan. Kondisi batas dan persyaratan administrasi ini diperoleh terutama dari Bab XIII (Pelaksanaan Operasi).



## **BAB XVIII**

### **JAMINAN KUALITAS**

#### **A. Program Jaminan Kualitas**

Organisasi pengoperasi bertanggung jawab atas penyiapan dan pelaksanaan Program Jaminan Kualitas (PJK) keseluruhan yang akan menjamin kesesuaian terhadap aspek keselamatan. Prinsip dan lingkup PJK harus ditetapkan sesuai dengan persyaratan umum yang terdapat dalam Keputusan Kepala BAPETEN No. 05/Ka-BAPETEN/V-99 tentang Ketentuan Keselamatan Desain Reaktor Penelitian dan Keputusan Kepala BAPETEN No. 10/Ka-BAPETEN/V-99 tentang Ketentuan Keselamatan Operasi Reaktor Penelitian, dan Peraturan lain yang berlaku.

Sub bab ini harus menguraikan program jaminan kualitas (PJK), atau mengacu pada uraian program jaminan kualitas. Ringkasan tentang barang, jasa dan proses dimana PJK dilaksanakan harus diberikan, demikian pula uraian tentang struktur organisasi untuk kegiatan jaminan kualitas yang direncanakan atau dilaksanakan. Tingkat pengendalian dan verifikasi kualitas juga harus ditentukan, dan metoda yang tersedia untuk mencapainya harus diuraikan.

Sub bab ini harus menguraikan atau mengacu pada PJK khusus yang telah disusun untuk tahap desain, pengadaan, konstruksi, komisioning dan operasi, yang sesuai. PJK harus konsisten dengan persyaratan-persyaratan proyek reaktor penelitian, tujuannya, status dan karakteristiknya, dan harus dapat diterima oleh Badan Pengawas.

#### **B. Prosedur Jaminan Kualitas**

Sub bab ini harus menguraikan atau mengacu pada perencanaan, pelaksanaan dan pengendalian kegiatan penting yang berkaitan dengan PJK untuk menjamin agar persyaratan-persyaratan khusus, seperti persyaratan pengawasan, kriteria desain dan konstruksi, dan kriteria penerimaan, diterapkan dengan tepat dan terpenuhi. Khususnya, tanggung jawab dan wewenang personil yang menangani jaminan kualitas hendaknya ditetapkan.

Sub bab ini harus menguraikan prosedur-prosedur yang mencakup kegiatan khusus dalam PJK, seperti ketidaksesuaian, perubahan desain, penyimpangan desain dan konsesi desain, dan analisis tentang dampaknya terhadap persyaratan keselamatan.

Sub bab ini harus menguraikan prosedur-prosedur yang mencakup kegiatan operasi yang dilaksanakan dalam PJK. Contohnya adalah kegiatan yang berkaitan dengan pengelolaan reaktivitas dan kekritisannya, keselamatan termal teras, keselamatan peralatan eksperimen, modifikasi reaktor, manipulasi komponen dan bahan serta pengawasan manusia.

Sub bab ini harus menguraikan bagaimana LAK dan dokumen pendukungnya diidentifikasi dan diarsipkan, dan berapa lama dokumen-dokumen tersebut disimpan, atau acuan uraian yang harus diberikan.

### **C. Status Manajemen Program Jaminan Kualitas**

Sub bab ini harus berisi laporan singkat tentang status terakhir manajemen PJK dan status pencapaian standar kualitas dan keselamatan yang diperlukan.

## **BAB XIX**

### **DEKOMISIONING**

Bab ini harus berisi informasi tentang desain fasilitas dan prosedur operasi untuk mempermudah proses dekomisioning. Dasar desain yang berkaitan dengan dekomisioning harus diuraikan.

Aspek desain fasilitas yang memudahkan dekomisioning harus dibahas, seperti pemilihan bahan untuk memperkecil aktivasi dan untuk memudahkan dekontaminasi, pembongkaran dan penanganan komponen yang teraktivisasi (jarak jauh), dan fasilitas yang memadai untuk mengolah limbah radioaktif.

Sub bab ini harus membahas aspek operasi fasilitas yang mempermudah dekomisioning, seperti ketentuan desain dan operasi untuk memperkecil aktivasi bahan, dan pemeliharaan catatan tentang konstruksi dan kontaminasi fasilitas.

## **BAB XX**

### **KESIAPSIAGAAN DAN RENCANA KEDARURATAN**

#### **A. Rencana Kedaruratan**

Sub bab ini harus berisi atau mengacu ke rencana yang akan memberikan jaminan yang memadai bahwa akan dilakukan tindakan untuk memperkecil keadaan darurat yang mungkin terjadi pada fasilitas; rencana ini harus dibuat oleh organisasi pengoperasi. Namun demikian, upaya keselamatan yang dilakukan dalam desain dan operasi reaktor akan sangat mengurangi resiko kecelakaan. Informasi tambahan tentang rencana ini dapat diperoleh dari Keputusan Kepala BAPETEN No. 10/Ka-BAPETEN/V-99 tentang Ketentuan Keselamatan Operasi Reaktor Penelitian

Sub bab ini harus menunjukkan bahwa rencana kedaruratan berdasarkan pada kecelakaan yang dianalisis dalam LAK dan kecelakaan lain yang diperkirakan hanya untuk tujuan kedaruratan.

Sub bab ini harus berisi informasi tentang tindakan yang akan dilakukan didalam gedung reaktor, pada tapak dan luar tapak. Informasi tersebut harus mencakup hal-hal berikut:

1. Organisasi kedaruratan, yang berisi instruksi yang jelas tentang kewenangan dan tanggung jawabnya;
2. Proses untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasi kedaruratan;
3. Persetujuan dengan instansi luar-tapak, yang akan memberikan bantuan dalam kedaruratan;
4. Pelaporan kepada personil dalam-tapak, dan personil luar-tapak;
5. Pelaporan kepada pemerintah dan pemerintah setempat;
6. Keandalan komunikasi antara pusat kendali kedaruratan dengan lokasi luar;
7. Upaya perlindungan;
8. Penyediaan peralatan kedaruratan;
9. Pengaturan dengan fasilitas medis untuk merawat pasien yang terkontaminasi;
10. Pelatihan personil;
11. Frekuensi dan lingkup pelatihan kedaruratan; dan
12. Memadainya sumber daya untuk melaksanakan rencana kedaruratan.

## **B. Prosedur Kedaruratan**

Sub bab ini harus menunjukkan bahwa rencana kedaruratan akan dilaksanakan melalui prosedur kedaruratan. Prosedur ini harus berisi tindakan khusus/tertentu yang akan dilakukan untuk meringankan akibat kedaruratan. Sub bab ini harus berisi informasi tentang pengaturan untuk penilaian berkala terhadap rencana kedaruratan dan prosedur pelaksanaan yang menjamin bahwa persyaratan-persyaratan untuk eksperimen baru atau modifikasi fasilitas diberikan.

Prosedur kedaruratan harus berisi petunjuk tentang batasan penyinaran personil yang melakukan misi penyelamatan atau misi memperkecil akibat kedaruratan.

## **ANAK LAMPIRAN I**

### **METODE DAN PENDEKATAN ANALISIS KESELAMATAN**

Anak Lampiran I berisi beberapa pertimbangan yang mungkin bermanfaat dalam melakukan analisis keselamatan untuk suatu reaktor penelitian. Pendekatan dasar yang biasa dilakukan terhadap hal ini adalah mempertimbangkan kejadian awal bagi kecelakaan yang mungkin terjadi, dengan menggunakan metode deterministik untuk memperkirakan kemungkinan pelepasan radioaktivitas maksimum ke lingkungan. Metode probabilistik dapat digunakan untuk mengevaluasi rangkaian kecelakaan yang kemungkinan kejadiannya lebih besar; metode ini akan bermanfaat pula untuk mengevaluasi rangking (urutan) relatif resiko dan selanjutnya memberikan upaya untuk mengatasinya. Metode ini juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi kelemahan/kekurangan desain dan untuk mengkuantifikasikan nilai kemungkinan perbaikan atau modifikasi. Walaupun demikian, Pengkajian Keselamatan Probabilistik (PKP) tidak akan diberikan dalam pedoman ini karena digunakan metode deterministik.

Pertimbangan yang diberikan disini mencakup spektrum reaktor penelitian yang luas sehingga berisi informasi yang tidak berlaku untuk semua reaktor. Oleh karena itu, pertimbangan-pertimbangan ini tidak dimaksudkan sebagai persyaratan tetapi diberikan sebagai pedoman tambahan.

#### **A. Metode Identifikasi dan Seleksi Kejadian Awal**

Kejadian awal yang diperkirakan merupakan peristiwa yang dapat mengakibatkan rentetan kegagalan reaktor atau skenario kecelakaan. Kejadian awal dapat berasal dari kegagalan komponen, kesalahan fungsi sistem, kesalahan manusia atau kejadian luar dan kejadian dalam tertentu.

Metode yang digunakan untuk mengidentifikasi kejadian awal yang diperkirakan dan memilih serangkaian kejadian untuk analisis lebih lanjut harus ditentukan. Metode ini harus menjamin bahwa daftar kejadian awal selengkap mungkin, bahwa kejadian awal dikelompokkan ke dalam beberapa cara/model tertentu untuk menyederhanakan analisis, dan bahwa batasan atau ketentuan kejadian awal dalam masing-masing kelompok diseleksi untuk analisis lebih lanjut. Metode tersebut dapat mencakup satu atau lebih hal-hal berikut :

1. Daftar kejadian awal dalam reaktor penelitian. Daftar kejadian awal yang mungkin terjadi dalam reaktor penelitian diberikan dalam Tabel I;

2. Evaluasi teknis. Potensi sumber dan jenis bahaya radiologi fasilitas diidentifikasi, dan penilaian sistematis terhadap desain fasilitas, operasi dan faktor-faktor tapak dilakukan untuk mengidentifikasi peristiwa yang dapat mengakibatkan bahaya radiologi;
3. Pengalaman Operasi. Pengalaman yang lalu dari fasilitas atau dari fasilitas lain yang serupa, termasuk penilaian laporan keselamatan, dapat digunakan untuk menyusun atau mendukung daftar kejadian awal;
4. Analisis logik. Contoh analisis ini adalah model logik atas-bawah yang dikenal sebagai "*Master Logic Diagram*", yang serupa dengan pohon kegagalan.

Metode yang digunakan untuk menolak kejadian awal tertentu dan mengeluarkannya dari analisis selanjutnya harus ditentukan. Metode tersebut dapat melakukan penolakan terhadap kejadian awal berikut :

1. Kejadian awal yang tidak konsisten atau tidak sesuai: kejadian awal yang dinyatakan sebagai kejadian di luar lingkup analisis atau yang tidak berarti yang diperoleh dari hasil inspeksi;
2. Kejadian awal yang tidak mungkin terjadi: kejadian awal yang tidak mungkin terjadi pada reaktor penelitian yang sedang dipelajari;
3. Kejadian awal yang sangat jarang terjadi: kejadian awal dengan frekuensi kejadiannya sangat kecil sehingga merupakan calon untuk ditolak berdasarkan kemungkinan kejadiannya (misalnya tubrukan pesawat), dengan menggunakan data statistik atau perkiraan konservatif. Kombinasi dari kejadian awal yang mandiri, yang masing-masing mempunyai frekuensi kejadian yang rendah, juga termasuk kategori ini.

Metode tertentu dapat digunakan untuk mengelompokkan kejadian awal berikut :

1. Kejadian awal yang memerlukan fungsi keselamatan serupa yang menentukan parameter desain sistem keselamatan;
2. Kejadian awal yang mempunyai pengaruh serupa terhadap perilaku reaktor atau terhadap struktur atau komponen dimana digunakan model perhitungan yang serupa;
3. Kejadian awal yang dapat membantu dalam pemilihan batasan kasus untuk analisis dalam masing-masing kelompok; dan
4. Kejadian awal luar yang mempunyai potensi dampak umum keseluruhan fasilitas.

Salah satu kelompok kejadian ini diberikan pada Bab XVI sub bab C.

Metode yang digunakan untuk memilih kejadian awal untuk dianalisis lebih lanjut harus mencakup kejadian awal yang membatasi semua kejadian awal lain dalam kelompoknya.

## **B. Metode Analisis Rangkaian Kejadian**

Metode harus dikembangkan untuk mengevaluasi rentetan kejadian tahap demi tahap, dimulai dari awal kejadian sampai ke kondisi stabil akhir. Metode ini harus mencakup aturan-aturan atau kesepakatan/konvensi yang berkaitan dengan sistem reaktor, termasuk sistem proteksi reaktor yang dianggap berfungsi. Jika ada kemungkinan terjadi kegagalan kelongsong bahan bakar, maka penghalang lain untuk penyebaran aktivitas harus dipertimbangkan. Penyelesaian dari rangkaian kejadian harus dipertimbangkan, tidak hanya bila semua sistem berfungsi dengan baik tetapi juga bila beberapa diantaranya gagal. Pertimbangan harus diberikan untuk jenis kejadian yang akan dievaluasi dengan menggunakan metode ini, dan jenis kejadian yang akan dievaluasi dengan metode lainnya.

Metode untuk menyelidiki rangkaian kejadian harus dibuat. Rangkaian tersebut harus mencakup respons reaktor dan sistem reaktor, maupun interaksi manusia; rangkaian kejadian yang mungkin terjadi untuk kasus dengan sistem keselamatan yang berfungsi dengan baik dan untuk kasus dengan suatu sistem yang gagal harus diuraikan.

Butir-butir dibawah ini harus dipertimbangkan :

1. Pemakaian teknik terstruktur, seperti pohon kejadian atau diagram rangkaian kejadian;
2. Identifikasi peristiwa penting berdasarkan skala-waktu, misalnya trip pemantau flux dan start insersi batang kendali;
3. Indikasi ketepatan dan ketidaktepatan fungsi dari instrumentasi dan kendali reaktor yang beroperasi secara normal;
4. Evaluasi tiga fungsi keselamatan pokok: shutdown reaktor, pendinginan bahan bakar dan ketahanan pengungkungan radionuklida, termasuk indikasi ketepatan fungsi dari sistem proteksi reaktor dan sistem keselamatan serta kegagalan sistem-sistem tersebut;
5. Tindakan operator yang diperlukan;
6. Evaluasi frekuensi atau kemungkinan kejadian yang akan dilaksanakan dalam mengevaluasi rangkaian kejadian; dan



7. Kondisi untuk mengakhiri analisis, termasuk sebagai contoh: situasi dimana kondisi stabil tercapai (tidak ada penyinaran atau pelepasan), atau jika kemungkinan rangkaian kejadian sedemikian rendah sehingga analisis selanjutnya tidak diperlukan/dijamin, atau bila semua tingkat pertahanan penghalang terhadap kejadian awal terlampaui dan rangkaian tersebut mengakibatkan terjadinya paparan personil atau pelepasan zat radioaktif yang cukup berarti.

Aturan atau konvensi harus dibuat untuk menentukan respons sistem reaktor; aturan atau konvensi ini harus mengacu pada :

1. Pengaruh dari kegagalan tunggal acak;
2. Kualifikasi (atau kehilangan kualifikasi) sistem pada kondisi kecelakaan;
3. Sistem keselamatan dan sistem proteksi termasuk keandalan dalam bentuk kuantitatif;
4. Sistem penunjang, seperti daya listrik normal dan darurat serta air pendingin;
5. Parameter trip berlapis (*redundant*);
6. Tindakan sistem yang independen/mandiri;
7. Tindakan operator (seperti waktu respons, penunjukkan (*display*) informasi pada konsol); dan
8. Pelaksanaan evaluasi frekuensi atau evaluasi probabilistik untuk mengkaji respons sistem, sampai sejauh mana evaluasi tersebut akan digunakan dan metode itu akan diterapkan (termasuk validasinya).

Aturan dan konvensi harus dibuat untuk menentukan rangkaian kejadian yang berada di luar dasar desain dan oleh karenanya tidak dianalisis lebih lanjut.

Aturan tersebut dapat didasarkan pada :

1. Analisa kualitatif yang membenarkan penolakan kejadian yang tidak mungkin terjadi atau kejadian yang dianggap tidak dapat terjadi pada reaktor yang sedang dipelajari;
2. Kualifikasi fasilitas atau sistem reaktor untuk mempertahankan dampak kejadian; atau
3. Analisa probabilistik atau frekuensi kuantitatif.

Efek kegagalan yang saling tergantung (seperti efek saling silang atau efek penyebab umum) dan kesalahan manusia harus dipertimbangkan, yang meliputi :

1. Penyelidikan yang dilakukan untuk mengidentifikasi penyebab khusus dari kegagalan yang saling tergantung atau kesalahan manusia;

2. Evaluasi dampak kesalahan manusia baik pada inisiasi kecelakaan atau keparahan berkembangnya rangkaian kecelakaan; dan
3. Pengkajian tentang validitas asumsi atau aturan yang berkaitan dengan respons sistem reaktor selama rangkaian kecelakaan.

Frekuensi atau probabilistik rangkaian kejadian dapat dievaluasi; hal ini akan membantu dalam menentukan rangkaian kejadian yang harus dipisahkan dari dasar desain atau untuk mengkaji resiko relatif yang dihasilkan oleh berbagai rangkaian.

Evaluasi ini harus meliputi :

1. Frekuensi kejadian awal yang dikenal atau diperkirakan, misalnya kehilangan daya listrik dan kegagalan pompa atau patahnya jaringan pipa;
2. Metode untuk memperkirakan probabilistik kegagalan dari setiap sistem keselamatan atau sistem pendukung keselamatan;
3. Aturan mengenai pembagian rangkaian kejadian untuk mencegah (atau mengakomodasi) pembagian sembarang (arbitran) pada tingkat sistem, seperti pembagian sembarang (arbitran) kejadian awal (seperti satu seri pipa patah yang serupa selain dari kejadian umum, dan meteorologi tertentu) yang dapat mengakibatkan banyak rangkaian kejadian serupa dan yang mungkin mempunyai kebolehjadian kumulatif yang rendah; dan
4. Konvensi untuk menentukan kemungkinan rangkaian kejadian, dengan mempertimbangkan pengaruh kegagalan yang saling tergantung. Sebagai contoh, kebolehjadian kehilangan fungsi keselamatan yang mungkin ditentukan sebagai produk dari kebolehjadian kegagalan sistem-sistem terkait dan kebolehjadian kumulatif kejadian awal serupa jika sistem dan kejadian ini saling tak tergantung.

Batasan atau ikatan rangkaian kejadian pada masing-masing kelompok harus dipilih untuk analisis lebih lanjut untuk mengurangi jumlah kejadian yang akan dianalisis dengan menggunakan metode analisis transien teras.

Pertimbangan harus diberikan terhadap :

1. Asumsi konservatif yang dibuat dalam klasifikasi kejadian untuk memberikan kelonggaran (margin) keselamatan (seperti ketidakpastian yang diperkenankan dan tidak diperhitungkannya secara penuh tindakan mitigasi dari sistem atau respons operator) atau untuk menjamin agar semua rangkaian pada setiap kelompok telah tercakup, dimulai dari semua keadaan yang diperbolehkan dalam rangkaian operasi; dan

2. Metode yang digunakan untuk memilih rangkaian yang terkait dalam suatu kelompok kejadian yang mewakili seluruh kelompok dan tidak hanya rangkaian tertentu, termasuk rangkaian kejadian yang mempunyai akibat paling parah.

### C. Metode Evaluasi Kejadian Luar dan Kejadian Dalam Khusus

Metode umum yang digunakan untuk mengevaluasi kejadian-kejadian di dalam dan di luar fasilitas, seperti gempa bumi, badai atau kerusakan komponen reaktor bertekanan atau bagian dalam reaktor secara tiba-tiba, harus disajikan dalam Bab LAK yang sesuai. Pedoman lebih lanjut tentang proteksi terhadap kejadian ini diberikan dalam Bab II dan III.

Pada umumnya, kualifikasi desain merupakan kegiatan yang dapat diterima untuk proteksi terhadap kejadian luar apabila masalah penentuan tapak telah diselesaikan (seperti jika pada tapak tidak ada potensi bahaya yang memerlukan tindakan proteksi).

Metode untuk menentukan dasar desain bagi fenomena luar tertentu dapat diberikan sebagai berikut :

1. Potensi suatu kejadian pada tapak reaktor untuk setiap fenomena dapat dikaji. Bila ada potensi tersebut, data historis dievaluasi untuk menentukan intensitas dan frekuensi kejadian fenomena tersebut;
2. Parameter fisika yang berkaitan dengan tingkat keparahan yang berbeda dari masing-masing fenomena eksternal dapat diidentifikasi;
3. Hubungan antara keparahan fenomena dan frekuensi kejadian yang ditentukan (frekuensi ulang yang terdefinisi, seringkali dalam rentang  $10^{-3}$  pertahun) dengan proteksi yang diperlukan dalam mengamankan struktur, sistem dan peralatan keselamatan yang penting;
4. Parameter dasar desain untuk fenomena tersebut dievaluasi, sesuai dengan frekuensi ulang yang digunakan sebagai dasar desain.

Kualifikasi desain dapat mencegah kegagalan komponen bertekanan. Dalam hal ini Bab LAK yang sesuai harus menguraikan standar desain dan konstruksi yang digunakan (misalnya standar rekayasa yang berlaku) untuk mencegah kegagalan struktur dan mengamankan fungsi keselamatan yang disyaratkan. Acuan dapat dilakukan pada Bab-bab LAK yang sesuai (lihat Bab II dan III).

## Evaluasi Kualitatif

Pertimbangan harus diberikan terhadap kondisi-kondisi dengan evaluasi kualitatif yang digunakan dalam analisis keselamatan untuk memberlakukan rangkaian kejadian yang sesuai, sebagai contoh :

1. Perlakuan rangkaian kegagalan yang tidak terbatas (misalnya rangkaian kegagalan yang terikat oleh kejadian awal lain);
2. Pembeneran terhadap upaya desain untuk mencegah rangkaian kejadian tertentu atau untuk menunjukkan bahwa kejadian tersebut tidak akan terjadi; dan
3. Pembeneran upaya administrasi untuk mengurangi kebolehjadian kegagalan.

Alasan kualitatif tersebut harus digunakan secara hati-hati dan Badan Pengawas harus dihubungi untuk membahas penerimaannya.

### **D. Kriteria Penerimaan**

Hasil-hasil penting analisis keselamatan harus dibandingkan dengan kriteria penerimaan.

LAK harus menyajikan tidak hanya kriteria penerimaan yang sesuai dengan analisis keselamatan tetapi juga hasil-hasil perbandingan diatas.

**TABEL I**  
**PEMILIHAN KEJADIAN AWAL POSTULASI**

1. Kehilangan daya listrik:
  - Kehilangan daya listrik normal
2. Pemasukan reaktivitas lebih
  - a. Kekritisasi selama penanganan dan pemuatan bahan bakar (kesalahan pemasukan bahan bakar)
  - b. Kecelakaan start up reaktor
  - c. Kegagalan batang kendali atau pendukung batang kendali
  - d. Kegagalan sistem atau penggerak batang kendali
  - e. Kegagalan peralatan kendali reaktivitas lainnya (moderator, reflektor, dan lain-lain)
  - f. Posisi batang kendali yang tidak seimbang
  - g. Kegagalan atau runtuhnya komponen struktur
  - h. Pemasukan air dingin
  - i. Perubahan moderator (misalnya hampa, kebocoran D<sub>2</sub>O ke dalam sistem H<sub>2</sub>O, dan lain-lain)
  - j. Pengaruh eksperimen dan fasilitas eksperimen (misalnya banjir, hampa, efek temperatur, pemasukan atau pengeluaran bahan dapat belah atau bahan penyerap, dan lain-lain)
  - k. Reaktivitas shutdown yang tidak mencukupi
  - l. Kesalahan perawatan peralatan reaktivitas
  - m. Kendali batang kendali yang kurang hati-hati
3. Kehilangan aliran:
  - a. Kegagalan pompa primer
  - b. Pengurangan aliran pendingin primer (misalnya kegagalan katup, penyumbatan di dalam pipa atau penukar panas)
  - c. Pengaruh kegagalan atau kesalahan penanganan eksperimen
  - d. Kegagalan sistem pendingin darurat
  - e. Patahnya sistem pendingin primer (pipa atau bejana) yang mengakibatkan kehilangan pendingin
  - f. Penyumbatan saluran bahan bakar

- g. Distribusi daya yang kurang layak, misalnya yang disebabkan oleh posisi batang kendali yang tidak seimbang, eksperimen dalam teras atau pemuatan bahan bakar
  - h. Pengurangan pendingin akibat pemintasan teras
  - i. Kesalahan fungsi pengendali daya reaktor
  - j. Penyimpangan tekanan sistem dari batas normal
  - k. Kehilangan buangan panas (misalnya kegagalan katup atau pompa, putusnya sistem, dan lain-lain).
4. Kehilangan pendingin
- a. Putusnya sistem pendingin primer
  - b. Kerusakan kolam
  - c. Pengurasan kolam
  - d. Kegagalan tabung bekas atau penetrasi lain
5. Kesalahan penanganan atau kesalahan fungsi peralatan atau komponen
- a. Kegagalan kelongsong elemen bakar
  - b. Kerusakan mekanis pada teras atau bahan bakar (misalnya penanganan bahan bakar, jatuhnya wadah pengangkut pada bahan bakar, dan lain-lain)
  - c. Kekritisitas dalam gudang bahan bakar
  - d. Kegagalan pengungkung atau sistem ventilasi
  - e. Kehilangan pendingin bahan bakar selama pemindahan atau penyimpanan
  - f. Kehilangan atau pengurangan perisai yang memadai
  - g. Kegagalan peralatan atau bahan eksperimen (misalnya putusnya simpal, dan lain-lain)
  - h. Terlampauinya kemampuan bahan bakar
6. Kejadian internal khusus:
- a. Kebakaran atau ledakan
  - b. Banjir
  - c. Kehilangan sistem pengungkung
  - d. Insiden pengamanan
  - e. Kesalahan fungsi eksperimen reaktor
  - f. Akses ke daerah terlarang yang tidak semestinya

7. Kejadian luar

- a. Gempa bumi (termasuk sesar dan longsor akibat seismik)
- b. Banjir (termasuk kegagalan bendungan, penyumbatan sungai)
- c. Badai dan missil akibat badai
- d. Topan, angin ribut dan petir
- e. Ledakan
- f. Tubrukan pesawat
- g. Kebakaran
- h. Penyebaran racun
- i. Kecelakaan pengangkutan
- j. Pengaruh fasilitas yang berdekatan

8. Kesalahan manusia

## **ANAK LAMPIRAN II**

Contoh parameter input/ masukan dan kondisi awal yang harus diidentifikasi dalam LAK adalah :

- Koefisien reaktivitas suhu moderator (dan pendingin)
- Koefisien reaktivitas gelembung (*void*) moderator
- Koefisien reaktivitas suhu bahan bakar
- Umur neutron spontan efektif
- Fraksi neutron kasip
- Flux panas rata-rata
- Flux panas maksimum
- Rasio penyimpangan dari pendidihan inti minimum
- Rasio flux panas kritis minimum
- Kelonggaran (margin) terhadap mulainya (onset) gelembung (*void*) yang berarti
- Kelonggaran (margin) terhadap mulainya (onset) ketidakstabilan aliran
- Distribusi daya aksial
- Distribusi daya radial
- Faktor kanal panas
- Laju alir pendingin teras
- Suhu inlet/outlet pendingin teras
- Tekanan inlet/outlet pendingin teras
- Suhu inlet pendingin kanal panas
- Suhu pusat bahan bakar maksimum
- Suhu kelongsong bahan bakar
- Inventori sistem pendingin reaktor
- Ketinggian pendingin dalam bejana atau tangki reaktor
- Ketinggian pendingin dalam komponen (misalnya tangki tunda)
- Suhu dan laju alir masa penukar panas
- Fraksi bakar (fraksi bakar outlet, rasio fraksi bakar (*burn up*) puncak dan rata-rata)
- Nilai batang kendali (nilai perbedaan dan total, kelonggaran (margin) shutdown)
- Laju insersi reaktivitas selama kedaruratan.



### ANAK LAMPIRAN III

#### **CONTOH HAL-HAL YANG HARUS DIPERTIMBANGKAN DALAM URAIAN REAKTOR**

##### **A. Uraian Singkat**

Uraian singkat tentang aspek-aspek reaktor berikut harus diberikan :

1. Tujuan reaktor (sumber neutron, fasilitas iradiasi, uji material);
2. Jenis reaktor (kolam, tangki, dan lain-lain) :
  - a. Jenis bahan bakar;
  - b. Moderator;
  - c. Reflektor;
  - d. Konfigurasi teras (bahan bakar, bahan reflektor, mekanisme kendali reaktivitas);
  - e. Mekanisme kendali reaktivitas untuk pengaturan daya (batang kendali atau batang pengatur);
  - f. Mekanisme kendali reaktivitas untuk shutdown (batang pengaman);
3. Pendingin;
4. Desain mekanik reaktor :
  - a. Bejana reaktor, kolam reaktor;
  - b. Strukturudukan teras;
  - c. Jembatan reaktor;
  - d. Tabung berkas, fasilitas uji dalam teras;
  - e. Ketentuan sirkulasi alam (katup kipas (*happer*), saluran (gas) pendingin, dan lain-lain).
5. Perisai;
6. Tabel ringkasan yang berisi karakteristik unjuk kerja dan desain utama :
  - a. Daya rata-rata,
  - b. Flux neutron,
  - c. Aliran pendingin teras,
  - d. Suhu inlet/outlet teras,
  - e. Rapat daya;

## **B. Struktur Reaktor**

Uraian terinci tentang hal-hal berikut diperlukan :

1. Kolam/bejana reaktor;
2. Dudukan teras, pelat kisi;
3. Jembatan reaktor;
4. Reflektor;
5. Perisai (termasuk perisai tabung berkas yang dapat bergerak);
6. Dudukan untuk instrumentasi teras;
7. Tabung berkas;
8. Fasilitas uji dalam-teras;
9. Ketentuan sirkulasi alam.

Uraian tersebut harus mencakup bahan dan dimensinya dan harus didukung dengan gambar. Pengaruh korosi, kerapuhan, dosis neutron, dan lain-lain terhadap umur komponen mekanik yang berkaitan dengan keselamatan harus dibahas.

## **C. Sistem Kendali Reaktivitas, Sistem Shutdown Reaktor**

Fungsi dari desain mekanik dan listrik harus diuraikan. Uraian tersebut harus mencakup bahan dan dimensinya dan harus didukung dengan gambar. Mekanisme kendali reaktivitas dan instrumentasinya, seperti posisi atau statusnya (tergabung/terpisah), harus disajikan, disertai dengan waktu insersi dan interlok. Dampak korosi, kerapuhan, dosis neutron, dan lain-lain; terhadap umur komponen mekanik dan listrik juga harus dibahas. Parameter desain yang berkaitan dengan keselamatan harus dikemukakan, seperti :

1. Kecepatan batang kendali;
2. Waktu insersi batang shutdown;
3. Penarikan batang kendali maksimum.

Upaya-upaya untuk mencegah kerusakan pada batang kendali dan batang shutdown harus diuraikan.

## **D. Bahan Bakar**

Bahan bakar yang digunakan harus dispesifikasikan, termasuk pengayaan uranium dan jenis bahan bakar (paduan logam, oksida, aluminida, karbida). Uraian bahan bakar harus ditunjang dengan gambar, dan karakteristik utama bahan bakar

harus dikemukakan :

1. Tebal kelongsong;
2. Panjang daerah aktif;
3. Lebar kanal pendingin;
4. Jumlah pelat/pipa;
5. Bahan kelongsong;
6. Muatan uranium.

Kejadian pada bahan bakar yang digunakan harus diuraikan.

Jika kendali bahan bakar digunakan dan termasuk kanal-kanal untuk gerakan batang atau garpu penyerap neutron, bahan tersebut harus diuraikan.

#### **E. Mekanisme Kendali Reaktivitas**

Mekanisme kendali reaktivitas harus diuraikan, yang berisi dimensi utama, bahan penyerap neutron yang digunakan, dan informasi tentang pengalaman dengan mekanisme pengendalian reaktivitas atau yang serupa. Uraian tersebut harus didukung dengan gambar.

#### **ANAK LAMPIRAN IV**

##### **CONTOH SUMBER ZAT RADIOAKTIF ATAU MEDAN RADIASI DALAM REAKTOR PENELITIAN**

Contoh-contoh sumber zat radioaktif dan medan radiasi yang mungkin dihasilkan dalam reaktor penelitian adalah :

- Inventori hasil belah (fisi) dalam teras reaktor;
- Tempat penyimpanan bahan bakar bekas;
- Konsentrasi hasil belah (fisi) serta hasil aktivasi dan korosi dalam kolam atau sistem pendingin;
- Peralatan, sistem dan pipa yang mengandung sumber aktivasi;
- Fasilitas pengelolaan limbah serta limbah padat dan cair, serta kebocoran atau tumpahan zat radioaktif dari fasilitas ini;
- Zat radioaktif gas dari kolam, sistem pendingin, sistem penampung gas, sistem reflektor dan fasilitas eksperimen yang dihubungkan dengan sistem ventilasi atau kebocoran dari sistem ini;
- Zat radioaktif udara dalam daerah yang biasa ditempati oleh personil;
- Fasilitas eksperimen yang berpotensi menimbulkan zat teraktivasi atau zat radioaktif lainnya, atau fasilitas penyimpanan dan penanganan zat tersebut, termasuk fasilitas aktivasi/iradiasi sampel, eksperimen dalam teras dan hotcell;
- Bahan yang teriradiasi dalam reaktor;
- Sumber neutron untuk start up reaktor.

## DEFINISI

### **Batasan yang dapat diterima**

adalah batas yang dapat diterima oleh Badan Pengawas.

### **Kondisi Kecelakaan**

adalah penyimpangan dari keadaan operasi normal dengan pelepasan zat radioaktif dipertahankan didalam batas yang dapat diterima melalui sistem desain yang memadai. Penyimpangan ini tidak mencakup kecelakaan parah.

### **Manajemen Kecelakaan**

adalah pengelolaan serangkaian tindakan :

- Selama evolusi rangkaian kejadian, sebelum kecelakaan dasar desain fasilitas terlampaui, atau
- Selama kecelakaan dasar desain, tanpa kerusakan teras, atau
- Setelah terjadi kerusakan teras untuk mengembalikan fasilitas ke suatu keadaan aman yang terkendali dan untuk memperkecil akibat kecelakaan tersebut.

### **Peristiwa Operasi yang Diperkirakan**

adalah semua proses operasi yang menyimpang dari operasi normal yang diperkirakan terjadi sekali atau beberapa kali selama umur operasi reaktor, dan dari segi ketentuan desain, tidak menyebabkan kerusakan apapun pada barang/bahan yang penting untuk keselamatan atau tidak mengakibatkan kondisi kecelakaan.

### **Pemohon**

adalah organisasi yang mengajukan permohonan untuk memperoleh izin untuk kegiatan tertentu yang berkaitan dengan penentuan tapak, desain dan konstruksi, komisioning, pemanfaatan dan modifikasi dan dekomisioning fasilitas.

### **Otorisasi**

adalah pemberian persetujuan tertulis untuk melakukan kegiatan tertentu.

### **Komisioning**

adalah proses dimana komponen dan sistem reaktor, yang telah dikonstruksi, diuji coba dan diverifikasi sesuai dengan asumsi desain dan telah memenuhi kriteria unjuk kerjanya; komisioning meliputi pengujian non nuklir dan pengujian nuklir.

### **Konstruksi**

adalah proses pembuatan dan perakitan komponen fasilitas reaktor penelitian nuklir, pelaksanaan pekerjaan sipil dan struktur, pemasangan komponen dan peralatan serta pelaksanaan pengujian terkait (tidak termasuk dalam tahap komisioning).

### **Dekomisioning**

adalah proses penghentian suatu reaktor dari operasinya secara permanen.

### **Kecelakaan Dasar Desain**

adalah kondisi kecelakaan dengan fasilitas reaktor penelitian sesuai dengan kriteria desain yang ditetapkan.

### **Sistem Keselamatan Teknis**

(Lihat Sistem Keselamatan)

### **Peralatan Eksperimen**

peralatan yang dipasang di dalam atau di sekeliling reaktor untuk memanfaatkan fluks neutron dan radiasi pengion dari reaktor guna keperluan penelitian, pengembangan, produksi isotop atau keperluan lainnya.

### **Penyimpanan Sementara (penyimpan)**

Penyimpanan zat radioaktif seperti :

- (a) Isolasi, pemantauan, proteksi lingkungan dan kendali personil dapat diberikan; dan
- (b) Tindakan berurutan termasuk pengolahan, pengangkutan dan pembuangan atau pengolahan ulang dapat diperkirakan.

### **Pemegang Izin**

pemegang suatu izin yang diterbitkan oleh Badan Pengawas untuk melakukan kegiatan khusus yang berkaitan dengan fasilitas reaktor penelitian nuklir. Pemohon menjadi pemegang izin setelah menerima suatu izin yang diterbitkan oleh Badan

Pengawas.

### **Modifikasi (Modifikasi Reaktor)**

perubahan di dalam atau penambahan terhadap konfigurasi reaktor yang ada dengan pelaksanaan keselamatan potensial yang dimaksudkan untuk kesinambungan operasi reaktor. Modifikasi ini dapat menyangkut sistem keselamatan atau sistem, prosedur, dokumentasi atau kondisi operasi yang berkaitan dengan keselamatan.

### **Operasi Normal**

operasi reaktor penelitian dan peralatan eksperimen yang sesuai didalam batas dan kondisi operasi yang ditetapkan, termasuk start up reaktor, operasi daya, shutdown reaktor, perawatan, pengujian dan penggantian bahan bakar (lihat status operasi).

### **Organisasi Pengoperasi**

adalah organisasi yang diberi wewenang oleh Badan Pengawas (atau pemerintah) untuk mengoperasikan fasilitas reaktor nuklir.

### **Operasi**

semua kegiatan yang dilaksanakan untuk mencapai tujuan dibangunnya fasilitas reaktor penelitian nuklir, termasuk perawatan, penggantian bahan bakar dan kegiatan lain yang terkait.

### **Batas dan Kondisi Operasi**

seperangkat aturan yang menetapkan batas parameter, kemampuan fungsi dan tingkat unjuk kerja peralatan dan personil yang disetujui oleh Badan Pengawas untuk mengoperasikan fasilitas reaktor penelitian secara aman.

### **Status Operasi**

status operasi yang merupakan operasi normal dan jenis operasi lain yang diperkirakan.

### **Tindakan Proteksi**

tindakan sistem proteksi berupa aktivasi peralatan aktuasi keselamatan tertentu seperti sistem shutdown reaktor.

### **Jaminan Kualitas**

semua tindakan yang sistematis dan terencana yang diperlukan untuk memperoleh

keyakinan bahwa suatu barang atau jasa akan memuaskan sesuai dengan persyaratan kualitas.

### **Manajemen Reaktor**

staf organisasi operasi yang dilimpahi tanggung jawab dan wewenang untuk melakukan pengoperasian fasilitas reaktor penelitian.

### **Reaktor Penelitian**

reaktor nuklir yang digunakan terutama untuk pembangkitan dan pemanfaatan fluks neutron dan radiasi pengion untuk penelitian dan keperluan lainnya.

### **Keselamatan (atau Keselamatan Nuklir)**

pencapaian kondisi operasi yang layak, pencegahan kecelakaan atau pengurangan akibat kecelakaan, dalam rangka melindungi personil tapak, masyarakat dan lingkungan terhadap bahaya radiasi yang tidak diinginkan.

### **Laporan Analisis Keselamatan**

dokumen yang disampaikan pemohon kepada Badan Pengawas dan berisi informasi tentang fasilitas reaktor penelitian nuklir, desain, analisis keselamatan dan peralatan untuk mengurangi resiko terhadap masyarakat, personil operasi dan lingkungan.

### **Batas Keselamatan**

batasan variabel proses dengan operasi fasilitas reaktor penelitian dalam keadaan aman.

### **Kelonggaran (margin) Keselamatan**

perbedaan antara batas keselamatan dan batas operasi. Kadang-kadang hal ini dinyatakan sebagai rasio dari kedua nilai tersebut.

### **Sistem atau Komponen/Struktur yang Berkaitan dengan Keselamatan**

adalah sistem atau komponen/struktur yang penting untuk keselamatan tetapi yang bukan merupakan komponen/struktur atau sistem keselamatan.

### **Sistem Keselamatan**

sistem yang penting untuk keselamatan, yang diperlukan untuk menjamin shutdown reaktor dengan aman, atau untuk memindahkan panas dari teras reaktor atau untuk



membatasi akibat operasi yang diperkirakan dan kondisi kecelakaan.

### **Setting Sistem Keselamatan**

nilai aktivasi peralatan proteksi otomatis yang sesuai, yang ditujukan untuk memulai tindakan guna mencegah terlampauinya batas keselamatan dalam hal terjadi kondisi kecelakaan dan operasi yang diperkirakan.

### **Sistem Shutdown**

sistem yang diperlukan untuk melakukan shutdown reaktor melalui penurunan reaktivitas dengan cepat baik secara manual atau pada saat menerima sinyal dari sistem proteksi.

### **Kelonggaran (Margin) Shutdown**

adalah reaktivitas negatif yang disediakan sebagai tambahan yang diperlukan untuk mempertahankan reaktor dalam kondisi subkritis tanpa batas waktu dengan batang kendali yang paling reaktif dipindahkan dari teras, dan semua eksperimen yang dapat dipindahkan atau diubah selama operasi dalam kondisi paling reaktif.

### **Reaktivitas Shutdown**

nilai reaktivitas dimana reaktor akan subkritis dengan peralatan kendali yang memberikan reaktivitas negatif maksimum.

### **Sistem Shutdown**

Sistem yang perlu untuk melaksanakan shutdown reaktor dengan pengurangan reaktivitas dengan cepat baik secara manual atau dengan penerimaan sinyal dari sistem proteksi.

### **Tapak**

daerah dimana didalamnya terdapat gedung reaktor, yang dinyatakan dengan suatu batas tertentu dan berada dibawah kendali manajemen reaktor yang efektif.

### **Penentuan Tapak**

proses pemilihan tapak yang layak untuk suatu fasilitas reaktor penelitian nuklir, termasuk pengkajian yang sesuai dan definisi dasar desain yang terbaru.

### **Sistem/Tempat Buangan Panas Akhir**

atmosfir atau badan air atau kombinasi keduanya dengan panas sisa yang dipindahkan.

**Pemanfaatan**

penggunaan reaktor atau peralatan eksperimen selama operasi reaktor.

**Pengelolaan Limbah Radioaktif**

semua kegiatan, baik administrasi maupun operasional, yang mencakup penanganan, perlakuan, pengkondisian, pengangkutan, penyimpanan dan pembuangan limbah.

**Pembuangan**

penempatan limbah dalam suatu repositori (tempat penyimpanan), atau pada suatu lokasi tertentu, tanpa mengambilnya kembali. Pembuangan mencakup pula pelepasan langsung limbah yang telah disetujui ke lingkungan, dan penyebaran berikutnya.

**Sistem Proteksi**

adalah sistem yang mencakup semua peralatan listrik maupun mekanik dan sirkuit dari sensor ke terminal input peralatan penggerak, yang terlibat dalam pembangkitan sinyal yang berkaitan dengan fungsi proteksi.