

PERATURAN KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR  
NOMOR ... TAHUN ...  
TENTANG  
KETENTUAN KESELAMATAN DESAIN REAKTOR DAYA

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR,

- Menimbang : a. bahwa substansi ketentuan teknis dalam Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor Nomor 3 Tahun 2011 tentang Ketentuan Keselamatan Desain Reaktor Daya dipandang sudah tidak sesuai lagi dengan perkembangan standar internasional yang berlaku dan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi berkaitan dengan keselamatan desain reaktor daya, sehingga perlu diganti;
- b. bahwa lingkup dari Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 3 Tahun 2011 tentang Ketentuan Keselamatan Desain Reaktor Daya perlu diperluas agar berlaku juga untuk semua jenis reaktor daya;
- c. bahwa berdasarkan pertimbangan sebagaimana dimaksud dalam huruf a dan huruf b, serta untuk melaksanakan ketentuan Pasal 16 Peraturan Pemerintah Nomor 54 Tahun 2012 tentang Keselamatan dan Keamanan Instalasi Nuklir, perlu menetapkan Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir tentang Ketentuan Keselamatan Desain Reaktor Daya;
- Mengingat : 1. Undang-Undang Nomor 10 Tahun 1997 tentang Ketenaganukliran (Lembaran Negara Republik Indonesia

Tahun 1997 Nomor 23, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 3676);

2. Peraturan Pemerintah Nomor 33 Tahun 2007 tentang Keselamatan Radiasi Pengion dan Keamanan Sumber Radioaktif (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 74, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4730);
3. Peraturan Pemerintah Nomor 54 Tahun 2012 tentang Keselamatan dan Keamanan Instalasi Nuklir (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2012 Nomor 107, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5313);
4. Peraturan Pemerintah Nomor 61 Tahun 2013 tentang Pengelolaan Limbah Radioaktif (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2013 Nomor 152, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5445);
5. Peraturan Pemerintah Nomor 2 Tahun 2014 tentang Perizinan Instalasi Nuklir dan Pemanfaatan Bahan Nuklir (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 8, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5496);

#### MEMUTUSKAN:

Menetapkan : PERATURAN KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR TENTANG KETENTUAN KESELAMATAN DESAIN REAKTOR DAYA.

#### BAB I

#### KETENTUAN UMUM

##### Pasal 1

Dalam Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir ini yang dimaksud dengan:

1. Reaktor Daya adalah reaktor nuklir yang memanfaatkan energi panas hasil pembelahan nuklir untuk pembangkitan daya.
2. Konstruksi adalah kegiatan membangun Instalasi Nuklir di Tapak yang sudah ditentukan, meliputi pekerjaan

arsitektural, sipil, mekanikal, elektrikal, tata lingkungan, pemasangan, dan pengujian struktur, sistem, dan komponen Instalasi Nuklir tanpa Bahan Nuklir.

3. Kejadian Awal Terpostulasi (postulated initiating event) yang selanjutnya disingkat PIE adalah kejadian yang teridentifikasi pada desain yang menimbulkan Kejadian Operasional Terantisipasi atau Kondisi Kecelakaan dan ancaman terhadap Fungsi Keselamatan.
4. Batasan dan Kondisi Operasi, yang selanjutnya disingkat BKO, adalah seperangkat aturan yang menetapkan batasan parameter, kemampuan fungsi dan tingkat kinerja peralatan dan petugas yang disetujui oleh Kepala BAPETEN untuk mengoperasikan Reaktor Daya secara selamat.
5. Operasi Normal adalah operasi di dalam BKO yang ditentukan.
6. Kejadian Operasi Terantisipasi adalah proses operasi yang menyimpang dari Operasi Normal yang diperkirakan terjadi paling sedikit satu kali selama umur operasi instalasi nuklir tetapi dari pertimbangan desain tidak menyebabkan kerusakan berarti pada peralatan yang penting untuk keselamatan atau mengarah pada Kondisi Kecelakaan.
7. Kecelakaan Dasar Desain adalah kecelakaan yang telah diantisipasi dalam desain instalasi nuklir.
8. Kecelakaan Yang Melampaui Dasar Desain adalah kecelakaan yang lebih parah dari kecelakaan dasar desain dan mengakibatkan lepasan radioaktif ke lingkungan hidup.
9. Kondisi Operasi adalah keadaan yang mencakup kondisi Operasi Normal dan Kejadian Operasi Terantisipasi.
10. Kondisi Kecelakaan adalah kondisi penyimpangan dari Operasi Normal yang lebih parah dari pada Kejadian Operasi Terantisipasi.
11. Struktur, Sistem, dan Komponen yang penting untuk keselamatan yang selanjutnya disingkat SSK yang penting untuk keselamatan, adalah struktur, sistem, dan komponen yang menjadi bagian dari suatu sistem keselamatan dan/atau struktur, sistem, dan komponen yang apabila gagal atau terjadi malfungsi menyebabkan terjadinya paparan radiasi terhadap pekerja atau anggota masyarakat.

12. Fungsi Keselamatan adalah tujuan spesifik yang harus dicapai SSK persyaratan desain terpenuhi.
13. Sistem Proteksi Reaktor adalah sistem yang memantau pengoperasian reaktor dan yang apabila mendeteksi kejadian abnormal, secara otomatis menginisiasi tindakan untuk mencegah reaktor ke kondisi tidak selamat.
14. Sistem Keselamatan adalah sistem yang penting untuk keselamatan, yang disediakan untuk menjamin shutdown reaktor dengan selamat atau pembuangan panas sisa bahan bakar, atau untuk membatasi dampak Kejadian Operasi Terantisipasi dan kondisi Kecelakaan Dasar Desain.
15. Kegagalan Tunggal adalah kegagalan yang mengakibatkan hilangnya kemampuan suatu komponen untuk melakukan fungsi keselamatan, dan semua kegagalan yang diakibatkannya.
16. Pertahanan Berlapis adalah penerapan upaya proteksi sehingga tujuan keselamatan dapat terwujud dimana bila terjadi kegagalan pada suatu tingkat pertahanan, dapat ditanggulangi/dimitigasi oleh pertahanan pada tingkat berikutnya.

## Pasal 2

- (1) Peraturan Kepala BAPETEN ini bertujuan untuk memberikan persyaratan desain bagi pemegang izin agar Reaktor Daya dapat dioperasikan secara selamat, mencegah kejadian yang dapat membahayakan keselamatan, dan memitigasi konsekuensi dalam hal terjadi kecelakaan.
- (2) Tanggung jawab utama terhadap keselamatan Reaktor Daya berada pada Pemegang Izin.

## Pasal 3

Peraturan Kepala BAPETEN ini berlaku untuk Reaktor Daya yang dibangun di daratan termasuk Reaktor Daya yang didesain untuk memanfaatkan produksi panas.

#### Pasal 4

- (1) Pemegang izin harus menyusun desain rinci Reaktor Daya.
- (2) Desain rinci Reaktor Daya sebagaimana dimaksud pada ayat (1) harus disampaikan pada Kepala BAPETEN sebagai salah satu persyaratan teknis untuk memperoleh persetujuan desain.
- (3) Desain rinci Reaktor Daya meliputi uraian mengenai :
  - a. Desain SSK yang penting untuk keselamatan yang memenuhi prinsip dasar keselamatan, tujuan dan Fungsi Keselamatan nuklir;
  - b. Desain SSK yang penting untuk keselamatan yang memenuhi persyaratan umum desain;
  - c. Spesifikasi teknis SSK Reaktor Daya.
- (4) Format dan isi desain rinci sebagaimana tercantum pada lampiran I yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari peraturan ini.

#### Pasal 5

Pemegang izin harus menjamin Reaktor Daya didesain dengan memenuhi prinsip dasar keselamatan nuklir dan tujuan keselamatan nuklir.

#### Pasal 6

Prinsip dasar keselamatan nuklir sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 meliputi:

- a. keselamatan inheren;
- b. penghalang ganda;
- c. margin keselamatan;
- d. redundansi;
- e. keragaman;
- f. kemandirian;
- g. gagal-selamat; dan
- h. kualifikasi peralatan.

#### Pasal 7

- (1) Tujuan keselamatan nuklir sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 meliputi tujuan umum dan tujuan khusus keselamatan nuklir.
- (2) Tujuan umum keselamatan nuklir sebagaimana dimaksud pada ayat (1) adalah untuk melindungi pekerja, masyarakat, dan lingkungan hidup yang dilakukan melalui upaya pertahanan yang efektif terhadap timbulnya bahaya radiasi di Reaktor Daya.
- (3) Tujuan khusus keselamatan nuklir sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi tujuan proteksi radiasi dan tujuan keselamatan teknis.
- (4) Tujuan proteksi radiasi sebagaimana dimaksud pada ayat (3) adalah menjamin:
  - a. paparan radiasi pada setiap kondisi instalasi atau setiap pelepasan zat radioaktif yang terantisipasi dari instalasi serendah-rendahnya yang secara praktik dapat dicapai dan di bawah pembatas dosis yang ditetapkan; dan
  - b. mitigasi dampak radiologi dari suatu kecelakaan yang ditimbulkan selama pengoperasian Reaktor Daya.
- (5) Tujuan keselamatan teknis sebagaimana dimaksud pada ayat (3) adalah:
  - a. mencegah terjadinya kecelakaan selama pengoperasian Reaktor Daya serta melakukan mitigasi dampak radiologi apabila kecelakaan tetap terjadi;
  - b. memastikan dengan tingkat kepercayaan tinggi bahwa semua kecelakaan yang telah dipertimbangkan dalam desain Reaktor Daya memberikan risiko serendah-rendahnya; dan
  - c. memastikan bahwa kecelakaan dengan dampak radiologi yang serius mempunyai kebolehjadian yang sangat kecil.

#### Pasal 8

- (1) Pertahanan yang efektif sebagaimana dimaksud dalam Pasal 7 ayat (2) diwujudkan melalui penerapan Pertahanan Berlapis untuk memenuhi Fungsi Keselamatan dasar Reaktor Daya.
- (2) Pertahanan Berlapis sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi:
  - a. tingkat 1, yaitu pencegahan penyimpangan dari Operasi Normal dan kegagalan SSK yang penting untuk keselamatan;
  - b. tingkat 2, yaitu pendeteksian dan pengendalian penyimpangan dari kondisi Operasi Normal untuk mencegah berkembangnya Kejadian Operasi Terantisipasi menjadi Kondisi Kecelakaan;
  - c. tingkat 3, yaitu pencegahan kerusakan teras reaktor atau pelepasan zat radioaktif yang signifikan ke luar tapak dan pengembalian Reaktor Daya ke kondisi selamat;
  - d. tingkat 4, yaitu mitigasi konsekuensi kecelakaan dan pengendalian untuk menjaga agar pelepasan zat radioaktif serendah mungkin; dan/atau
  - e. tingkat 5, yaitu mitigasi konsekuensi radiologi dari pelepasan zat radioaktif yang dilakukan dengan tindakan penanggulangan kedaruratan nuklir baik di dalam maupun luar tapak.
- (3) Pertahanan Berlapis dapat diimplementasikan melalui persyaratan desain dari penghalang fisik, dan kombinasi fitur keselamatan aktif, pasif dan melekat yang berkontribusi terhadap keefektifan penghalang fisik dalam mengungkung zat radioaktif.
- (4) Fungsi Keselamatan dasar Reaktor Daya sebagaimana dimaksud dalam ayat (1) meliputi:
  - a. mengendalikan reaktivitas;
  - b. memindahkan panas dari teras reaktor dan dari penyimpanan bahan bakar; dan
  - c. mengungkung zat radioaktif, menahan radiasi, mengendalikan lepasan zat radioaktif pada Kondisi Normal, dan membatasi lepasan zat radioaktif dalam hal terjadi Kondisi Kecelakaan.

#### Pasal 9

- (1) Fungsi Keselamatan dasar Reaktor Daya sebagaimana dimaksud dalam Pasal 8 ayat (3) harus dilaksanakan pada semua kondisi instalasi.
- (2) Kondisi instalasi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi:
  - a. Operasi Normal;
  - b. Kejadian Operasi Terantisipasi; dan
  - c. Kecelakaan Dasar Desain dan Kecelakaan yang Melampaui Dasar Desain.

#### Pasal 10

- (1) Untuk Reaktor Daya komersial, pemegang izin harus memastikan bahwa desain memenuhi kriteria:
  - a. semua SSK yang penting untuk keselamatan dalam reaktor nuklir telah teruji pada lingkungan yang relevan atau sesuai dengan Kondisi Operasi, dan diterapkan dalam purwarupa; dan
  - b. telah diberikan izin operasi secara komersial oleh badan pengawas dari negara yang telah membangun Reaktor Daya komersial.
- (2) Dalam hal digunakan desain atau fitur yang tidak teruji pada desain Reaktor Daya nonkomersial, keselamatan harus dibuktikan dengan program penelitian pendukung, uji kinerja dengan kriteria penerimaan atau pengalaman operasi yang relevan.

#### Pasal 11

Reaktor Daya dengan desain yang memanfaatkan produksi panas harus didesain untuk mencegah perpindahan zat radioaktif dari reaktor nuklir ke instalasi pemanfaatan produksi panas untuk semua kondisi instalasi.

#### Pasal 12

- (1) Pemegang izin harus menyampaikan data utama Reaktor Daya sebagai salah satu persyaratan izin tapak kepada Kepala BAPETEN.



- (2) Data utama reaktor sebagaimana dimaksud pada ayat (1) memuat dasar desain untuk setiap SSK yang penting untuk keselamatan.
- (3) Format dan isi dasar desain sebagaimana tercantum dalam lampiran II yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari peraturan ini.

## BAB II

### PERSYARATAN DESAIN

#### Pasal 13

- (1) Persyaratan desain Reaktor Daya sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 meliputi:
  - a. persyaratan umum desain; dan
  - b. persyaratan khusus desain.
- (2) Persyaratan umum desain sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf a meliputi desain:
  - a. keandalan struktur, sistem, dan komponen;
  - b. kemudahan operasi, inspeksi, perawatan dan pengujian;
  - c. proteksi radiasi;
  - d. kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan nuklir;
  - e. untuk faktor manusia;
  - f. untuk meminimalkan penuaan; dan
  - g. kemudahan dekomisioning.
- (3) Persyaratan khusus desain sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf b meliputi paling sedikit desain:
  - a. teras reaktor;
  - b. sistem pemindahan panas dan sistem terkait;
  - c. sistem shutdown;
  - d. Sistem Proteksi Reaktor;
  - e. sistem instrumentasi dan kendali;
  - f. fitur keselamatan teknis;
  - g. sistem dan struktur pengungkung;
  - h. sistem penanganan dan penyimpanan bahan bakar nuklir;
  - i. sistem pengelolaan limbah radioaktif;
  - j. sistem catu daya listrik;
  - k. sistem bantu; dan

1. sistem konversi daya.

#### Pasal 14

- (1) Persyaratan khusus desain Reaktor Daya sebagaimana dimaksud dalam pasal 13 ayat (3) harus memenuhi desain proteksi bahaya internal dan eksternal.
- (2) Apabila dalam satu tapak terdapat beberapa unit Reaktor Daya, desain harus mempertimbangkan potensi bahaya internal dan eksternal yang dapat menimbulkan dampak pada beberapa atau bahkan semua unit di tapak secara bersamaan.
- (3) Desain bahaya internal sebagaimana dimaksud pada ayat (1) harus menyediakan fitur untuk mencegah dan memitigasi bahaya internal.
- (4) Desain bahaya eksternal sebagaimana dimaksud pada ayat (1) harus menyediakan fitur untuk meminimalkan interaksi antara bangunan yang berisi SSK yang penting untuk keselamatan, termasuk kabel catu daya dan kendali dengan struktur lainnya.

#### Pasal 15

Ketentuan mengenai desain proteksi bahaya internal dan eksternal diatur tersendiri dengan Peraturan Kepala BAPETEN.

#### Bagian Kesatu

##### Persyaratan Umum Desain

##### Paragraf Kesatu

Desain Keandalan Struktur, Sistem dan Komponen

#### Pasal 16

- (1) SSK yang penting untuk keselamatan harus didesain dengan keandalan yang mencukupi untuk melakukan Fungsi Keselamatan pada semua kondisi instalasi termasuk dalam hal terjadi Kegagalan Tunggal.
- (2) Untuk menjamin keandalan sebagaimana dimaksud pada ayat (1), pemegang izin harus menerapkan prinsip keragaman, redundansi, pemisahan fisik, kemandirian, dan

gagal selamat dengan mempertimbangkan potensi kegagalan dengan penyebab sama.

- (3) Keandalan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) berlaku juga untuk sistem layanan pendukung yang mendukung SSK yang penting untuk keselamatan.

#### Pasal 17

- (1) Pemegang izin harus mendesain struktur, sistem, dan komponen tertentu untuk tahan terhadap gempa dengan periode ulang 10.000 (sepuluh ribu) tahun dengan margin keselamatan yang memadai.
- (2) Struktur, sistem, dan komponen sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi struktur, sistem, dan komponen yang:
  - a. langsung maupun tidak langsung dapat menyebabkan Kondisi Kecelakaan dalam hal mengalami kegagalan akibat gempa dengan periode ulang 10.000 (sepuluh ribu) tahun;
  - b. dibutuhkan untuk *men-shutdown* reaktor, mempertahankan reaktor pada kondisi *shutdown*, memindahkan panas sisa selama periode tertentu, dan memantau parameter utama dari fungsi-fungsinya; dan
  - c. dibutuhkan untuk mencegah atau memitigasi lepasan zat radioaktif yang tidak dapat diterima.
- (3) Desain ketahanan gempa untuk struktur, sistem dan komponen selain sebagaimana dimaksud pada ayat (1) mengikuti standar nasional Indonesia.

#### Paragraf Kedua

Desain Kemudahan Operasi, Inspeksi, Perawatan dan Pengujian

#### Pasal 18

- (1) Reaktor Daya harus didesain untuk memudahkan pelaksanaan operasi, inspeksi, perawatan, dan pengujian untuk SSK yang penting untuk keselamatan.
- (2) Desain sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dipersyaratkan untuk:

- a. menjamin kemampuan struktur, sistem, dan komponen yang penting untuk keselamatan untuk melakukan Fungsi Keselamatan pada semua kondisi instalasi; dan
  - b. menjaga integritas SSK yang penting untuk keselamatan di semua kondisi instalasi.
- (3) Apabila dilakukan inspeksi, perawatan, dan pengujian selama operasi dan *shutdown* maka SSK yang penting untuk keselamatan harus didesain untuk tetap melakukan Fungsi Keselamatan tanpa mengurangi keandalan.
- (4) Apabila SSK yang penting untuk keselamatan tidak didesain untuk dapat diinspeksi, dirawat, dan diuji maka justifikasi teknik harus diberikan dengan pendekatan sebagai berikut:
- a. metode tak langsung dan/atau alternatif yang telah teruji; dan
  - b. margin keselamatan yang konservatif atau tindakan pencegahan yang sesuai.

### Paragraf Ketiga

## Desain Kesiapsiagaan dan Penanggulangan Kedaruratan Nuklir

### Pasal 19

- (1) Pemegang izin harus menyediakan fasilitas untuk pelaksanaan kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan nuklir sesuai dengan kategori bahaya radiologi.
- (2) Fasilitas sebagaimana dimaksud pada ayat (1) berupa:
- a. jalur penyelamatan;
  - b. sistem komunikasi;
  - c. tempat berkumpul; dan
  - d. pusat kendali tanggap darurat.

### Pasal 20

- (1) Jalur penyelamatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 19 ayat (2) huruf a harus diberi tanda yang jelas dan tahan lama, serta dilengkapi dengan penerangan, ventilasi, dan layanan penting lainnya.
- (2) Jalur penyelamatan harus mempertimbangkan pembagian daerah radiasi, proteksi kebakaran dan ledakan, dan proteksi fisik.

#### Pasal 21

Sistem komunikasi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 19 ayat (2) huruf b harus tetap berfungsi pada saat terjadi kedaruratan untuk menyediakan sarana komunikasi antara pusat kendali tanggap darurat, ruang kendali utama, ruang kendali tambahan, dan titik-titik penting lainnya di instalasi serta dengan organisasi penanggulangan di dalam dan di luar tapak.

#### Pasal 22

Tempat berkumpul sebagaimana dimaksud dalam Pasal 19 ayat (2) huruf c harus mudah diakses dan menyediakan tempat berlindung sementara dari lepasan zat radioaktif atau paparan radiasi.

#### Pasal 23

Pusat kendali tanggap darurat sebagaimana dimaksud dalam Pasal 19 ayat (2) huruf d harus didesain terpisah dari ruang kendali utama, dan ditempatkan di tapak dan di luar tapak agar personil dapat melakukan tugas untuk mengelola kedaruratan nuklir pada Kondisi Kecelakaan.

#### Pasal 24

Ketentuan mengenai kesiapsiagaan dan penanggulangan kedaruratan nuklir diatur tersendiri dalam Peraturan Kepala BAPETEN.

#### Paragraf Keempat

##### Desain Kemudahan Dekomisioning

#### Pasal 25

- (1) Reaktor Daya harus didesain untuk kemudahan dekomisioning.
- (2) Desain sebagaimana dimaksud pada ayat (1) harus mempertimbangkan:
  - a. pemilihan material, sehingga jumlah limbah radioaktif dapat diminimalkan dan dekontaminasi dapat dipermudah;

- b. optimalisasi desain instalasi, tata letak dan jalur akses; dan
- c. fasilitas yang diperlukan untuk pengelolaan dan penyimpanan limbah radioaktif selama dekomisioning.

Paragraf Kelima  
Desain Proteksi Radiasi

Pasal 26

- (1) Reaktor Daya harus didesain sesuai dengan tujuan proteksi radiasi untuk semua kondisi instalasi.
- (2) Tujuan proteksi radiasi sebagaimana dimaksud dalam pada ayat (1) harus memenuhi persyaratan proteksi radiasi.

Pasal 27

- (1) Desain proteksi radiasi harus mempertimbangkan ketentuan untuk memastikan bahwa dosis yang diterima pekerja dijaga serendah-rendahnya yang secara praktik dapat dicapai dan di bawah pembatas dosis.
- (2) Desain proteksi radiasi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) mempertimbangkan:
  - a. identifikasi sumber radiasi dan risiko paparan radiasi yang terkait dengan sumber radiasi harus serendah mungkin yang dapat dicapai;
  - b. integritas kelongsong bahan bakar;
  - c. pengendalian pembentukan dan perpindahan produk korosi dan produk aktivasi;
  - d. pemilihan bahan sistem, struktur dan komponen untuk meminimalkan produk aktivasi;
  - e. pencegahan lepasan dan/atau dispersi zat radioaktif, limbah dan kontaminasi radioaktif;
  - f. tata letak untuk menjamin akses pekerja ke daerah bahaya radiasi dan daerah kontaminasi terkendali dan dosis yang diterima pekerja di bawah nilai pembatas dosis;
  - g. sistem ventilasi untuk mencegah dan mengurangi kontaminasi dan paparan;

- h. pembagian daerah kerja untuk kondisi instalasi dan penggunaan perisai untuk mencegah dan mengurangi paparan radiasi; dan
- i. fasilitas yang memadai untuk dekontaminasi pekerja dan peralatan.

#### Pasal 28

- (1) Perlengkapan proteksi radiasi harus didesain tersedia untuk menjamin pemantauan radiasi untuk semua kondisi instalasi.
- (2) Perlengkapan proteksi radiasi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi:
  - a. peralatan pemantauan tingkat radiasi dan/atau kontaminasi radioaktif di daerah kerja;
  - b. peralatan pemantauan radioaktif lingkungan di luar fasilitas dan instalasi;
  - c. peralatan pemantauan dosis perorangan; dan/atau
  - d. peralatan protektif radiasi.
- (3) Peralatan pemantauan sebagaimana dimaksud pada ayat (2) huruf a, b, dan c harus didesain dapat digunakan untuk mengukur laju dosis atau konsentrasi aktivitas radionuklida di sekitar tapak yang digunakan untuk mengkaji paparan dan dampak radiologi dengan mempertimbangkan:
  - a. jalur paparan ke manusia, termasuk rantai makanan;
  - b. dampak radiologi ke lingkungan;
  - c. penyebaran dan akumulasi zat radioaktif di lingkungan; dan
  - d. kemungkinan jalur lepasan radioaktif yang tidak direncanakan.
- (4) Hasil dan informasi pemantauan dari peralatan sebagaimana dimaksud pada ayat (2) huruf a, b, dan c harus tersedia di ruang kendali utama, ruang kendali tambahan, dan/atau pusat kendali tanggap darurat untuk semua kondisi instalasi.

Pasal 29

Reaktor Daya harus didesain dapat mencegah masuknya zat radioaktif dari Reaktor Daya ke Reaktor Daya lain pada kondisi instalasi.

Pasal 30

Ketentuan mengenai aspek proteksi radiasi dalam desain Reaktor Daya diatur tersendiri dalam Peraturan Kepala BAPETEN.



Paragraf Keenam  
Desain untuk Faktor Manusia

Pasal 31

- (1) Reaktor Daya harus didesain dengan mempertimbangkan faktor manusia termasuk antarmuka manusia-mesin.
- (2) Desain sebagaimana dimaksud pada ayat (1) harus mempertimbangkan:
  - a. jumlah minimum personil pengoperasi yang dibutuhkan untuk melakukan semua operasi secara bersamaan;
  - b. tata letak instalasi, tata letak peralatan, dan prosedur yang memudahkan interaksi antara personil pengoperasi dan peralatan di semua kondisi instalasi;
  - c. antarmuka manusia-mesin yang dapat menyediakan informasi secara komprehensif dan mudah diolah untuk digunakan dalam pengambilan keputusan dan tindakan;
  - d. faktor psikologi personil pengoperasi;
  - e. perlindungan keselamatan personil pengoperasi di ruang kendali, ruang kendali tambahan, dan jalur akses ke ruang kendali tambahan dalam hal terdapat kejadian yang berdampak ke instalasi;
  - f. konsep ergonomi dalam desain daerah kerja dan lingkungan kerja; dan
  - g. verifikasi dan validasi fitur terkait dengan faktor manusia, termasuk dengan menggunakan simulator.
- (3) Informasi sebagaimana dimaksud pada ayat (2) huruf c digunakan untuk:
  - a. menilai kondisi Reaktor Daya secara umum;
  - b. mengoperasikan Reaktor Daya sesuai dengan batasan dan kondisi operasi;
  - c. memastikan tindakan keselamatan untuk aktuasi Sistem Keselamatan secara otomatis terinisiasi saat diperlukan dan sistem yang relevan melakukan tindakan sesuai fungsinya; dan
  - d. menentukan kebutuhan dan waktu inisiasi manual tindakan keselamatan yang ditetapkan.

Paragraf Ketujuh  
Desain untuk Meminimalkan Penuaan

Pasal 32

- (1) Reaktor Daya harus didesain dengan menyediakan margin yang cukup untuk mengantisipasi pengaruh penuaan dan degradasi terkait umur pada seluruh SSK yang penting untuk keselamatan selama umur Reaktor Daya.
- (2) Desain sebagaimana dimaksud pada ayat (1) harus mempertimbangkan efek penuaan dan keausan di semua Kondisi Operasi termasuk pengujian, perawatan, *outage* perawatan, kondisi instalasi selama Kejadian Awal Terpostulasi dan kondisi instalasi setelah Kejadian Awal Terpostulasi.
- (3) Dalam pelaksanaan desain sebagaimana dimaksud pada ayat (2) harus dipertimbangkan kemudahan pemantauan, pengujian, pencuplikan dan inspeksi penuaan untuk:
  - a. mengkaji mekanisme penuaan yang diprediksi pada tahap desain; dan
  - b. mengidentifikasi perilaku atau degradasi tak terantisipasi yang mungkin terjadi.

Bagian Kedua  
Persyaratan Khusus Desain

Paragraf Kesatu  
Desain Teras Reaktor

Pasal 33

Teras reaktor harus didesain dengan mempertimbangkan:

- a. bahan bakar nuklir;
- b. struktur teras; dan
- c. kendali teras reaktor.

Pasal 34

- (2) Bahan bakar nuklir sebagaimana dimaksud dalam Pasal 33 huruf a harus didesain untuk:
  - a. menjaga integritas strukturnya; dan

- b. menahan tingkat radiasi yang terantisipasi dan kondisi lain di dalam teras reaktor, dikombinasikan dengan semua proses degradasi yang bisa terjadi di Kondisi Operasi.
- (3) Proses degradasi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) termasuk yang diakibatkan dari:
- a. perbedaan ekspansi dan deformasi;
  - b. tekanan eksternal dari pendingin;
  - c. tekanan internal dari produk fisi dan pembentukan helium di dalam bahan bakar nuklir;
  - d. iradiasi bahan bakar nuklir dan bahan lainnya;
  - e. perubahan tekanan dan temperatur akibat perubahan daya;
  - f. pengaruh kimia;
  - g. beban statik dan dinamik, termasuk vibrasi yang diakibatkan aliran pendingin dan vibrasi mekanik; dan
  - h. perubahan kinerja perpindahan panas yang ditimbulkan oleh pengaruh fisika atau kimia.
- (4) Desain bahan bakar nuklir harus mencakup batas kebocoran produk fisi yang diizinkan dari bahan bakar di sistem pendingin pada Kejadian Operasi Terantisipasi.
- (5) Dalam hal reaktor heterogen, desain elemen dan perangkat bahan bakar harus mampu tahan terhadap beban dan tekanan terkait dengan penanganan bahan bakar.

#### Pasal 35

- (1) Struktur teras reaktor sebagaimana dimaksud dalam Pasal 33 huruf b harus didesain dengan mempertimbangkan bahan bakar nuklir, dan struktur pendukungnya.
- (2) Desain sebagaimana dimaksud pada ayat (1) harus menjamin geometri pendinginan mencukupi dan penyisipan batang kendali tidak terhalang di semua kondisi instalasi.

#### Pasal 36

- (1) Kendali teras reaktor sebagaimana dimaksud dalam Pasal 33 huruf c didesain dengan mempertimbangkan distribusi fluks neutron di Operasi Normal, Kejadian Operasi Terantisipasi, dan Kecelakaan Dasar Desain.

- (2) Ketergantungan terhadap sistem kendali untuk menjaga bentuk, tingkat dan stabilitas fluks neutron di dalam batas desain yang telah ditentukan di semua Kondisi Operasi harus diminimalkan.
- (3) Pemantauan distribusi fluks neutron di teras reaktor dan perubahannya harus dilakukan untuk menjamin tidak ada fluks neutron di daerah teras yang melebihi batas desain.
- (4) Peralatan kendali reaktivitas harus didesain dengan mempertimbangkan:
  - a. kemampuan penyerapan neutron;
  - b. tahan korosi;
  - c. stabil dalam lingkungan radiasi dan suhu tinggi;
  - d. perpindahan panas; dan
  - e. keausan dan efek irradiasi, seperti fraksi bakar, perubahan sifat fisik, dan produksi gas
- (5) Reaktivitas positif maksimum dan laju penyisipan di Kondisi Operasi dan kecelakaan yang tidak melibatkan degradasi teras reaktor harus dibatasi atau dikompensasi.
- (6) Pembatasan dan kompensasi reaktivitas positif maksimum dan laju penyisipan sebagaimana dimaksud pada ayat (5) bertujuan untuk:
  - a. mencegah kegagalan dari sistem pendingin reaktor;
  - b. menjaga kemampuan pendinginan; dan
  - c. mencegah kerusakan signifikan terhadap teras reaktor.

### Pasal 37

Ketentuan mengenai desain Teras Reaktor daya diatur tersendiri dengan Peraturan Kepala BAPETEN.

### Paragraf Kedua

Desain Sistem Pemindahan Panas dan Sistem Terkait

### Pasal 38

- (1) Sistem pemindahan panas dan sistem terkait harus didesain dengan mempertimbangkan kualitas material, standar desain, kemudahan perawatan dan kualitas manufaktur.
- (2) Sistem pemipaan yang terhubung dengan sistem pendingin reaktor harus dilengkapi dengan peralatan isolasi untuk

membatasi kehilangan fluida pendingin dan mencegah kehilangan pendingin melalui sistem yang terkait.

- (3) Sistem pendingin reaktor harus didesain tidak mudah mengalami keretakan dan memiliki sistem pendeteksi keretakan.
- (4) Komponen sistem pendingin reaktor harus didesain tidak mudah getas untuk semua kondisi instalasi.
- (5) Komponen dalam sistem pendingin reaktor harus didesain mampu meminimalkan kegagalan dan kerusakan signifikan terhadap komponen lain di semua kondisi instalasi.

#### Pasal 39

Sistem pendingin reaktor sebagaimana dimaksud dalam Pasal 38 ayat (3) didesain memiliki fungsi:

- a. proteksi terhadap tekanan berlebih pada pendingin reaktor;
- b. pengendalian inventori pendingin reaktor;
- c. purifikasi pendingin reaktor;
- d. pembuangan panas sisa; dan
- e. perpindahan panas ke pembuangan panas akhir.

#### Pasal 40

Proteksi terhadap tekanan berlebih pada pendingin reaktor sebagaimana dimaksud dalam Pasal 39 huruf a harus didesain dapat mencegah tekanan berlebih pada sistem pendingin reaktor dan tidak akan menyebabkan lepasan zat radioaktif ke lingkungan.

#### Pasal 41

- (1) Pengendalian inventori pendingin reaktor sebagaimana dimaksud dalam Pasal 39 huruf b harus didesain dapat mengendalikan volume, suhu dan tekanan pendingin reaktor.
- (2) Pengendalian inventori pendingin reaktor dilakukan untuk menjamin batas desain tidak terlampaui pada Kondisi Operasi dengan mempertimbangkan kebocoran dan perubahan volumetrik.

#### Pasal 42

- (1) Purifikasi pendingin reaktor sebagaimana dimaksud dalam Pasal 39 huruf c harus didesain dapat membuang zat radioaktif dan non radioaktif dari pendingin reaktor.
- (2) Zat radioaktif sebagaimana dimaksud pada ayat (1) mencakup produk korosi teraktivasi dan produk fisi yang dihasilkan dari bahan bakar nuklir.
- (3) Sistem purifikasi pendingin reaktor harus didesain mampu mengatasi kebocoran bahan bakar nuklir serendah mungkin yang dapat dicapai dan dalam batas yang diizinkan.
- (4) Sistem purifikasi pendingin reaktor harus didesain dengan margin keselamatan konservatif untuk menjamin lepasan radioaktif serendah mungkin yang dapat dicapai dan memenuhi persyaratan batas lepasan yang diizinkan.

#### Pasal 43

- (1) Pembuangan panas sisa sebagaimana dimaksud dalam Pasal 39 huruf d harus didesain dapat memindahkan panas sisa dari bahan bakar nuklir pada kondisi *shutdown*.
- (2) Pembuangan panas sisa sebagaimana dimaksud pada ayat (1) didesain agar batas desain tidak terlampaui.
- (3) Batas desain sebagaimana dimaksud pada ayat (2) mencakup antara lain desain bahan bakar nuklir, sistem pendingin reaktor dan struktur yang penting untuk keselamatan.

#### Pasal 44

- (1) Perpindahan panas ke pembuangan panas akhir sebagaimana dimaksud dalam Pasal 39 huruf e harus didesain mampu melakukan fungsi memindahkan panas di semua kondisi instalasi.
- (2) Fungsi perpindahan panas sebagaimana dimaksud pada ayat (1) harus memperhitungkan tingkat bahaya akibat kejadian alam yang lebih parah daripada yang dipertimbangkan dalam desain berdasarkan evaluasi bahaya tapak.

- (3) Sistem perpindahan panas harus didesain memiliki keandalan yang cukup sehingga memenuhi fungsi memindahkan panas di semua kondisi instalasi.
- (4) Keandalan sebagaimana dimaksud pada ayat (2) dapat berupa antara lain:
  - a. penggunaan pembuangan panas akhir yang berbeda;
  - b. penyediaan akses yang berbeda ke pembuangan panas akhir; dan/atau
  - c. penyediaan suplai pendingin tambahan yang mampu menyediakan pendinginan berkelanjutan terhadap teras reaktor dalam hal terjadi kegagalan pendinginan.

#### Pasal 45

Ketentuan mengenai desain sistem pemindahan panas dan sistem terkait diatur tersendiri dengan Peraturan Kepala BAPETEN.

#### Paragraf Ketiga

#### Desain Sistem *Shutdown*

#### Pasal 46

- (1) Sistem *shutdown* harus didesain untuk:
  - a. mampu memadamkan reaktor di semua kondisi instalasi; dan
  - b. mempertahankan moda *shutdown* meskipun dalam kondisi teras yang paling reaktif .
- (2) Keefektifan, kecepatan tindakan dan margin *shutdown* harus dipertimbangkan sehingga desain bahan bakar yang telah ditetapkan tidak dilampaui.
- (3) Dalam hal penilaian kecukupan sistem *shutdown*, pertimbangan harus dilakukan terhadap kegagalan sistem lain yang dapat menyebabkan sistem *shutdown* tidak aktif atau terjadinya kegagalan dengan penyebab sama.
- (4) Sistem *shutdown* harus didesain memiliki paling sedikit 2 (dua) sistem yang berbeda dengan penerapan prinsip keragaman dan kemandirian.
- (5) Setiap sistem yang berbeda sebagaimana dimaksud pada ayat (4) harus didesain mampu mempertahankan reaktor tetap subkritis pada semua kondisi instalasi dengan margin

yang memadai dan keandalan tinggi pada kondisi teras yang paling reaktif.

- (6) Sistem *shutdown* harus didesain mampu mencegah peningkatan reaktivitas yang mengarah ke kekritisian selama:
  - a. *shutdown*; atau
  - b. pengisian ulang bahan bakar atau kegiatan rutin atau tak rutin dalam mode *shutdown*.
- (7) Sistem *shutdown* harus diuji untuk menjamin bahwa sistem *shutdown* selalu dalam keadaan siaga.

#### Paragraf Keempat

#### Desain Sistem Proteksi Reaktor

#### Pasal 47

- (1) Sistem Proteksi Reaktor harus didesain memiliki kemampuan untuk:
  - a. mendeteksi kondisi tidak selamat; dan
  - b. memicu tindakan keselamatan secara otomatis dengan menjalankan Sistem Keselamatan untuk mencapai dan menjaga kondisi selamat.
- (2) Sistem Proteksi Reaktor sebagaimana dimaksud pada ayat (1) harus didesain dengan mempertimbangkan:
  - a. mampu mengesampingkan (*overriding*) tindakan tidak selamat dari sistem kendali; dan
  - b. karakteristik gagal-selamat untuk mencapai kondisi selamat pada saat terjadi kegagalan sistem proteksi.
- (3) Sistem Proteksi Reaktor harus:



- a. mencegah tindakan operator yang dapat mengganggu efektivitas sistem proteksi pada semua kondisi instalasi, tetapi tidak menggagalkan tindakan operator yang benar pada Kondisi Kecelakaan;
  - b. mengotomatiskan berbagai tindakan keselamatan untuk menjalankan Sistem Keselamatan sehingga meminimalkan tindakan operator dalam jangka waktu yang dijustifikasi dari permulaan Kondisi Kecelakaan; dan
  - c. menyediakan informasi yang relevan untuk operator dalam pemantauan dampak tindakan otomatis.
- (4) Dalam hal tindakan otomatis Sistem Proteksi Reaktor telah terinisiasi, Sistem Proteksi Reaktor harus didesain untuk memproses tindakan protektif hingga selesai dan tidak dapat dihalangi oleh tindakan operator dan/atau sistem kendali.

#### Pasal 48

Interferensi antara sistem proteksi dan sistem kendali harus dicegah melalui pemisahan, kemandirian fungsi yang sesuai, atau penghindaran interkoneksi.

#### Paragraf Kelima

##### Desain Fitur Keselamatan Teknis

#### Pasal 49

- (1) Fitur keselamatan teknis harus didesain berdasarkan analisis keselamatan.
- (2) Fitur keselamatan teknis sebagaimana dimaksud pada ayat (1) harus didesain dengan menyediakan sistem pendingin teras darurat, sistem penyungkup, sistem kemampuhunian (*habitability system*), sistem pemindahan dan pengendali hasil fisi, dan Sistem Keselamatan teknis lainnya.
- (3) Fitur keselamatan teknis harus didesain berfungsi secara otomatis.
- (4) Dalam hal sistem otomatis tidak berfungsi, pemohon harus menjamin desain fitur keselamatan teknis berfungsi secara manual.

- (5) Fitur keselamatan teknis harus didesain dengan mempertimbangkan:
- a. prinsip keselamatan nuklir;
  - b. penggunaan bahan yang tahan terhadap kondisi Kecelakaan Dasar Desain yang terpostulasi; dan
  - c. tindakan surveilan, inspeksi dan surveilan untuk memastikan fitur keselamatan teknis dapat diandalkan dan efektif saat diperlukan.
- (6) Fitur keselamatan teknis harus didesain mampu berfungsi paling singkat selama 7 (tujuh) hari dalam hal terjadi kecelakaan kehilangan catu daya listrik dan kehilangan buangan panas akhir.

#### Pasal 50

Dalam hal di satu tapak terdapat beberapa unit Reaktor Daya, Reaktor Daya harus didesain memiliki Sistem Keselamatan dan fitur keselamatan untuk Kecelakaan yang Melampaui Dasar Desain secara terpisah, dan mempertimbangkan interkoneksi antar unit.

#### Paragraf Keenam

##### Desain Sistem dan Struktur Pengungkung

#### Pasal 51

Sistem dan struktur pengungkung harus didesain untuk menjamin terpenuhinya persyaratan sebagai berikut:

- a. pengungkungan zat radioaktif pada semua kondisi instalasi;
- b. perlindungan terhadap kejadian alam dan kejadian akibat ulah manusia;
- c. kemampuan pengambilan panas melalui dinding pengungkung;
- d. penyediaan jalur keluar-masuk personil dan material;
- e. kemudahan pelaksanaan uji tekanan dan kebocoran; dan/atau
- f. perisai radiasi pada semua kondisi instalasi.

#### Pasal 52

Pengungkung harus didesain untuk menjamin bahwa lepasan zat radioaktif ke lingkungan:

- a. serendah mungkin yang dapat dicapai;
- b. di bawah nilai batas lepasan radioaktivitas ke lingkungan yang disetujui oleh Kepala BAPETEN pada Kondisi Operasi; dan
- c. di bawah nilai batas yang dapat diterima pada Kondisi Kecelakaan.

#### Pasal 53

- (1) Jalur yang menembus pengungkung sebagai bagian dari sistem pendingin reaktor atau yang terhubung langsung ke udara pengungkung harus dilengkapi dengan dua katup isolasi yang dipasang seri dan sistem deteksi kebocoran.
- (2) Katup isolasi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) harus:
  - a. secara otomatis dan andal dapat menutup saat terjadi kecelakaan yang berpotensi menyebabkan lepasan zat radioaktif;
  - b. dipasang sedekat mungkin dengan pengungkung;
  - c. mampu teraktuasi secara mandiri dan andal; dan
  - d. mudah diuji secara berkala.
- (3) Ketentuan pada ayat (1) dan (2) tidak berlaku untuk jalur-jalur tertentu apabila penutupan jalur tersebut mengurangi keandalan Sistem Keselamatan.

#### Pasal 54

- (1) Pengungkung harus didesain menyediakan sistem *airlocks* yang dilengkapi pintu-pintu *interlock* untuk akses personil di semua kondisi instalasi.
- (2) Pengungkung harus didesain dapat menjamin proteksi dan keselamatan personil sebagaimana dimaksud pada ayat (1).

#### Pasal 55

- (1) Sistem dan struktur pengungkung harus didesain untuk mampu mengendalikan:
  - a. tekanan, suhu, dan beban mekanik pada pengungkung; dan
  - b. pembentukan produk fisi, atau padatan, cairan atau gas yang terlepas di dalam pengungkung.
- (2) Pengungkung harus didesain mampu menahan tekanan puncak pada Kecelakaan Dasar Desain yang menyebabkan pelepasan material dan energi terparah ditambah margin keselamatan sekurang-kurangnya 10% (sepuluh persen).
- (3) Pengungkung harus dilengkapi dengan fitur untuk memudahkan penggunaan peralatan non-permanen yang diperlukan untuk mengembalikan kemampuan pembuangan panas dari pengungkung pada kecelakaan kehilangan pendingin yang berkepanjangan.

#### Pasal 56

Ketentuan mengenai desain sistem dan struktur pengungkung diatur tersendiri dengan Peraturan Kepala BAPETEN.

#### Paragraf Ketujuh

#### Desain Sistem Instrumentasi dan Kendali

#### Pasal 57

Sistem instrumentasi harus didesain untuk:

- a. menentukan nilai semua parameter utama yang dapat mempengaruhi proses fisi, integritas teras reaktor, sistem pendingin reaktor dan pengungkung reaktor;
- b. memperoleh informasi penting reaktor yang dibutuhkan untuk keselamatan dan keandalan operasi;
- c. menentukan status reaktor pada Kondisi Kecelakaan; dan
- d. pengambilan keputusan untuk tujuan tanggap darurat internal instalasi.

#### Pasal 58

Sistem kendali harus menjaga dan membatasi parameter proses yang relevan di dalam jangkauan operasi yang telah ditetapkan.

#### Pasal 59

Dalam hal sistem yang penting untuk keselamatan berbasis komputer, standar yang tepat dan lazim digunakan untuk pembuatan dan pengujian perangkat keras dan perangkat lunak harus ditetapkan dan digunakan selama tahapan pengembangan desain sistem, dan sepanjang masa layanan sistem.

#### Pasal 60

- (1) Sistem instrumentasi dan kendali pada ruang kendali utama harus didesain untuk:
  - a. mengoperasikan reaktor secara selamat dalam semua Kondisi Operasi baik secara otomatis maupun manual; dan
  - b. mempertahankan kondisi selamat atau mengembalikan ke kondisi selamat setelah Kejadian Operasi Terantisipasi atau Kondisi Kecelakaan.
- (2) Ruang kendali utama sebagaimana dimaksud pada ayat (1) harus didesain:
  - a. memiliki pembatas antara ruang kendali dan lingkungan luar; dan
  - b. menyediakan informasi yang memadai untuk melindungi operator terhadap bahaya selama periode waktu tertentu, seperti tingkat radiasi tinggi, lepasan zat radioaktif, kebakaran, atau gas beracun atau mudah meledak; dan
- (3) mampu tetap berfungsi selama terjadi Kejadian Operasi Terantisipasi atau Kondisi Kecelakaan, serta menyediakan sarana untuk meminimalkan konsekuensi kejadian tersebut.

#### Pasal 61

- (1) Pemegang izin harus menyediakan ruang kendali tambahan yang secara fisik, kelistrikan dan fungsi terpisah dari ruang kendali utama.
- (2) Ruang kendali tambahan harus dilengkapi sistem instrumentasi dan kendali yang mampu menjaga kondisi *shutdown*, mengoperasikan sistem pengambilan panas sisa,

dan memantau parameter penting instalasi dalam hal ruang kendali utama gagal beroperasi.

#### Pasal 62

Ketentuan mengenai desain sistem instrumentasi dan kendali untuk Reaktor Daya diatur tersendiri dengan Peraturan Kepala BAPETEN.

#### Paragraf Kedelapan

#### Desain Sistem Penanganan dan Penyimpanan Bahan Bakar Nuklir

#### Pasal 63

Sistem penanganan dan penyimpanan bahan bakar nuklir harus menjamin integritas dan sifat bahan bakar selama penanganan dan penyimpanan bahan bakar.

#### Pasal 64

- (1) Sistem penanganan dan penyimpanan untuk bahan bakar nuklir segar, bakar nuklir teriradiasi dan komponen teras teriradiasi harus didesain antara lain untuk:
  - a. mempertahankan kondisi subkritis dengan faktor multiplikasi efektif ( $k_{eff}$ ) paling besar 0,90;
  - b. memudahkan inspeksi bahan bakar nuklir;
  - c. memudahkan perawatan, inspeksi berkala dan pengujian komponen yang penting untuk keselamatan;
  - d. mencegah kerusakan bahan bakar nuklir;
  - e. mencegah jatuhnya bahan bakar nuklir saat pemindahan;
  - f. menyediakan indentifikasi perangkat bahan bakar nuklir;
  - g. memiliki fitur untuk memudahkan pengangkatan, pergerakan dan penanganan bahan bakar nuklir segar dan teriradiasi;
  - h. mencegah kerusakan terhadap SSK yang penting untuk keselamatan selama pemindahan bahan bakar nuklir atau kask, atau pada saat bahan bakar nuklir atau kask jatuh; dan
  - i. memiliki fitur proteksi terhadap bahaya internal dan eksternal.

- (2) Selain persyaratan sebagaimana dimaksud pada ayat (1), sistem penanganan dan penyimpanan bahan bakar nuklir teriradiasi dan komponen teras teriradiasi harus didesain antara lain untuk:
- a. mampu memindahkan panas secara memadai dalam Kondisi Operasi dan Kondisi Kecelakaan termasuk dalam hal terjadi kecelakaan kehilangan catu daya listrik dan kehilangan buangan panas akhir paling singkat selama 7 (tujuh) hari;
  - b. mencegah terjadinya tegangan mekanik yang tidak dapat diterima pada elemen atau perangkat bahan bakar teriradiasi;
  - c. mencegah jatuhnya benda berat pada bahan bakar nuklir teriradiasi;
  - d. mampu mencegah kontaminasi atau lepasnya zat radioaktif dari elemen atau perangkat bahan bakar teriradiasi yang rusak atau diduga rusak;
  - e. mengendalikan konsentrasi larutan penyerap jika digunakan untuk keselamatan kekritisasi;
  - f. memudahkan perawatan dan dekomisioning fasilitas penanganan dan penyimpanan bahan bakar nuklir teriradiasi dan komponen teras teriradiasi;
  - g. memudahkan dekontaminasi area dan peralatan penanganan dan penyimpanan bahan bakar nuklir teriradiasi dan komponen teras teriradiasi;
  - h. menyimpan semua bahan bakar nuklir teriradiasi yang dikeluarkan dari teras reaktor sesuai dengan strategi manajemen teras dan jumlah bahan bakar nuklir pada teras penuh dengan margin yang memadai; dan
  - i. memudahkan pengeluaran bahan bakar nuklir teriradiasi dan komponen teras teriradiasi dari penyimpanan, dan persiapan untuk pengangkutan keluar tapak.

#### Pasal 65

Ketentuan mengenai desain sistem penanganan dan penyimpanan bahan bakar nuklir untuk Reaktor Daya diatur tersendiri dengan Peraturan Kepala BAPETEN.

Paragraf Kesembilan  
Desain Sistem Pengelolaan Limbah Radioaktif

Pasal 66

Sistem pengelolaan limbah radioaktif harus didesain mencakup pengelolaan:

- a. limbah radioaktif cair dan padat, dan
- b. efluen radioaktif cair dan gas.

Pasal 67

- (1) Sistem pengelolaan limbah radioaktif cair dan padat sebagaimana dimaksud dalam Pasal 66 ayat (1) huruf a harus menyediakan pengumpulan, pengelompokan, pengolahan, dan/atau penyimpanan, limbah radioaktif untuk jangka waktu hingga penetapan klierens, pengiriman kembali ke negara asal, dan/atau penyerahan kepada BATAN.
- (2) Sistem pengelolaan limbah radioaktif cair dan padat harus mempertimbangkan fitur untuk memudahkan penanganan dan pembungkusan limbah radioaktif cair dan padat untuk ketentuan pengangkutan.
- (3) Sistem pengelolaan limbah cair dan padat didesain untuk memastikan agar jumlah dan konsentrasi lepasan zat radioaktif di bawah nilai batas lepasan radioaktif ke lingkungan dan serendah mungkin yang dapat dicapai.

Pasal 68

- (1) Sistem pengelolaan efluen radioaktif cair dan gas sebagaimana dimaksud dalam Pasal 66 ayat (1) huruf b harus didesain untuk memastikan agar paparan radiasi terhadap masyarakat akibat lepasan efluen radioaktif ke lingkungan serendah mungkin yang dapat dicapai.
- (2) Untuk sistem pengelolaan efluen radioaktif gas harus didesain memiliki sistem penyaringan yang mudah diinspeksi, dirawat, dan diuji.



#### Pasal 69

Ketentuan mengenai pengolahan limbah radioaktif diatur tersendiri dengan Peraturan Kepala BAPETEN.

#### Paragraf Kesepuluh Desain Sistem Catu Daya Listrik

#### Pasal 70

Reaktor Daya harus didesain menyediakan sistem catu daya listrik normal dan darurat.

#### Pasal 71

- (1) Sistem catu daya listrik normal sebagaimana dimaksud dalam Pasal 70 harus didesain mempertimbangkan keandalan interaksi dengan jaringan tenaga listrik dan semua potensi kejadian yang dapat mempengaruhi sistem catu daya.
- (2) Interaksi dengan jaringan tenaga listrik sebagaimana dimaksud pada ayat (1) harus menerapkan kemandirian dan redundansi yang memadai untuk menjamin catu daya ke sistem yang penting untuk keselamatan.

#### Pasal 72

- (1) Sistem catu daya listrik darurat sebagaimana dimaksud dalam Pasal 70 harus didesain menyediakan sistem catu daya listrik siaga dan alternatif apabila terjadi kehilangan catu daya listrik normal.
- (2) Sistem catu daya listrik darurat sebagaimana dimaksud pada ayat (1) harus didesain mampu menyuplai daya listrik untuk:
  - a. mempertahankan integritas sistem pendingin reaktor, dan mencegah kerusakan yang signifikan terhadap teras dan penyimpanan bahan bakar nuklir teriradiasi;
  - b. memitigasi konsekuensi pelelehan teras reaktor; dan
  - c. memantau parameter instalasi dan melakukan tindakan jangka pendek yang diperlukan untuk keselamatan.

- (3) Sistem catu daya listrik siaga sebagaimana dimaksud pada ayat (1) harus didesain menjamin catu daya listrik pada Kejadian Operasi Terantisipasi dan Kecelakaan Dasar Desain yang disertai dengan kegagalan sistem catu daya listrik normal.
- (4) Sistem catu daya listrik alternatif sebagaimana dimaksud pada ayat (1) harus didesain mampu memenuhi kebutuhan catu daya listrik paling singkat selama 7 (tujuh) hari pada Kecelakaan Yang Melampaui Dasar Desain yang disertai dengan kegagalan sistem catu daya listrik normal dan sistem catu daya listrik siaga.
- (5) Sistem catu daya listrik alternatif yang mudah dipindahkan ke tapak dan mampu menyediakan catu daya listrik dengan cepat harus disediakan untuk mengantisipasi kehilangan sistem catu daya listrik siaga karena kejadian eksternal.

#### Pasal 73

Ketentuan mengenai sistem catu daya listrik diatur tersendiri dengan Peraturan Kepala BAPETEN.

#### Paragraf Kesebelas Desain Sistem Bantu

#### Pasal 74

- (1) Sistem bantu harus didesain untuk menjamin bahwa kinerja sistem konsisten dengan keselamatan sistem atau komponen.
- (2) Sistem bantu sebagaimana dimaksud pada ayat (1) paling sedikit meliputi:
  - a. sistem pendingin bantu;
  - b. sistem pencuplikan proses dan pascakecelakaan;
  - c. sistem udara bertekanan;
  - d. sistem pengondisian udara dan ventilasi;
  - e. sistem proteksi kebakaran dan ledakan;
  - f. sistem penerangan;
  - g. sistem komunikasi; dan
  - h. peralatan angkat.

#### Pasal 75

Sistem pendingin bantu sebagaimana dimaksud dalam Pasal 74 ayat (2) huruf a harus didesain untuk memindahkan panas secara memadai dari sistem dan komponen yang perlu berfungsi pada semua kondisi instalasi.

#### Pasal 76

Sistem pencuplikan proses dan pascakecelakaan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 74 ayat (2) huruf b harus didesain untuk menentukan konsentrasi radionuklida di sistem proses fluida, dan di cuplikan gas dan cairan yang diambil dari sistem atau lingkungan pada semua kondisi instalasi.

#### Pasal 77

Sistem udara bertekanan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 74 ayat (2) huruf c harus didesain untuk memenuhi persyaratan kualitas, laju alir, dan kebersihan yang diperlukan oleh sistem dan komponen yang penting untuk keselamatan.

#### Pasal 78

- (1) Sistem pengondisian udara dan ventilasi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 74 ayat (2) huruf d harus didesain untuk menjaga kondisi udara di sekitar sistem dan komponen yang penting untuk keselamatan pada semua kondisi instalasi.
- (2) Sistem pengondisian udara dan ventilasi harus memiliki kemampuan untuk:
  - a. mencegah dispersi zat radioaktif melalui udara yang tidak diterima di dalam instalasi nuklir;
  - b. menjaga konsentrasi zat radioaktif di udara di bawah batas yang diizinkan dan serendah mungkin yang dapat dicapai;
  - c. mengurangi kandungan gas *inert* atau gas berbahaya tanpa memengaruhi kemampuan untuk mengendalikan zat radioaktif di udara; dan
  - d. mengendalikan lepasan zat radioaktif melalui udara ke lingkungan di bawah nilai batas lepasan radioaktivitas

yang diizinkan dan menjaga lepasan serendah mungkin yang dapat dicapai.

- (3) Daerah dengan kontaminasi tinggi harus dijaga pada tekanan lebih rendah terhadap daerah kontaminasi rendah dan daerah yang dapat diakses lainnya.

#### Pasal 79

- (1) Sistem proteksi kebakaran dan ledakan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 74 ayat (2) huruf e harus didesain dengan mempertimbangkan hasil analisis bahaya kebakaran.
- (2) Sistem proteksi kebakaran dan ledakan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) harus mampu melindungi SSK yang penting untuk keselamatan terhadap bahaya kebakaran.
- (3) Ketentuan mengenai sistem proteksi kebakaran dan ledakan diatur tersendiri dengan Peraturan Kepala BAPETEN.

#### Pasal 80

Sistem penerangan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 74 ayat (2) huruf f harus didesain mampu menyediakan penerangan yang memadai pada semua kondisi instalasi.

#### Pasal 81

- (1) Sistem komunikasi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 74 ayat (2) huruf g harus didesain mampu menyediakan komunikasi yang memadai pada semua kondisi instalasi.
- (2) Komunikasi sebagaimana dimaksud pada ayat (1) mencakup:
  - a. komunikasi antar personel di tapak; dan
  - b. komunikasi personel di tapak dengan organisasi terkait di luar tapak.

#### Pasal 82

- (1) Peralatan angkat sebagaimana dimaksud dalam Pasal 74 ayat (2) huruf h harus didesain mampu:
  - a. mengangkat, memindahkan, dan menurunkan SSK yang penting untuk keselamatan; serta
  - b. mengangkat, memindahkan, dan menurunkan suatu barang di sekitar SSK yang penting untuk keselamatan.

- (2) Peralatan angkat harus didesain sedemikian sehingga:
- tersedia fitur untuk mencegah pengangkatan beban berlebih;
  - tersedia fitur untuk mencegah jatuhnya beban yang dapat berdampak pada SSK yang penting untuk keselamatan;
  - memungkinkan pergerakan peralatan angkat dan perpindahan barang secara selamat;
  - peralatan angkat dapat digunakan hanya pada kondisi reaktor tidak beroperasi; dan
  - peralatan angkat yang digunakan di daerah dimana SSK yang penting untuk keselamatan didesain dengan kelas seismik yang tinggi.

Paragraf Keduabelas  
Desain Sistem Konversi Daya

Pasal 83

- Desain sistem konversi daya harus menjamin bahwa batas pendingin bertekanan tidak terlampaui pada semua kondisi instalasi.
- Desain sistem konversi daya sebagaimana dimaksud pada ayat (1) mencakup:
  - sistem pemasok uap;
  - sistem air umpan; dan
  - sistem turbin.
- Desain sistem pemasok uap sebagaimana dimaksud pada ayat (2) huruf a harus:
  - menyediakan katup isolasi uap yang memiliki spesifikasi dan standar mencukupi yang mampu membuka atau menutup pada kondisi yang ditetapkan saat operasi maupun kecelakaan; dan
  - memiliki kemampuan yang cukup untuk mencegah eskalasi Kejadian Operasi Terantisipasi menuju Kondisi Kecelakaan.
- Desain sistem air umpan sebagaimana dimaksud pada ayat (2) huruf b harus memiliki kemampuan yang cukup untuk

mencegah eskalasi kejadian operasi terantisipasi menuju kondisi kecelakaan.

- (5) Desain sistem turbin sebagaimana dimaksud pada ayat (2) huruf c harus memiliki proteksi terhadap kecepatan berlebih dan getaran, dan meminimalkan potensi terjadinya misil.

### BAB III

#### STANDAR DAN KONFIRMASI DESAIN

##### Pasal 84

- (1) Untuk memenuhi persyaratan desain sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2, pemegang izin harus menetapkan kode dan standar terkini yang diberlakukan terhadap SSK yang penting untuk keselamatan.
- (2) Dalam hal digunakan kode dan standar yang berbeda untuk struktur, sistem dan komponen yang berbeda, pemegang izin harus memastikan kesetaraan kode dan standar sesuai dengan klasifikasi.
- (3) Kode dan standar sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dan (2) harus memenuhi ketentuan Standar Nasional Indonesia (SNI).
- (4) Dalam hal tidak tersedia SNI sebagaimana dimaksud pada ayat (3) untuk struktur, sistem dan komponen, pemegang izin harus menerapkan kode dan standar terkini yang berlaku untuk struktur, sistem dan komponen yang serupa dari negara pemasok (*vendor*).

##### Pasal 85

- (1) Pemegang izin harus menetapkan klasifikasi struktur, sistem, dan komponen Reaktor Daya.
- (2) Klasifikasi struktur, sistem, dan komponen sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan berdasarkan kelas keselamatan, kelas mutu, dan/atau kelas seismik.
- (3) Penentuan kelas keselamatan sebagaimana dimaksud pada ayat (2) dilakukan berdasarkan pada analisis deterministik dan/atau probabilistik dengan mempertimbangkan:
  - a. Fungsi Keselamatan struktur, sistem, dan komponen;
  - b. konsekuensi kegagalan struktur, sistem, dan komponen;

- c. frekuensi struktur, sistem, dan komponen untuk melakukan Fungsi Keselamatan; dan
  - d. Fungsi Keselamatan struktur, sistem, dan komponen sesudah kejadian awal terpostulasi.
- (4) Klasifikasi untuk kelas mutu sebagaimana dimaksud pada ayat (2) harus berdasarkan kendali pemenuhan persyaratan desain dan aspek jaminan mutu.
- (5) Klasifikasi untuk kelas seismik sebagaimana dimaksud pada ayat (2) harus berdasarkan Fungsi Keselamatan struktur, sistem, dan komponen terhadap gempa.

#### Pasal 86

Ketentuan mengenai klasifikasi struktur, sistem dan komponen Reaktor Daya diatur tersendiri dengan Peraturan Kepala BAPETEN.

#### Pasal 87

- (1) Pemegang izin harus menetapkan tim independen di luar dari pendesain.
- (2) Tim independen bertugas melakukan konfirmasi desain dalam mencapai tujuan dan persyaratan keselamatan.
- (3) Penetapan tim independen sebagaimana dimaksud pada ayat (1) tidak membebaskan pemegang izin dari tanggung jawab untuk mewujudkan tujuan keselamatan.

### BAB IV

#### KETENTUAN PENUTUP

#### Pasal 88

Pada saat Peraturan Kepala BAPETEN ini mulai berlaku, Peraturan Kepala BAPETEN Nomor 3 Tahun 2011 tentang Ketentuan Keselamatan Desain Reaktor Daya, dicabut dan dinyatakan tidak berlaku.

#### Pasal 89

Peraturan Kepala BAPETEN ini mulai berlaku pada tanggal ditetapkan.

Agar setiap orang mengetahuinya, Peraturan Kepala BAPETEN ini diundangkan dengan penempatannya dalam Berita Negara Republik Indonesia.

Ditetapkan di J a k a r t a  
pada tanggal...

KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR  
REPUBLIK INDONESIA,

JAZI EKO ISTIYANTO

Diundangkan di Jakarta  
pada tanggal...

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

WIDODO EKATJAHJANA

BERITA NEGARA REPUBLIK INDONESIA TAHUN      NOMOR



LAMPIRAN I  
PERATURAN KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR  
NOMOR      TAHUN 20  
TENTANG  
KETENTUAN KESELAMATAN DESAIN REAKTOR DAYA

## FORMAT DAN ISI DESAIN RINCI

### A. Kerangka Format Desain Rinci

|           |                           |
|-----------|---------------------------|
| BAB I.    | PENDAHULUAN               |
| BAB II.   | SPESIFIKASI PROYEK        |
| BAB III.  | DESAIN PROSES             |
| BAB IV.   | DESAIN MEKANIKAL          |
| BAB V.    | DESAIN PEMIPAAN           |
| BAB VI.   | DESAIN SIPIL DAN STRUKTUR |
| BAB VII.  | DESAIN ELEKTRIKAL         |
| BAB VIII. | DESAIN INSTRUMENTASI      |
| BAB IX.   | CAT DAN INSULASI          |

### B. Kerangka Isi Desain Rinci

#### BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini berisi antara lain:

1. nama dan alamat instalasi serta nama dan alamat pemegang izin;
2. alamat kontak dan semua nomor telepon dan faksimili, termasuk alamat elektronik (*email address*) yang dapat dihubungi;
3. identifikasi izin yang masih berlaku pada saat pengajuan permohonan persetujuan desain; dan
4. komposisi kepemilikan instalasi

#### BAB II. SPESIFIKASI PROYEK

##### B.2.1. Umum

Bagian ini berisi penjelasan mengenai identitas pemilik proyek/*owner* dan konsultan, serta informasi umum dari Reaktor Daya yang akan dibangun meliputi jenis reaktor, tujuan pembangunan reaktor, serta kapasitas daya *output* yang dihasilkan oleh reaktor.

##### B. 2.2. Standar Dan Kode

Bagian ini berisi informasi standar dan kode internasional yang digunakan dalam dokumen desain rinci Reaktor Daya ini. Standar dan kode internasional

yang digunakan mengikuti standar dan kode termutakhir. Bagian ini juga menjelaskan mengenai bahasa yang akan digunakan dalam penulisan dokumen pendukung yang dapat menggunakan lebih dari satu bahasa. Salah satu bahasa yang harus digunakan adalah Bahasa Inggris. Apabila dokumen hanya menggunakan satu bahasa maka bahasa yang digunakan harus Bahasa Inggris.

#### B. 2.3. Komponen Utama Reaktor Daya

Bagian ini berisi penjelasan mengenai komponen-komponen penting yang akan dimuat dalam dokumen desain rinci Reaktor Daya, diantaranya: bejana reaktor, sistem uap utama/*main steam system*, sistem instrumentasi dan kendali, sistem pemantau radiasi, sistem pendingin teras, *reactor servicing equipments*, sistem bantu reaktor, sistem limbah radioaktif, sistem siklus daya/*power cycle system*, dan *station auxiliary system*.

Penjelasan dapat disertai dengan daftar penjual/*vendor*, khususnya untuk komponen-komponen yang memerlukan kehandalan yang tinggi.

#### B. 2.4. Bahan Bakar

Bagian ini berisi penjelasan tentang bahan bakar yang digunakan.

#### B. 2.5. Kandungan Lokal

Bagian ini memuat penjelasan tentang penggunaan secara maksimal tenaga kerja Indonesia, serta peralatan, material, sub-kontraktor, dan sejenisnya dari Indonesia.

#### B. 2.6. Lokasi proyek

Bagian ini memuat penjelasan tentang lokasi proyek pembangunan Reaktor Daya.

#### B. 2.7. Jadwal/*Schedule*

Bagian ini memuat penjelasan tentang tahapan dan lama waktu pembangunan Reaktor Daya.

#### B. 2.8. Lain-lain

Bagian ini memuat penjelasan tentang hal-hal lain, antara lain: persyaratan tambahan, fasilitas perawatan, fasilitas kesejahteraan, fasilitas pemadaman kebakaran, kantor dan fasilitas laboratorium, ventilasi dan pendingin udara, transportasi, dan penanganan mekanis bergerak/*mobile*

*mechanical handling*, pengadaan pagar jalan dan pagar batas area, serta kebisingan.

### BAB. III DESAIN PROSES

#### B.3.1 Pendahuluan

Bab ini menjelaskan dokumen desain proses yang dibutuhkan untuk konstruksi. Dokumen tersebut berdasarkan dari dokumen bagan alur kerja output/output *work flow chart process*. Pada bagan alur kerja ini dapat dilihat pembagian antara pekerjaan dan dokumen desain dasar/*basic design* dan desain rinci/*detail design*.

Pada bagian bagan alur kerja desain dasar/*work flow chart basic design*, dokumen/data yang dihasilkan antara lain:

##### B. 3.1.1. Dokumen Diagram Aliran proses/*Process Flow Diagram* (PFD)

Dokumen PFD Reaktor Daya menggambarkan proses secara keseluruhan yang mencakup sistem pembangkitan energi, antara lain meliputi: sistem bejana reaktor bertekanan, sistem uap utama, sistem pendingin teras, sistem bantu reaktor, sistem siklus daya dan sistem lainnya. Dokumen dilengkapi juga dengan PFD dari unit-unit lain seperti PFD tentang sistem limbah radioaktif, PFD tentang *intermediate storage*, dan lainnya. Jika diperlukan, pada dokumen PFD dapat dicantumkan *heat and material balance*.

##### B. 3.1.2. Dokumen Data Desain Teknis Dasar/*Basic Engineering Design Data*

Dokumen ini berisi informasi lebih detil yang akan digunakan dalam desain dasar dan rinci yang mendasari desain proses dan unit utilitas, misalnya data spesifikasi produk, spesifikasi bahan baku/*raw material*, data iklim, data geologi, data seismik, data *corrosion allowance equipment*, serta kode dan standar.

##### B. 3.1.3. Dokumen Perhitungan/Desain Peralatan dan Instrumentasi

Dokumen ini berisi data dan proses perhitungan untuk mendesain peralatan, misalnya dimensi dan jenis isian dalam kolom kemasan/*packing column*, dimensi bejana dan tangki, desain dan *rating heat exchanger* dan lainnya. Jika diperlukan, dilakukan perhitungan instrumen tertentu misalnya ukuran katup searah/*control valve*, perhitungan area katup pengaman/*safety valve*.

#### B. 3.1.4. Dokumen Elevasi Peralatan/*Relative Equipment Elevation*

Dokumen *relative equipment elevation* merupakan dokumen dalam bentuk formulir/*form* yang menyatakan informasi ketinggian bagian tertentu suatu peralatan. Informasi dalam dokumen tersebut meliputi: nomor dan nama peralatan, kode area atau lokasi termasuk lokasi lantai dimana peralatan berada, tipe lantai (dari beton atau logam), elevasi lantai, posisi peralatan (vertikal atau horizontal), dan informasi elevasi atau ketinggian bagian yang dimaksud.

#### B. 3.1.5. Dokumen Lembar Data Proses/*Process Data Sheet*

Dokumen ini berisi data-data rinci yang terlibat dalam satu peralatan (misalnya data variabel proses pada kondisi operasi, data tapak dan utilitas/*site and utility data*, serta kinerja yang diinginkan dari pompa air injeksi) atau dimensi serta gambar yang mendeskripsikan satu peralatan (misal ukuran *shell and tube*, dan data sifat fisis fluida yang mengalir dalam *shell and tube*).

#### B. 3.1.6. Dokumen Konsumsi Daya/*Power Consumption*

Dokumen ini berisi informasi tentang daya yang dibutuhkan untuk masing-masing komponen di tiap peralatan. Daya yang dibutuhkan tersebut dihitung untuk berbagai kondisi (misalnya daya yang dibutuhkan untuk pompa air umpan/*feedwater pump* pada kondisi 50%, 80% dan seterusnya).

#### B. 3.1.7. Dokumen Kelas Bahan Berbahaya/*Hazardous Material Class*

Dokumen Kelas Bahan Berbahaya merupakan dokumen yang menjelaskan pembagian kelas material berdasarkan tingkat bahaya material tersebut.

#### B. 3.1.8. Dokumen *Hazard and Operability* (HAZOP)

Dokumen HAZOP merupakan dokumen analisis yang mengidentifikasi dan mengevaluasi masalah yang mungkin dapat merugikan personal ataupun fasilitas.

#### B. 3.2. Dokumen Output pada Desain Rinci/*Detail Design*

Pada bagian *Detail Design*, dokumen/*data output* yang dihasilkan antara lain: Dokumen Diagram Pemipaan & Instrumentasi/P&ID untuk konstruksi, dokumen *final safe chart*, dokumen data proses untuk instrumentasi, dokumen perhitungan hidrolik, dokumen *utility balance*, dokumen daftar peralatan, dokumen *individual specification*, dokumen *line index*, dokumen *control description*, dokumen *instrument set point*, dokumen *final material take off*,

dokumen *requisition*, dokumen pembelian, dokumen prosedur prekomisioning dan dokumen manual operasi.

#### B. 3.2.1. Dokumen Diagram Pemipaan & Instrumentasi/ P&ID untuk konstruksi.

Dokumen P&ID berisi gambar pemipaan dan instrumentasi yang terkait dengan proses tertentu, dimana pada gambar tersebut juga diberikan keterangan jeni peralatan, pipa serta nomor tag dari masing-masing instrumentasi yang diperlukan.

#### B. 3.2.2. Dokumen *Final Safe Chart*

Dokumen *safe chart* merupakan dokumen dalam bentuk tabel yang menyatakan hubungan antara komponen dengan instrumen kendali/*shutdown* terkait beserta fungsi kendali yang diatur.

#### B. 3.2.3. Dokumen Data Proses untuk Instrumentasi

Dokumen data proses untuk instrumentasi merupakan dokumen instrumentasi yang terdiri dari *instrument schedule* dan lembar data, yang sebagian diisi oleh bagian proses/*process department*. Bagian yang diisi oleh *process department* yaitu bagian yang mencakup kondisi proses dari sistem instrumentasi tersebut. Informasi ini selanjutnya dipergunakan sebagai masukan untuk bagian instrumentasi/*instrument department*.

#### B. 3.2.4. Dokumen Perhitungan Hidrolik

Dokumen ini menjelaskan perhitungan termohidrolik dari fasilitas nuklir dengan menggunakan simulasi. Simulasi termohidrolik bertujuan untuk mengetahui *flow and pressure balance* dan *heat balance* pada suatu sistem perpipaan sehingga dapat dianalisis dan diatur agar fluida dapat terdistribusi dengan baik.

#### B. 3.2.5. Dokumen *Utility Balance*

Dokumen ini menjelaskan tentang *utility balance* yang ada pada proses yang terjadi dalam fasilitas.

#### B. 3.2.6. Dokumen Daftar Peralatan

Dokumen ini menjelaskan daftar peralatan yang digunakan dalam fasilitas.

#### B. 3.2.7. Dokumen *Individual Specification*

Dokumen *individual specification* merupakan dokumen yang berisikan informasi tentang spesifikasi dari setiap alat yang ada pada divisi proses.

#### B. 3.2.8. Dokumen *Line Index*

Dokumen *line index* merupakan dokumen yang berisikan gambar yang memiliki informasi terkait konektivitas antar peralatan pada divisi proses.

#### B. 3.2.9. Dokumen *Control Description*

Bagian ini berisi penjelasan singkat mengenai fungsi kontrol pada sistem kontrol tertentu. Selain itu, bagian ini juga berisi penjelasan mengenai bagaimana proses pengendalian dilakukan, serta berisi informasi gambar dari pemipaan & instrumentasi terkait yang dijadikan sebagai referensi.

#### B. 3.2.10. Dokumen *Instrument Set Point*

Dokumen *instrument set point* merupakan daftar yang menunjukkan nomor tag instrumentasi pada suatu alat atau unit sistem dengan informasi pengaturannya/*setting*.

#### B. 3.2.11. Dokumen *Final Material Take Off*

Dokumen *final material take off* berisi tabel lengkap untuk seluruh kategori peralatan dan jumlah yang dibutuhkan dalam divisi proses.

#### B. 3.2.12. Dokumen *Requisition*

Dokumen ini berisikan daftar permintaan dari divisi proses ke penjual/*vendor*.

#### B. 3.2.13. Dokumen Pembelian

Dokumen ini berisi aturan bahwa material dan jumlah yang akan dibeli harus sesuai dengan daftar permintaan/*requisition* atau *bill of quantities*.

#### B. 3.2.14. Dokumen Prosedur Prekomisioning

Dokumen ini berisi prosedur untuk pelaksanaan kegiatan prekomisioning. Kegiatan prekomisioning bertujuan untuk mengeluarkan, menyingkirkan dan membuang benda-benda asing (pasir, minyak, kotoran las, sampah dan lain-lain) dari dalam pipa agar kegiatan komisioning selanjutnya berjalan lancar serta mencegah atau meminimalisasi masalah-masalah yang mungkin timbul dari peralatan.

#### B. 3.2.15. Dokumen Manual Operasi

Dokumen ini berisi tentang informasi terkait operasi dari fasilitas.

### BAB IV. DESAIN MEKANIKAL

Bab ini menjelaskan dokumen desain mekanikal yang dibutuhkan untuk konstruksi. Rekayasa dasar (*basic engineering*) bidang mekanikal mencakup penyusunan *individual specification* untuk setiap peralatan, penyusunan lembar data, dan gambar standar/*standard drawing* untuk setiap komponen.

Rekayasa rinci (*detail engineering*) bidang mekanikal mencakup penyusunan dokumen *output* desain rinci yaitu antara lain: spesifikasi umum/*general specifications*, *engineering standard drawing*, daftar permintaan/*requisition*, dan pembelian.

Format dan isi dokumen disajikan sebagai berikut ini.

#### B.4.1. Dokumen Spesifikasi Umum

Dokumen spesifikasi umum menjelaskan spesifikasi umum dari setiap peralatan mekanikal yang ada pada divisi mekanikal.

#### B. 4.2. Dokumen *Engineering Standard Drawing*

Dokumen yang memuat gambar rinci dari peralatan dilengkapi dengan dimensi lengkap serta adanya catatan rinci yang menjelaskan tentang perlengkapan tersebut.

#### B. 4.3. Dokumen *Requisition of Mechanical*

Dokumen ini memuat penjelasan tentang komponen yang dibutuhkan oleh divisi mekanikal untuk memulai proses konstruksi.

#### B. 4.4. Dokumen Pembelian

Dokumen ini berisi aturan bahwa material dan jumlah yang akan dibeli harus sesuai dengan daftar permintaan atau *bill of quantities*.



## BAB V. DESAIN PEMIPAAN

### B.5.1. Pendahuluan

Bab ini menjelaskan dokumen desain pemipaan yang dibutuhkan untuk konstruksi. Dokumen tersebut berdasarkan dari dokumen *output work flow chart piping*. Rekayasa dasar (*basic engineering*) bidang pemipaan mencakup penyusunan dokumen spesifikasi kelas desain perpipaan/*specification for piping design class* dan dokumen spesifikasi bahan perpipaan/*piping material specification*.

Dokumen desain dasar bidang pemipaan antara lain:

#### B.5.1.1. Dokumen Spesifikasi Kelas Desain Pipa

Dokumen ini berisi informasi yang meliputi lingkup, rujukan/*references*, sistem penomoran, *piping design – process, piping design – general*, perancangan perpipaan peralatan/*equipment piping design*, perancangan sistem perpipaan/*piping system design*, katup-katup untuk desain perpipaan, dan *positive insulation*.

#### B. 5.1.2. Dokumen Spesifikasi Bahan Perpipaan

Dokumen ini berisi informasi yang meliputi *scope, references (standard and code, project specification & drawing, pressure temperature ratings for steel flanges), conflict, piping component design (general, wall thickness calculation, materials), piping material general notes (general, piping components, miscellaneous components, branches, piping material class (class designation code, piping material class index, individual piping material class), commodity code list, attachment (reducing tables, index of piping material class, pipe wall thickness table, dan individual material class*.

### B.5.2. Dokumen Output Detail Design

Rekayasa rinci (*detail engineering*) bidang pemipaan mencakup penyusunan dokumen *output* desain rinci yaitu antara lain: *plot plan*, gambar isometrik, gambar tata letak perpipaan, gambar penopang/*support drawing*, daftar permintaan, dan *material take off (MTO)*.

#### B.5.2.1. Dokumen *Plot Plan*

Dokumen *Plot plan* yang merupakan *output* dari Departemen Perpipaan, merupakan dokumen *plot plan final* yang siap untuk dibawa konstruksi. Dokumen *plot plan* menggambarkan jalur pemipaan pada daerah tertentu.

#### B. 5.2.2. Dokumen Gambar Isometrik

Dokumen gambar isometrik merupakan gambar isometrik dari setiap komponen pemipaan yang ada di fasilitas.

#### B. 5.2.3. Dokumen Gambar Tata Letak Perpipaan

Dokumen gambar tata letak perpipaan merupakan gambar yang menjelaskan tata letak pemipaan yang ada di fasilitas.

#### B. 5.2.4. Dokumen Gambar Penopang/*Support Drawing*

Dokumen gambar penopang/*support drawing* merupakan gambar yang menjelaskan penopang/*support* dari setiap pipa.

#### B. 5.2.5. Dokumen Daftar Permintaan Perpipaan dan Penopang/*Requisition of Piping and Support*

Dokumen ini berisikan daftar permintaan dari divisi ke penjual/*vendor*.

#### B. 5.2.6. Dokumen *Final Material Take Off*

Dokumen *final material take off* berisi tabel lengkap untuk seluruh kategori peralatan dan jumlah yang dibutuhkan dalam divisi proses.

### BAB VI. DESAIN SIPIL DAN STRUKTUR

#### B.6.1. Pendahuluan

Bab ini menjelaskan dokumen desain sipil dan struktur yang dibutuhkan untuk konstruksi. Rekayasa dasar (*basic engineering*) bidang sipil dan struktur mencakup penyusunan dokumen kriteria desain sipil/*design criteria for civil*, spesifikasi teknis, spesifikasi konstruksi, dan gambar standar.

##### B.6.1.1. Dokumen Kriteria Desain Sipil /*Design Criteria for Civil*

Dokumen ini merupakan jembatan antara spesifikasi proyek dengan spesifikasi desain untuk sipil yang akan dibuat. Dokumen berisi *scope, codes and standards, unit weight, coefficient of friction, minimum concrete cover to*

*reinforcing bar, minimum distance center to center of reinforcing bar, pile, spread footing and pile cap, concrete structure, steel structure, dan silo/dome structure.*

#### B. 6.1.2. Dokumen Spesifikasi Teknis

Dokumen ini berisi informasi yang meliputi *general, references, conflict, design, material, application, dan table.*

#### B. 6.1.3. Dokumen Spesifikasi Konstruksi

Dokumen ini berisi informasi yang meliputi *general*, perencanaan fabrikasi dan konstruksi, peralatan konstruksi, bahan, transportasi, penanganan dan penyimpanan, detail pekerjaan, inspeksi pekerjaan, pengujian pekerjaan, dan lampiran/*appendix*.

#### B. 6.1.4. Dokumen Gambar Standar

Dokumen ini berupa gambar yang berisi informasi seperti *symbol for piping drafting, standard type dimensions* (ASME, API), *selection of connection*, dan lain sebagainya.

#### B. 6.2. Dokumen *Output Detail Design*

Rekayasa rinci (*detail engineering*) bidang sipil dan struktur mencakup penyusunan dokumen *output* desain rinci yaitu antara lain: lembar perhitungan, gambar teknis, daftar permintaan, dan *material take off* (MTO).

##### B. 6.2.1. Dokumen Lembar Perhitungan

Dokumen lembar perhitungan merupakan dokumen yang memuat informasi perhitungan struktur konstruksi komponen tertentu.

##### B. 6.2.2. Dokumen Gambar Teknis

Memuat gambar detail dari peralatan dilengkapi dengan dimensi lengkap serta adanya catatan yang menjelaskan lebih rinci tentang perlengkapan tersebut.

##### B. 6.2.3. Dokumen Pondasi dan Perhitungannya/*Foundation and Calculation*

Dokumen ini berisi data dan proses perhitungan untuk mendesain pondasi. Informasi tentang tipe tanah digunakan untuk menentukan jenis pondasi (dangkal/dalam) bangunan yang akan digunakan.

#### B. 6.2.4. Dokumen *Requisition of Civil and Structure*

Dokumen ini berisikan daftar permintaan dari divisi sipil dan struktur ke penjual/*vendor*.

#### B. 6.2.5. Dokumen *Material Take Off*

Dokumen *final material take off* berisi tabel lengkap untuk seluruh kategori peralatan dan jumlah yang dibutuhkan dalam divisi struktur dan sipil.

### BAB VII. ELEKTRIKAL

#### B.7.1. Pendahuluan

Bab ini menjelaskan dokumen elektrik yang dibutuhkan untuk konstruksi. Dokumen tersebut berdasarkan dari dokumen *output work flow chart electrical*.

##### B.7.1.1. Dokumen Proses dan Spesifikasi Konstruksi/ *Construction Specification and Process*

Dokumen proses dan spesifikasi konstruksi berisi antara lain: lokasi dan nama proyek, nama dokumen dan kode yang menjadi acuan, permintaan khusus seperti hak untuk meminta perbaikan dan penggantian bila pekerjaannya tidak sesuai, klasifikasi area berbahaya, dan tatacara instalasi peralatan elektrik.

##### B. 7.1.2. Dokumen *Individual Specification*

Dokumen ini dibuat untuk masing-masing peralatan dan berisi informasi antara lain: nama dan lokasi peralatan elektrik, standar yang digunakan, informasi mengenai desain peralatan (kondisi operasional yang diijinkan, karakteristik elektrik, *insulation level*), tatacara pemasangan dan penggunaan peralatan tersebut, peralatan penunjang yang dibutuhkan, serta bagaimana cara pengujian peralatan. Masing-masing dokumen dilengkapi dengan nama dokumen serta tanggal dan nama petugas yang melakukan pemeriksaan/dokumen persetujuan.

##### B. 7.1.3. Dokumen *Motor List*

Dokumen berupa daftar yang memuat informasi antara lain: nama-nama peralatan elektrik, tegangan yang dibutuhkan, daya yang dibutuhkan, efisiensi, lokasi pemasangan serta keterangan lain yang diperlukan.

#### B. 7.1.4. Dokumen *Single Line Diagram*

Dokumen ini berupa gambar yang menunjukkan jalur listrik dari sumber utama ke beban. Gambar ini dilengkapi dengan keterangan/kode yang diperlukan. Dokumen ini juga disertai dengan informasi mengenai ukuran kertas, nomor gambar/*drawing number*, skala, identitas proyek serta keterangan nama dan tanggal pengecekan/ dokumen persetujuan.

#### B. 7.1.5. Dokumen Spesifikasi Daerah Berbahaya/*Hazardous Area Specification*

Berdasarkan hasil analisis Kelas Bahan Berbahaya/*Hazardous Material Classes* dan *Plot Plan* disusun dokumen spesifikasi daerah berbahaya. Dokumen ini berupa gambar yang menunjukkan sumber bahaya serta daerah kerja yang potensial menimbulkan bahaya. Dokumen dilengkapi dengan keterangan yang diperlukan misalnya nama peralatan, dimensi, potensi bahaya yang dapat ditimbulkan, serta sifat fisika dan kimia dari material berbahaya tersebut.

#### B. 7.1.6. Dokumen *Electrical Material Specification*

Dokumen ini berisi informasi antara lain nama peralatan, bahan/material pembuatnya, dimensi/ukuran, jenis *finishing* yang diperlukan (*natural/plated/tinning* dan lainnya) serta jika diperlukan dapat disertai gambar.

#### B. 7.2. Dokumen Output pada *Detail Design*

Rekayasa rinci (*detail engineering*) bidang elektrik mencakup penyusunan dokumen *output* desain rinci. Rekayasa rinci (*detail engineering*) bidang elektrik mencakup penyusunan dokumen *output* desain rinci yaitu antara lain: *cable schedule*, *connection line*, *duct bank layout*, tata letak peralatan listrik/*electrical equipment layout*, tata letak alarm kebakaran/*fire alarm layout*, tata letak pentanahan dan penangkal petir/*grounding & lightning protection layout*, tata letak pencahayaan/*lighting layout*, tata letak kabel daya/*power wiring layout*, dan *vendor print check*.

##### B. 7.2.1. Dokumen *Cabel Schedule*

Dokumen *cable schedule* memuat informasi terkait dengan kabel yang digunakan dalam fasilitas.

##### B. 7.2.2. Dokumen *Connection Line*

Dokumen *connection line* menyajikan gambar yang memuat koneksi dari setiap saluran listrik pada fasilitas.

B. 7.2.3. Dokumen *Duct Bank Layout*

Dokumen *duct bank layout* merupakan gambar yang memuat *duct bank* yang digunakan untuk melindungi kabel.

B. 7.2.4. Dokumen Tata Letak Peralata Listrik/ *Electrical Equipment Layout*

Dokumen tata letak peralatan listrik/menyajikan gambar yang memuat tata letak dari peralatan kelistrikan.

B. 7.2.5. Dokumen Tata Letak Alarm Kebakaran/ *Fire Alarms Layout*

Dokumen tata letak alarm kebakaran menyajikan gambar yang memuat tata letak alarm kebakaran pada instalasi.

B. 7.2.6. Dokumen Tata Letak Pentanahan Dan Penangkal Petir

Dokumen tata letak pentanahan dan penangkal petir merupakan gambar yang memuat tata letak dari pentanahan dan penangkal petir.

B. 7.2.7. Dokumen Tata Letak Pencahayaan/ *Lighting Layout*

Dokumen tata letak pencahayaan/ menyajikan gambar yang memuat tata letak pencahayaan pada instalasi.

B. 7.2.8. Dokumen Tata Letak Kabel Daya/ *Power Wiring Layout*

Dokumen tata letak kabel daya menyajikan gambar yang memuat tata letak dari kabel peralatan kelistrikan.

B. 7.2.9. Dokumen *Vendor Print Check*

Dokumen *vendor print check* merupakan dokumen yang berisikan tabel yang memberikan informasi terkait dokumen penjual/*vendor* yang diserahkan ke pemilik proyek/*owner*.

## BAB VIII. DESAIN INSTRUMENTASI

### B.8.1. Pendahuluan

Bab ini menjelaskan dokumen desain instrumentasi yang dibutuhkan untuk konstruksi. Dokumen tersebut berdasarkan dari dokumen output bagan alur kerja instrumen/*output work flow chart instrument*.

#### B.8.1.1. Dokumen Lembar Data Instrumentasi/ *Instrumentation Datasheet*

Dokumen lembar data instrumentasi merupakan dokumen dalam bentuk formulir/*form* yang berisi data-data rinci alat instrumentasi yang digunakan dalam satu peralatan (seperti data desain yang meliputi tekanan dan suhu desain; data operasi yang meliputi suhu, densitas, viskositas, dan laju alir; variabel proses, data konstruksi, serta spesifikasi alat).

#### B. 8.1.2. Dokumen Perhitungan Instrumentasi/ *Instrumentation Calculation*

Dokumen perhitungan instrumentasi merupakan dokumen yang berisi perhitungan awal dari komponen instrumentasi berdasarkan kondisi proses. Pada dokumen ini disertakan pula informasi metode perhitungan, asumsi, perangkat lunak yang digunakan dalam perhitungan, dan dokumen referensi.

#### B. 8.1.3. Dokumen *Individual Specification*

Dokumen *individual specification* merupakan dokumen dalam bentuk formulir/*form* yang berisi informasi penting pada alat instrumentasi (contoh: *control valve*) seperti: *service condition* meliputi informasi fluida yang mengalir, *line* untuk jenis pipa yang terhubung, *valve body bonnet* untuk jenis katup dan spesifikasi katup, perangkat tambahan, aktuator, *positioner*, SOV, *switch*, air set, serta informasi uji yang perlu dilakukan pada komponen instrumentasi.

#### B. 8.1.4. Dokumen *Instrumentation Index*

Dokumen *instrumentation index* merupakan dokumen dalam bentuk formulir/*form* yang menyatakan informasi jenis komponen instrumentasi yang ditunjukkan pada P&ID dengan nomor tertentu, serta menyertakan lokasi dari komponen instrumentasi tersebut.

#### B. 8.1.5. Dokumen *Boundary Work*

Dokumen *boundary work* merupakan dokumen dalam bentuk formulir/*form* yang menyatakan pembagian pekerjaan untuk setiap divisi seperti instrumentasi, pemipaan, elektrik, mekanikal dalam pemenuhan material dari suatu komponen atau alat tertentu.

#### B. 8.1.6. Dokumen *Interlock Diagram*

Dokumen *interlock diagram* merupakan dokumen dalam bentuk gambar yang meliputi informasi input, ESD sistem, dan output berupa *logic diagram*.

## B. 8.2. Dokumen *Output* pada *Detail Design*

Pada bagian *detail design*, dokumen/data yang dihasilkan antara lain:

### B. 8.2.1. Dokumen *Instrumen Hook Up Drawing*

Dokumen *hook up drawing* merupakan dokumen yang berisikan gambar yang menjelaskan bagaimana alat instrumentasi dapat terpasang sesuai prosedur serta dapat bekerja dengan baik.

### B. 8.2.2. Dokumen *Instrument Key Plant*

Dokumen *instrument key plant* merupakan dokumen yang berisikan letak dari setiap instrumen yang ada pada fasilitas.

### B. 8.2.3. Dokumen Tata Letak Instrumen/*Instrument Layout*

Dokumen tata letak instrumen merupakan dokumen yang terdiri dari beberapa gambar untuk tata letak pada ruangan atau sistem tertentu (seperti: ruang kendali, *instrument air*, *main cable and junction box*, dan lain sebagainya).

### B. 8.2.4. Dokumen *Instrument Loop Diagram*

Dokumen *instrument loop diagram* merupakan dokumen yang berupa gambar rinci yang menunjukkan sambungan dari suatu titik menuju system kendali/*control system*, dapat berupa sambungan dari instrumen di lapangan/*field instrument* menuju sistem kendali.

### B. 8.2.5. Dokumen Tabel Konsumsi Daya Instrumen/*Instrument Power Consumption Table*

Dokumen ini memuat informasi daya yang dikonsumsi oleh setiap peralatan di fasilitas tertentu. Informasi daya diberikan untuk setiap unit peralatan dan daya total.

### B. 8.2.6. Dokumen *Master List Instrument*

Dokumen ini memuat informasi data instrumentasi untuk setiap sistem (seperti *flow instrument specification sheet*, *level instrument specification sheet*, *pressure instrumentat specification sheet*, *temperature instrument specification sheet*, *control valve specification sheet*, dan *on-off valve specification sheet*).

### B. 8.2.7. Dokumen *Vessel Sketch*

Dokumen *vessel sketch* merupakan dokumen yang berisikan gambar sketsa bejana/*vessel*.



B. 8.2.8. Dokumen Daftar Permintaan/ *Requisition*

Dokumen ini berisikan daftar permintaan dari divisi ke penjual/ *vendor*.

B. 8.2.9. Dokumen *Material Take Off*

Dokumen *final material take off* berisi tabel lengkap untuk seluruh kategori peralatan dan jumlah yang dibutuhkan dalam divisi instrumentasi.

BAB IX. CAT DAN INSULASI

B.9.1. Cat

Bab ini berisi dokumen-dokumen yang berkaitan dengan pekerjaan pengecatan, yaitu:

B.9.1.1. Dokumen Spesifikasi Teknis/ *Engineering Spesification*

Dokumen spesifikasi teknis berisi informasi rinci untuk pengecatan.

B. 9.1.2. *Material Take Off*

Dokumen *final material take off* berisi tabel lengkap untuk seluruh kategori peralatan dan jumlah yang dibutuhkan dalam pengecatan.

B. 9.2. Insulasi

Bab ini berisi dokumen-dokumen yang berkaitan dengan pekerjaan insulasi, yaitu:

B. 9.2.1. Dokumen Spesifikasi Teknis/ *Engineering Spesification*

Dokumen spesifikasi teknis berisi informasi rinci untuk insulasi.

B. 9.2.2. *Material Take Off*

Dokumen *final material take off* berisi tabel lengkap untuk seluruh kategori peralatan dan jumlah yang dibutuhkan dalam insulasi.

KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR,

PROF. JAZI EKO ISTIYANTO

LAMPIRAN II  
PERATURAN KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR  
NOMOR      TAHUN 20  
TENTANG  
KETENTUAN KESELAMATAN DESAIN REAKTOR DAYA

## FORMAT DAN ISI DESAIN DASAR

### A. Kerangka Format Desain Dasar

|          |                           |
|----------|---------------------------|
| BAB I.   | PENDAHULUAN               |
| BAB II.  | DESKRIPSI REAKTOR DAYA    |
| BAB III. | REKAYASA PROSES           |
| BAB IV.  | PERPIPAAN                 |
| BAB V.   | STRUKTUR DAN SIPIL        |
| BAB VI.  | INSTRUMENTASI DAN KENDALI |
| BAB VII. | KELISTRIKAN               |

### B. Kerangka Isi Desain Dasar

#### BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini berisi antara lain:

1. nama dan alamat instalasi serta nama dan alamat pemegang izin;
2. alamat kontak dan semua nomor telepon dan faksimili, termasuk alamat elektronik (*email address*) yang dapat dihubungi;
3. identifikasi izin yang masih berlaku pada saat pengajuan permohonan persetujuan desain; dan
4. komposisi kepemilikan instalasi

#### BAB II. DESKRIPSI REAKTOR DAYA

Bab ini berisi:

##### *II.1. Karakteristik Reaktor Daya*

Bagian ini dipaparkan tentang spesifikasi dan kemampuan Reaktor Daya yang akan dibangun yang meliputi:

1. jumlah reaktor.
2. tipe reaktor dengan fitur utama dan karakteristik.
3. sistem keselamatan.
4. tipe sistem pembangkit uap atau sistem perpindahan panas.

5. tipe struktur pengungku.
6. tingkat daya termal yang mencapai teras reaktor.
7. daya elektrik keluaran yang sesuai dengan tingkat daya termal.
8. karakteristik lain yang diperlukan untuk desain proses.

## *II.2. Tata Letak Fasilitas*

Bagian ini memuat informasi tapak dan perletakan fasilitas yang dilengkapi dengan:

1. detail lokasi fisik dan geografis pembangkit.
2. faktor manusia yang dipertimbangkan dalam penentuan tata letak.
3. koneksi jaringan listrik.
4. sarana akses ke lokasi.
5. rute akses ke instalasi pembangkit untuk kegiatan operasional dan pemeliharaan.
6. pengendalian akses untuk meminimalkan paparan radiasi.
7. tindakan yang di ambil sebagai tanggapan terhadap kejadian internal atau eksternal.
8. rute jalan keluar.
9. akses untuk transportasi zat berbahaya, material nuklir, dan bahan radioaktif.
10. akses untuk personil yang memiliki wewenang dan yang tidak memiliki wewenang.

## *II.3. Kode dan Standar Desain*

Pada bagian ini memuat dimuat kode dan standar internasional maupun nasional yang digunakan dalam penyusunan desain.

## **BAB III. REKAYASA PROSES**

Bagian ini memuat diagram alir proses (*Process Flow Diagram*) dan P&ID (*piping and instrumentation diagram*) Reaktor Daya yang akan dibangun dilengkapi dengan *heat and material balance*.

### III.1. Desain Reaktor

Bagian ini memuat informasi tentang proses di dalam reaktor serta rangkuman deskripsi tentang:

1. desain mekanikal, nuklir, termal dan hidraulik dari berbagai macam komponen reaktor.
2. bahan bakar, internal reaktor dan sistem kendali reaktivitas.
3. desain sistem kendali dan instrumentasi selama siklus hidup pembangkit.

#### III.1.1. Desain Sistem Bahan Bakar

Bagian ini memuat informasi tentang desain dari sistem bahan bakar termasuk:

1. deskripsi dari elemen utama sistem bahan bakar termasuk gambar desain bahan bakar.
2. persyaratan dasar desain, deskripsi proses pembuatan bahan bakar yang dijelaskan dengan spesifikasi dan gambar serta bagaimana bahan bakar dapat menjamin memenuhi persyaratan dasar desain.

#### III.1.2. Desain Internal Reaktor

Bagian ini memuat deskripsi dari desain internal reaktor dan persyaratan dasar desain yang digunakan, yaitu:

1. detail eksternal bahan bakar secara umum.
2. struktur letak pemasangan bahan bakar.
3. komponen terkait yang dibutuhkan untuk peletakan bahan bakar.
4. seluruh elemen internal pendukung reaktor.

Bagian ini juga memuat informasi yang berhubungan dan melengkapi bagian lain yang mencakup aspek-aspek yang terkait dengan bahan bakar reaktor serta pengelolaan dan penyimpanannya

#### III.1.3. Material Reaktor

Bagian ini memuat informasi material yang digunakan untuk komponen reaktor. Berikut adalah informasi terkait spesifikasi material yang sebaiknya diberikan.

1. sifat kimia, fisika, dan mekanikal.

2. ketahanan terhadap korosi.
3. stabilitas dimensi, kekuatan, kekerasan, keuletan (*toughness*) dan toleransi patahan .
4. detail mikro struktur dan fabrikasi material.

Sifat dan kinerja bagian yang digunakan untuk mencegah kebocoran komponen bertekanan juga sebaiknya dijelaskan.

#### III.1.4. Sistem Konversi Daya

Bagian ini menggambarkan sistem konversi daya pembangkit. Informasi tentang fluida kerja dan sistem konversi daya memuat:

1. deskripsi dari
  - a.kondensor utama.
  - b.turbin.
  - c.generator.
2. penjelasan sistem kimiawi air dalam uap, air umpan/*feedwater*, dan sistem kondensor.
3. penjelasan tentang jenis lain dari sistem konversi daya yang digunakan oleh pembangkit untuk menunjukkan kesesuaian dengan persyaratan desain yang berlaku.

#### III.2. Sistem Pendingin Reaktor dan Sistem Terkait lainnya

Bagian ini memuat desain sistem pendingin reaktor dan sistem terkait lainnya.

##### III.2.2. Desain Sistem Pendingin Reaktor dan Sistem Bantu Reaktor

Bagian ini memuat informasi untuk sistem pendingin reaktor dan komponen utama. Bagian ini memuat karakteristik desain dan fitur :

1. pompa pendingin reaktor.
2. *boiler* atau generator uap.
3. sistem *depressurization*.
4. *pressurizer*.
5. sistem pelepasan tekanan.
6. ketentuan untuk pendingin utama dan darurat.
7. sistem pembuangan panas sisa dan komponennya.

Informasi yang diberikan memuat gambaran bahwa sistem pendingin reaktor, struktur, dan komponennya dirancang, diproduksi dan dipasang sedemikian rupa untuk memungkinkan inspeksi berkala dan pengujian selama siklus hidup operasi.

### *III.3. Sistem Pengelolaan Limbah Berbahaya dan Radioaktif*

Bagian ini memuat informasi sistem pengelolaan limbah berbahaya dan radioaktif dan persyaratan dasar desain yang digunakan. Deskripsi sebaiknya mencakup fitur desain pembangkit terkait kendali keselamatan, pengumpulan, pengelolaan, proses, penyimpanan dan pembuangan limbah radioaktif dan berbahaya padat, cair dan gas yang timbul dari operasi pembangkit.

## BAB IV. PERPIPAAN

### *IV.1. Sistem Pendingin Reaktor dan Sistem Terkait lainnya*

Bagian ini memuat informasi mengenai material, metode fabrikasi, teknik inspeksi, kondisi pembebanan dan kombinasi beban yang digunakan sesuai dengan semua peraturan, kode dan standar yang berlaku.

#### *IV.1.1. Desain Sistem Pendingin Reaktor dan Sistem Bantu Reaktor*

Bagian ini memuat informasi perpipaan sistem pendingin reaktor dan komponen utama. Informasi tersebut sebaiknya mencakup:

1. perpipaan sistem pendingin reaktor.
2. sistem isolasi pipa uap/ *steamline* utama.
3. sistem pendingin isolasi untuk teras reaktor.
4. perpipaan pipa uap/ *steamline* dan air umpan/ *feedwater*.
5. pendukung untuk perpipaan, bejana dan komponennya.

Informasi yang diberikan juga harus menunjukkan bahwa sistem perpipaan pendingin reaktor, struktur, dan komponennya dirancang, diproduksi dan dipasang sedemikian rupa untuk memungkinkan inspeksi berkala dan pengujian selama masa hidup operasi.

#### IV.2. Sistem Bantu Pembangkit

Bagian ini memuat informasi sistem bantu pembangkit termasuk persyaratan dasar desain yang digunakan.

##### IV.2.1. Sistem Air

Bagian ini memuat informasi sistem air pembangkit. Deskripsi sebaiknya menjelaskan: sistem pendingin untuk reaktor, sistem demineralisasi air, sistem air pendingin kondensor, pembuang panas akhir dan fasilitas penyimpanan kondensat.

##### IV.2.2. Alat Bantu Proses

Bagian ini memuat informasi desain sistem alat bantu terkait dengan sistem proses reaktor termasuk:

1. sistem kompresi udara.
2. proses dan sistem sampling pasca kecelakaan.
3. peralatan drainase dan sistem drainase lantai.
4. sistem kendali bahan kimia dan sistem kendali volume.
5. sistem purifikasi.
6. sistem kendali racun terlarut.

##### IV.2.3. Sistem Pemanas, Ventilasi dan Pendingin Udara

Bagian ini memuat informasi perpipaan pada sistem pemanas, ventilasi dan pendingin udara. Hal ini juga mencakup sistem ventilasi untuk daerah ruang kendali, area kolam bahan bakar bekas, daerah limbah radioaktif, dan bangunan turbin.

##### IV.2.4. Sistem Konversi Daya

Bagian ini memuat informasi perpipaan sistem konversi daya pembangkit. Informasi tentang perpipaan fluida kerja dan sistem konversi daya wajib mencakup:

- a. perpipaan uap utama dan katup kendali terkait.
- b. sistem *bypass* turbin.
- c. sistem sirkulasi air.
- d. sistem pembersih kondensat.



e. sistem kondensat dan air umpan/*feedwater*

## BAB V. STRUKTUR DAN SIPIL

Bagian ini memuat informasi terkait tata letak tapak dan sipil serta struktur dari fasilitas nuklir serta mencakup struktur internal dan struktur pengungkung utama.

### *V.1. Sistem Pengungkung*

Deskripsi pengungkung sebaiknya menjelaskan:

1. identifikasi panduan desain yang digunakan serta persyaratan desainnya.
2. deskripsi dari struktur sebagai berikut
  - a. dasar slab dan sub basisnya.
  - b. desain dinding pengungkung.
  - c. bukaan/*opening* dan penetrasi/*penetrations* dinding pengungkung.
  - d. sistem pra-penekanan.
  - e. liner pengungkung dan metode pemasangannya.

Jika desain memiliki pengungkung sekunder, pengungkung tersebut sebaiknya dideskripsikan dilengkapi dengan model analisis dan metode yang digunakan serta hasil dari evaluasi desain kapasitas maksimum tekanan pada pengungkung.

Bagian ini memuat informasi sistem pengungkung dalam desain reaktor daya. Informasi sistem pengungkung meliputi.

1. sistem pembuang panas pengungkung.
2. desain fungsional dari pengungkung sekunder.
3. sistem isolasi pengungkung.
4. sistem ventilasi pengungkung.
5. penetrasi pengungkung.
6. proteksi pengungkung dari tekanan berlebih dan tekanan negatif.

7. kendali gas mudah terbakar pada pengungkung.
8. ketentuan ventilasi pengungkung.
9. sistem penyemprot/*spray* pengungkung.
10. sistem pengujian kebocoran pengungkung.

Selain informasi tersebut, informasi terkait presentasi skema dari *envelope* pengungkung yang menunjukkan batasan pengungkung untuk setiap kondisi operasi juga dimuat dalam deskripsi.

#### *V.2. Pembuang Panas Darurat*

Bagian ini memuat informasi persyaratan desain pembuang panas darurat. Desain ini memuat sistem pembuang panas darurat (EHRS) yang berguna untuk membuang panas sisa sebagai batas kondisi desain bahan bakar dan pendingin reaktor.

#### *V.3. Sistem Pendingin Teras Darurat/Emergency Core Cooling System (ECCS)*

Bagian ini memuat informasi tentang ECCS dan sistem fluida terkait termasuk persyaratan dasar desain untuk tiap sistem yang berfungsi untuk mentransfer panas dari teras reaktor ketika terjadi hilangnya pendingin reaktor. Informasi yang diperlukan meliputi komponen-komponen ECCS (tangki air borat, katup, perpipaan, pompa, alat penukar panas, *sump tank*, dan sistem kelistrikan darurat).

#### *V.4. Sistem Pengelolaan dan Penyimpanan Bahan Bakar*

Bagian ini memuat komponen dan peralatan yang terlibat dalam pengelolaan dan penyimpanan bahan bakar, baik untuk bahan bakar baru maupun bahan bakar bekas.

### BAB VI. INSTRUMENTASI DAN KENDALI

Bagian ini memuat informasi sistem instrumentasi dan kendali yang meliputi:

1. persyaratan dasar desain untuk parameter aktuasi.
2. sistem kendali *interlock*.
3. daftar parameter yang diukur.

4. sistem deteksi kebocoran.
5. sistem pemantauan getaran.
6. ruang kendali termasuk pengelompokan dan pemisahan instrumen.

Isolasi fisik dan listrik antara sistem pembangkit dan jalur sinyal komunikasi ke ruang kendali utama dan ruang kendali sekunder.

## BAB VII. KELISTRIKAN

Bagian ini memuat informasi terkait sistem daya listrik pembangkit. Deskripsi sebaiknya memberikan penjelasan pendekatan desain keseluruhan dan persyaratan dasar desain yang digunakan serta informasi sebagai berikut:

1. divisi sistem tenaga listrik, termasuk tegangan sistem dan spesifikasi dari bagian sistem yang dianggap penting.
2. deskripsi perlindungan peralatan listrik, termasuk ketentuan untuk melewati perlindungan ini di bawah kondisi kecelakaan.
3. gambaran umum dari jaringan utilitas dan interkoneksi ke jaringan lainnya serta titik sambungan ke sistem listrik di lokasi. hal ini juga termasuk kapasitas, stabilitas dan keandalan jaringan terkait dengan operasi yang aman dari pembangkit.
4. deskripsi lokasi fisik dari pusat pengiriman beban untuk mengendalikan ketentuan komunikasi antara pusat pengiriman, pusat kendali beban utama dan pembangkit listrik pembangkit.
5. deskripsi prinsip dasar pengaturan tegangan dan frekuensi untuk menyambungkan dan memutuskan secara aman dari jaringan eksternal.
6. gambar sederhana yang menunjukkan interkoneksi jaringan utama.

### *VII.1. Sistem Daya Luar Tapak/off-site*

Bagian ini memuat informasi mengenai sistem daya listrik luar tapak. Informasi mencakup deskripsi dari sistem daya luar tapak dengan penekanan pada fitur untuk kendali dan proteksi pada interkoneksi ke sistem daya listrik di tapak/*on-site*.

## *VII.2. Sistem Daya di Tapak/On-site – Sistem Daya AC*

Bagian ini memuat informasi terkait sistem daya AC pada pembangkit mencakup:

1. deskripsi sistem daya ac di tapak/*on-site*, termasuk
  - a. sistem generator darurat dan skema transfer terkait serta urutan pembebanan.
  - b. konfigurasi generator utama.
  - c. pengelompokan dan redudansi dari distribusi listrik pembangkit.
  - d. sistem daya ac yang tidak dapat terganggu.
2. persyaratan daya dan ketersediaan untuk setiap beban ac yang ada pada instalsi sebaiknya diidentifikasi, termasuk
  - a. beban stabil, persyaratan beban dan kualifikasi yang ditentukan dalam kasus keselamatan selama kondisi proses abnormal.
  - b. start-up kilovolt-ampere untuk beban motor.
  - c. besaran tegangan dan tegangan jatuh yang diperbolehkan.
  - d. urutan dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kemampuan fungsional penuh pada setiap beban.
  - e. kemampuan generator darurat untuk melakukan *step-load* secara cepat.

## *VII.3. Sistem Daya di Tapak/on-site – Sistem Daya DC*

Sub bagian ini sebaiknya menjelaskan informasi sistem daya DC sebagai berikut:

1. evaluasi kapasitas *discharge* dari sistem baterai.
2. identifikasi dari beban dc utama.
3. deskripsi langkah proteksi kebakaran untuk daerah kubah baterai dc dan sistem perkabelan.
4. persyaratan untuk setiap beban dc termasuk:
  - a. beban stabil.
  - b. beban surge termasuk pada saat kondisi darurat.
  - c. urutan beban.
  - d. nilai tegangan.

- e. tegangan jatuh yang diperbolehkan untuk mencapai kemampuan fungsional penuh dalam waktu periode kasus keselamatan.
- f. jumlah *trains*.

KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR,

PROF. JAZI EKO ISTIYANTO

