

**LAMPIRAN**  
**PERATURAN KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR**  
**NOMOR 7 TAHUN 2011**  
**TENTANG**  
**DESAIN SISTEM CATU DAYA DARURAT UNTUK REAKTOR DAYA**

## PERSYARATAN KHUSUS DESAIN SISTEM CATU DAYA DARURAT

Lampiran ini menguraikan tentang persyaratan khusus untuk desain sistem catu daya darurat (selanjutnya disingkat SCDD). Persyaratan khusus desain SCDD dibedakan menjadi 2 (dua) bagian, yaitu:

1. desain dan fitur sistem listrik; dan
2. desain dan fitur sistem nonlistrik.

Lampiran ini juga menguraikan persyaratan sistem dan komponen lain yang memiliki antarmuka dengan SCDD, khususnya struktur, sistem, dan komponen yang tidak penting untuk keselamatan dan pada sistem kendali yang kegagalannya dapat mempengaruhi fungsi SCDD.

### A. Desain dan Fitur Sistem Listrik SCDD

Sistem listrik adalah sistem dan komponen yang diperlukan untuk membangkitkan dan mengkonversi daya listrik, dan mendistribusikan ke sistem keselamatan yang memerlukan.

Pada kondisi normal, sistem listrik dapat disuplai dari catu daya normal atau dari catu daya alternatif pada tapak.

Batas lingkup sistem listrik adalah:

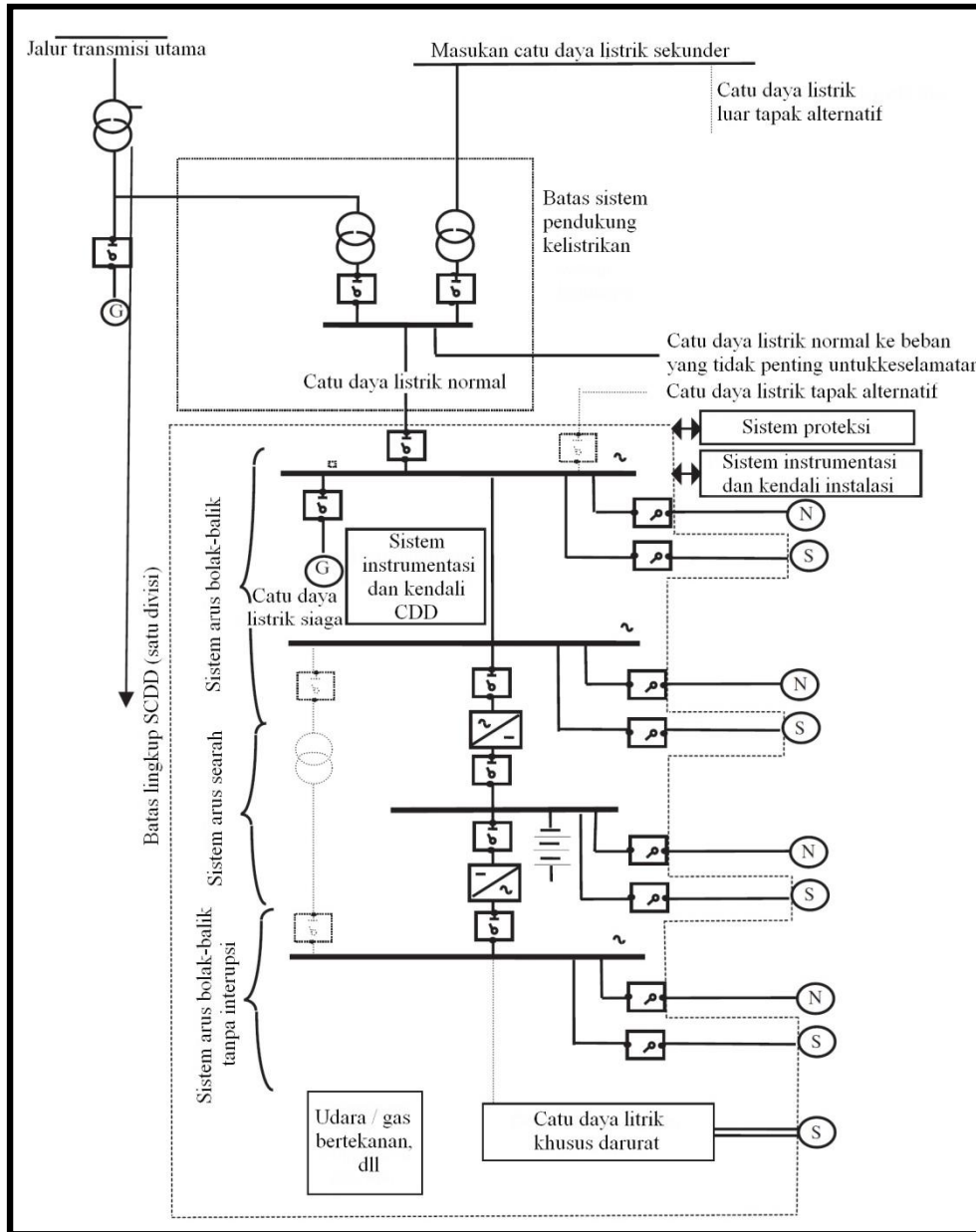
1. terminal masukan pada pemutus sirkit (*circuit breaker*) yang digunakan untuk menghubungkan sistem listrik ke catu daya normal dan catu daya alternatif;
2. terminal masukan untuk beban sistem keselamatan; dan
3. piranti isolasi dari beban yang bukan beban sistem keselamatan yang memperoleh catu daya listrik dari SCDD.

Batas lingkup sistem listrik secara skematik disajikan pada Gambar 1, Gambar 2 dan Gambar 3. Gambar 1 memberikan ilustrasi hubungan antara listrik yang dihasilkan generator utama reaktor daya, suplai listrik dari luar tapak (jaringan transmisi) sebagai catu daya normal, dan suplai listrik dari catu daya darurat (1 divisi). Gambar 2 dan Gambar 3 menggambarkan konfigurasi sistem listrik (2 divisi) terhadap catu daya normal dan suplai untuk beban sistem keselamatan.

Sistem listrik dibagi menjadi 3 (tiga) jenis sistem berdasarkan persyaratan catu daya untuk beban yang berbeda, yaitu:

1. Sistem catu daya arus bolak-balik untuk beban arus bolak-balik yang membolehkan terjadinya interupsi pada catu daya.
2. Sistem catu daya listrik arus searah yang mensuplai beban arus searah dari baterai tanpa interupsi.
3. Sistem catu daya listrik arus bolak-balik tanpa interupsi yang disuplai oleh sistem catu daya listrik arus searah pada SCDD dengan

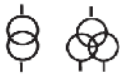
menggunakan inverter dan dihubungkan dengan sistem catu daya arus bolak-balik pada SCDD.



**Keterangan simbol:**



**Generator**



**Trafo**



**Peralatan isolation dengan terminal (pemutus)**



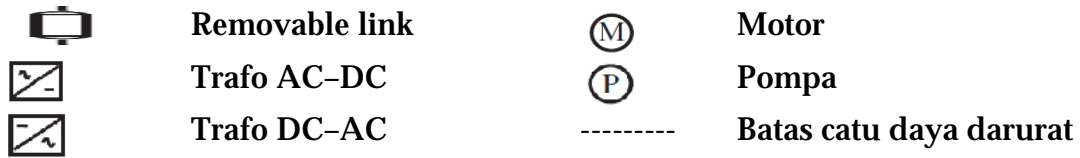
**Baterai**



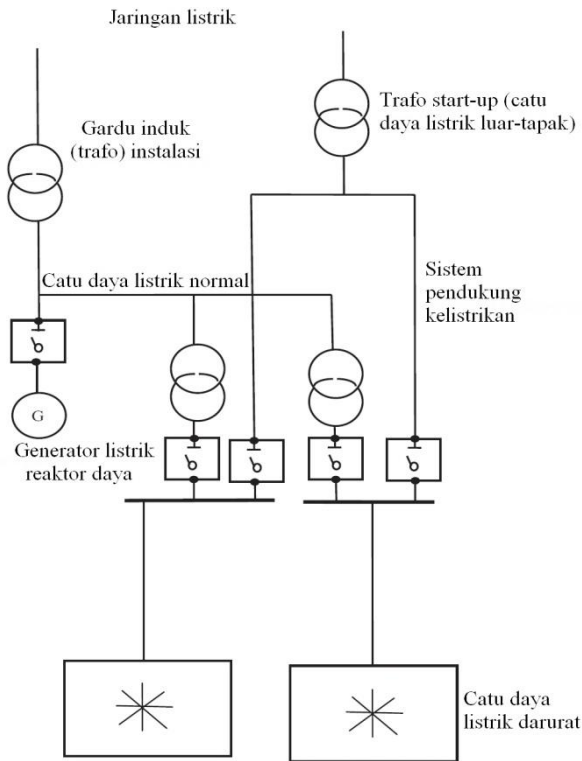
**Beban sistem keselamatan dengan terminal masukan**



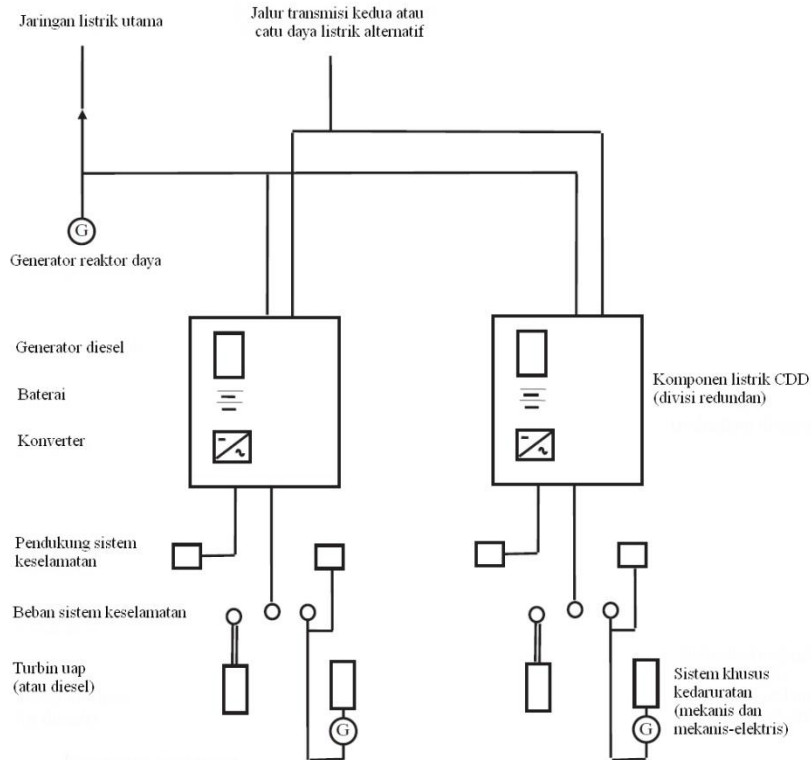
**Beban di luar sistem keselamatan dengan terminal masukan.**



**Gambar 1. Batas lingkup sistem listrik darurat untuk 1 (satu divisi) dan antarmuka dengan catu daya listrik normal.**



**Gambar 2. Sambungan listrik dari luar tapak jaringan dan pengaturan sistem listrik dengan dua divisi 100%.**



Gambar 3. Konfigurasi sistem listrik hingga dua divisi (trafo, pemutus, dsb tidak diperlihatkan).

### 1. Sistem Catu Daya Arus Bolak-Balik

Sistem catu daya listrik arus bolak-balik didesain menyediakan daya listrik arus bolak-balik untuk beban tertentu dalam kondisi operasi, kondisi kecelakan dasar desain dan kecelakaan yang melampaui dasar desain.

Sistem catu daya listrik arus bolak-balik dibagi menjadi divisi yang redundan. Setiap divisi harus tersusun atas:

- sambungan ke catu daya listrik normal,
- sambungan ke catu daya listrik alternatif di dalam instalasi,
- catu daya listrik siaga; dan
- sistem distribusi dan sirkit yang menuju beban sistem keselamatan.

Sistem catu daya listrik arus bolak-balik pada SCDD didesain menggunakan catu daya listrik normal dan catu daya listrik alternatif.

Catu daya listrik siaga didesain tidak digunakan untuk mensuplai daya listrik ke SCDD secara terus menerus.

Degradasi pada catu daya listrik normal dari setiap bus SCDD (seperti tegangan lebih, tegangan kurang, frekuensi lebih, frekuensi kurang) didesain mudah terdeteksi pada bus sistem catu daya listrik arus bolak-balik pada SCDD. Bus yang mendeteksi adanya degradasi, diputus secara otomatis dari catu daya listrik normal jika degradasi melebihi tingkat yang ditetapkan dalam persyaratan desain.

**Bus** tersebut akan tersambung dengan catu daya listrik alternatif atau catu daya listrik siaga secara otomatis pada tiap divisi SCDD, dan sesuai urutan kejadiannya.

**Bus** didesain terputus dari sistem distribusi dan sambungan daya listrik dari generator, atau jaringan listrik luar instalasi secara otomatis, apabila catu daya listrik siaga digunakan untuk mensuplai catu daya listrik untuk **bus** SCDD.

**Bus** didesain terputus dari sistem distribusi dan sambungan daya listrik dari generator, atau jaringan listrik luar instalasi secara manual atau otomatis, apabila catu daya listrik alternatif di dalam instalasi digunakan untuk mensuplai catu daya listrik pada **bus** SCDD.

Pengalihan fungsi suplai daya listrik dari catu daya listrik siaga ke catu daya listrik normal atau alternatif atau dari catu daya listrik alternatif ke catu daya listrik normal didesain secara berurutan sehingga pengalihan hanya melibatkan satu divisi SCDD pada waktu tertentu.

Pengalihan untuk pengembalian dari catu daya listrik darurat ke catu daya listrik normal didesain dilakukan secara manual.

SCDD didesain memiliki sistem proteksi untuk memudahkan uji fungsi berkala pada saat reaktor beroperasi, termasuk pengujian kanal sistem proteksi secara mandiri untuk menentukan kegagalan redundansi dan kehilangan redundansi yang dapat terjadi.

Setiap divisi didesain memiliki satu catu daya listrik siaga sehingga sinkronisasi antara dua catu daya listrik siaga tidak diperlukan.

SCDD didesain memiliki prosedur atau sarana untuk:

- a. melakukan uji fungsi catu daya listrik siaga secara berkala selama reaktor beroperasi; dan
- b. melakukan sinkronisasi generator siaga dengan catu daya listrik normal.

Generator siaga dihubungkan dengan catu daya listrik normal hanya untuk tujuan pengujian.

## **2. Catu Daya Listrik Siaga**

Catu daya listrik siaga didesain terdiri atas:

- a. unit pembangkit listrik yang dilengkapi dengan seluruh pendukung; dan
- b. suplai energi tersimpan yang independen dan terpisah, misalnya udara tekan, bahan bakar minyak, air atau pelumas.

Catu daya listrik siaga didesain untuk memenuhi persyaratan dasar desain yang meliputi:

- a. waktu untuk memulai dan menerima beban sesuai dengan urutan pembebanan yang ditentukan;

- b. karakteristik kinerja, termasuk kemampuan untuk operasi tanpa beban, beban ringan, beban dasar, beban awal dan beban lebih untuk periode waktu yang dipersyaratkan;
- c. kemampuan menerima beban bertahap untuk seluruh rentang beban; dan
- d. keandalan.

Catu daya listrik siaga didesain mempertahankan tegangan dan frekuensi dalam batas waktu dan tingkatan yang tidak akan menurunkan kinerja setiap beban di bawah persyaratan minimumnya.

### 3. Sistem Catu Daya Listrik Arus Searah Pada SCDD

Sistem catu daya listrik arus searah didesain untuk mensuplai daya listrik pada sistem instrumentasi dan kendali, sistem pemantauan, sistem proteksi, penyakelaran (*switching*), dan sistem pendukung dalam operasi normal, kejadian operasi terantisipasi, kecelakaan dasar desain dan kecelakaan yang melampaui dasar desain. Sistem catu daya listrik arus searah didesain menjadi beberapa divisi redundan. Setiap divisi terdiri dari baterai, pengisi baterai dan sistem distribusi.

Sistem catu daya listrik arus searah didesain menyediakan baterai yang tetap berada dalam kondisi terisi penuh selama operasi normal. Baterai mensuplai daya listrik arus searah tanpa interupsi ke sistem distribusi pada saat terjadinya kehilangan daya listrik arus bolak-balik pada pengisi baterai.

Pengisi baterai didesain untuk mensuplai catu daya listrik arus searah dan mempertahankan baterai pada kondisi daya penuh untuk masing masing divisi. Pengisi baterai disuplai dari sistem catu daya listrik arus bolak-balik dari SCDD.

Pengisi baterai didesain mempunyai kapasitas yang mencukupi untuk memulihkan baterai dari kondisi terpakai menjadi kondisi minimum termuati dalam periode waktu yang telah ditetapkan, dan pada saat yang sama mampu memenuhi kebutuhan beban maksimum setelah kejadian awal kehilangan daya listrik normal.

Ruang baterai didesain memiliki ventilasi untuk mempertahankan konsentrasi gas mudah bakar berada di bawah nilai yang ditentukan. Beban daya listrik sistem ventilasi disuplai oleh SCDD.

Setiap perangkat baterai redundan didesain mampu memenuhi seluruh kebutuhan dan kondisi beban yang disyaratkan (termasuk putaran kerja/*duty cycles* dan transien listrik yang terjadi pada operasi normal, kejadian operasi terantisipasi, dan kondisi kecelakaan dasar desain) untuk rentang waktu tertentu, dengan memperhitungkan:

- a. margin desain;
- b. efek suhu;

- c. pelucutan; dan
- d. degradasi akibat umur.

#### 4. Sistem Catu Daya Listrik Arus Bolak-Balik Tanpa Interupsi

Sistem catu daya listrik arus bolak-balik tanpa interupsi didesain untuk mensuplai beban pada peralatan yang penting bagi keselamatan dan memerlukan daya listrik arus bolak-balik yang terus menerus. Karakteristik listrik dan keberlangsungan suplai daya listrik didesain memenuhi persyaratan beban yang dilayani oleh sistem. Sistem catu daya listrik arus bolak-balik tanpa interupsi dibagi menjadi beberapa divisi redundan. Setiap divisi harus terdiri dari suplai dari sistem daya arus searah, konverter arus searah-arus bolak-balik dan sistem distribusi; bus listrik arus bolak-balik; dan saklar pengalih (*switchover*) otomatis.

Sistem catu daya listrik arus bolak-balik tanpa interupsi didesain menjamin terpenuhinya persyaratan dan karakteristik beban agar tidak menurunkan fungsi sistem yang disuplai.

#### 5. Catu Daya Listrik Individu

Peralatan tertentu misalnya monitor radiasi jarak jauh, peralatan meteorologi dan sistem komunikasi, didesain memiliki catu daya listrik individu yang terpisah dan tidak tersambung dengan SCDD

Catu daya listrik individu didesain dengan kemampuan dan keandalan untuk memenuhi fungsi keselamatan pada peralatan yang disuplai.

#### 6. Sistem Distribusi

Persyaratan desain pada sistem distribusi juga berlaku untuk sistem catu daya listrik arus bolak-balik, arus searah, dan arus bolak-balik tanpa interupsi. Sistem listrik didesain memiliki sistem distribusi dengan kapasitas dan kemampuan untuk mensuplai beban yang disyaratkan untuk semua kondisi operasi sistem listrik. Sistem distribusi didesain mampu menahan kelebihan arus maksimum (*maximum credible overcurrent*) pada kondisi gangguan listrik dan kondisi transien tanpa merusak, atau mengakibatkan dampak yang buruk pada komponen. Setiap sistem distribusi mampu menyalurkan daya listrik dan beban yang dibutuhkan.

SCDD didesain memiliki catu daya listrik untuk peralatan sistem pendukung pada komponen divisi redundan yang berasal dari catu daya masing-masing divisi untuk mempertahankan redundansi dan kemandirian divisi. Peralatan sistem pendukung yang dimaksud antara lain ventilasi, pendingin, dan pelumasan. Seluruh sirkit utama dan cabang pada sistem listrik didesain memiliki perlengkapan proteksi terhadap beban lebih, gangguan sistem pentanahan, dan hubung pendek. Peralatan proteksi didesain berupa selubung dan struktur untuk melindungi sistem listrik dari pengaruh kejadian awal terpostulasi. Peralatan



proteksi merupakan bagian dari sistem keselamatan dan dikualifikasi untuk melakukan perlindungan terhadap beban lebih dan hubung pendek. Peralatan proteksi terhadap beban lebih dan hubung pendek didesain dengan ukuran yang sesuai, dikalibrasi dan diatur sehingga SCDD bekerja sesuai desain dan melindungi peralatan, *bus* dan kabel dari sirkit utama dan cabang terhadap kerusakan akibat beban lebih dan gangguan (*fault*). Peralatan proteksi didesain untuk mengisolasi hanya bagian SCDD yang terganggu dan tidak mempengaruhi bagian lainnya. Peralatan proteksi didesain untuk melindungi peralatan dari kerusakan akibat beban lebih apabila sistem keselamatan disyaratkan berfungsi pada kondisi beban lebih. Kondisi tersebut dapat dilakukan dengan syarat:

- a. Tidak memberikan dampak pada peralatan yang terbebani;
- b. Kondisi beban lebih dapat dideteksi.

Sistem distribusi daya listrik darurat didesain tidak terhubung secara otomatis antar divisi yang redundan.

## 7. Sistem Kendali

Sistem Listrik didesain untuk dikendalikan secara otomatis dan secara manual. Sistem listrik dapat dikendalikan secara manual apabila kinerjanya, termasuk faktor manusia, cukup andal.

Fungsi kendali sistem listrik meliputi:

- a. pemutus beban dan catu daya dari *bus* sistem listrik secara otomatis ketika terdapat suplai daya listrik dari catu daya siaga atau catu listrik alternatif di tapak;
- b. pemilihan secara otomatis catu daya siaga atau catu daya alternatif di tapak;
- c. pengaktifan (*start*) dan penyambungan secara otomatis antara catu daya siaga dan beban dengan *bus* sistem listrik; dan
- d. sinkronisasi sistem listrik kembali pada catu daya normal.

Fungsi kendali sebagaimana dimaksud pada huruf a, huruf b, huruf c, dan huruf d memenuhi persyaratan keandalan yang diuraikan dalam analisis keselamatan.

Sistem listrik didesain dengan kendali manual untuk:

- a. mengalihkan catu daya dan beban yang tersedia ke *bus* sistem listrik; dan
- b. memudahkan pengujian, perawatan, dan perbaikan.

Sistem listrik didesain memiliki sistem kendali untuk setiap divisi sesuai dengan fungsi sistem listrik. Sistem kendali pada setiap divisi didesain terpisah secara fisik dari yang digunakan untuk mengendalikan divisi lain. Sistem kendali pada setiap divisi didesain terlindung dan menyatu pada struktur setiap divisi.

Apabila terdapat pertemuan antara divisi pada suatu tempat (misalnya ruang kendali), desain harus menjamin pemisahan fisik dan isolasi listrik antar rangkaian instrumentasi dan kendali setiap divisi.

#### 8. Isolasi Sistem Instrumentasi dan Kendali

Sistem listrik didesain menggunakan isolasi listrik untuk rangkaian instrumentasi dan kendali guna mempertahankan kemandirian dan redundansi sirkit dan peralatan.

#### 9. Pemantauan

Sistem listrik didesain untuk memantau dan menampilkan parameter yang penting bagi operasi sistem listrik pada panel setiap divisi dan ruang kendali. Parameter yang dipantau dan ditampilkan paling sedikit meliputi sebagaimana terdapat dalam Tabel 1.

Tabel 1. Peralatan dan parameter yang dipantau sistem listrik

Peralatan	Parameter
Umum	Tegangan Frekuensi Arus listrik Daya listrik
Generator diesel	Temperatur kumparan ( <i>winding temperature</i> ) Tekanan pelumas Temperatur air Tekanan udara ( <i>starting air pressure</i> ) Level bahan bakar Tegangan kendali Posisi pemutus ( <i>breaker position</i> )
<i>Bus, switchgear</i> generator diesel	Tegangan Arus listrik Frekuensi Posisi pemutus Tegangan kendali
Baterai	Tegangan Arus listrik Posisi pemutus
Pengisi baterai	Tegangan Arus listrik Posisi pemutus

Suplai untuk motor pompa (lebih dari 200 kW)	Tegangan Arus listrik Posisi pemutus
Suplai untuk motor ukuran medium atau katup yang dioperasikan motor	Tegangan Arus listrik Posisi pemutus

#### 10. Beban di Luar Beban Sistem Keselamatan

Sistem listrik didesain mensuplai beban sistem terkait keselamatan dan beban sistem yang tidak penting untuk keselamatan. Beban sistem terkait keselamatan dan beban sistem yang tidak penting bagi keselamatan yang disuplai ditetapkan berdasarkan analisis keselamatan.

Sistem listrik didesain menggunakan peralatan isolasi secara otomatis untuk memutus dan menyambung struktur, sistem, dan komponen yang tidak penting untuk keselamatan ke sistem listrik. Peralatan isolasi harus memenuhi persyaratan untuk peralatan sistem keselamatan.

Suplai beban untuk struktur, sistem, dan komponen tertentu yang tidak penting untuk keselamatan didesain tidak mengurangi kemandirian atau keandalan sistem listrik dalam melaksanakan fungsi keselamatan dan tidak mengganggu pengujian sistem listrik.

Semua beban struktur, sistem, dan komponen tertentu yang tidak penting bagi keselamatan yang tidak terputus secara otomatis ketika sistem listrik mensuplai daya untuk mengatasi kejadian awal terpostulasi diasumsikan tersambung dan dimasukkan dalam perhitungan beban total.

#### 11. Pentanahan (*grounding*)

Sistem listrik didesain mempunyai sistem pentanahan yang andal. Persyaratan sistem pentanahan yang digunakan mengacu pada peraturan perundang-undangan dan standar terkait.

Sistem listrik didesain memiliki jaringan dan sistem pentanahan yang tersambung di tapak untuk memperkecil perbedaan tegangan antara elemen sistem listrik sehingga berada di bawah nilai yang ditetapkan.

Sistem listrik didesain memiliki sistem pentanahan untuk proteksi petir terpisah.

#### 12. Bus dan Kabel

##### A. Insulasi (pembungkus)

**Bus** dan kabel sistem listrik dipilih dan dikualifikasi berdasarkan fungsi dan kondisi lingkungan dengan memperhitungkan efek radiasi, termal, kelembaban selama masa operasi.

**Bus** dan kabel yang dipilih memiliki ketahanan terhadap api untuk mencegah perambatan api.

Kabel dikualifikasi untuk kondisi lingkungan di dalam sungkup reaktor selama dan sesudah kecelakaan kehilangan air pendingin, pecahnya jalur pipa uap utama atau kondisi kecelakaan lainnya.

## B. Nilai dan ukuran

**Bus** dan kabel didesain memiliki:

- a. nilai tegangan yang sama atau lebih besar dari tegangan sistem; dan
- b. nilai tegangan impuls (*impulse rating*) yang lebih besar dari tegangan transien yang mungkin terjadi.

**Bus** dan kabel ditentukan ukurannya agar :

- a. mampu mengalirkan arus listrik pada sirkit utama atau cabang dengan selamat; dan
- b. temperatur konduktor yang ditetapkan tidak terlampaui dalam memenuhi permintaan beban.

Sirkit utama dan cabang didesain memiliki:

- a. ukuran berdasarkan arus beban penuh dan hubung singkat (contoh gangguan arus dan waktu interupsi pemutus); dan
- b. kabel yang tahan panas karena hubungan pendek.

Dalam menentukan temperatur konduktor, faktor berikut diperhitungkan:

- a. temperatur lingkungan maksimum;
- b. arus normal atau arus gangguan;
- c. faktor beban;
- d. pengaturan kabel di jalur kabel maupun di sekitarnya; dan
- e. pengaruh pendukung kabel, penetrasi dinding, penetrasi lantai, api, pelapis tahan api pada kabel yang memanas.

## C. Pemasangan

**Bus**, rak kabel dan pendukungnya didesain mampu menahan beban mekanik, termasuk beban gempa SL-2, beban kabel dan peralatan *fitting*.

Kabinet *switchboard* dan peralatan penting lainnya didesain tahan terhadap kondisi lingkungan.

Jalur kabel didesain dengan identifikasi secara permanen sesuai divisi. Setiap kabel yang terpasang diberi identifikasi yang jelas untuk menjamin pemasangan kabel berada pada jalur kabel yang benar.

#### D. Sambungan dan terminal

Sambungan dan terminal dipilih dan dikualifikasi sesuai penggunaan dan kondisi lingkungan selama masa layannya.

Sambungan langsung (*splice*) tidak digunakan untuk:

- a. di jalur kabel; dan
- b. di dalam sungkup reaktor

#### E. Pemisahan kabel

Kabel diklasifikasikan menjadi :

- a. kabel instrumentasi dan kendali;
- b. kabel daya tegangan rendah (1.000 V atau kurang); dan
- c. kabel daya tegangan menengah (di atas 1 kV dan kurang atau sama dengan 20 kV).

Tata letak kabel didesain dengan jalur kabel sesuai dengan kelasnya. Apabila kabel yang berbeda kelas ditempatkan pada satu jalur yang sama, kabel didesain untuk memiliki penyekat atau ruang terpisah untuk mencegah kerusakan kabel kelas lain.

Kabel untuk sinyal analog tingkat rendah, kabel sinyal digital, kabel instrumentasi lainnya didesain menggunakan lapisan dan pelindung yang memadai untuk mencegah interferensi dari derau elektromagnetik dan elektrostatik.

#### F. Kemandirian

**Bus** dan kabel dari satu divisi sistem listrik didesain terpisah secara fisik dan terisolasi secara listrik dari **bus** dan kabel divisi lain untuk menjamin bahwa kegagalan di satu divisi tidak mempengaruhi divisi lain.

**Bus** dan kabel didesain dengan memperhitungkan:

- a. bahaya kebakaran baik yang berasal dari kejadian eksternal maupun yang disebabkan gangguan listrik pada peralatan; dan
- b. arus lebih yang menyebabkan pembungkus (insulasi) listrik meleleh.

#### G. Proteksi kabel

Untuk memenuhi kriteria kegagalan tunggal, kabel didesain memiliki perlindungan terhadap bahaya yang disebabkan kejadian awal terpostulasi. Sistem listrik didesain dengan mempertimbangkan:

- a. kegagalan sistem mekanik; dan
- b. kegagalan struktur dan peralatan.

Kegagalan sistem mekanik dapat diakibatkan dari cambukan pipa (*pipe whip*), semburan jet (*jet impingement*), radiasi tingkat tinggi, peningkatan

tekanan, perubahan temperatur, kelembaban, korosi, dan pembangkitan misil internal. Kegagalan struktur dan peralatan meliputi antara lain runtuhnya *duct*, penyangga.

### 13. Penetrasi Untuk Kabel Listrik

Penetrasi untuk kabel listrik melalui sungkup reaktor didesain memiliki persyaratan yang sama dengan persyaratan desain struktur sungkup. Penetrasi untuk kabel listrik yang terdapat pada struktur sungkup reaktor dan celah (*passage*) dimasukkan sebagai komponen sistem keselamatan.

Penetrasi untuk kabel listrik dinilai dan dikualifikasi berdasarkan fungsi dan kondisi lingkungan, termasuk efek irradiasi selama umur layanan. Penetrasi untuk kabel listrik didesain untuk tetap berfungsi apabila terjadi kecelakaan yang melampaui dasar desain.

Penetrasi sungkup reaktor didesain mampu memberikan layanan untuk:

- a. nilai tegangan yang sama atau lebih besar dari tegangan sistem yang memiliki konduktor; dan
- b. nilai tegangan impuls (*impulse rating*) yang sama atau lebih besar dari tegangan transien yang mungkin terjadi.

Untuk memenuhi beban selama operasi normal, kejadian operasi terantisipasi, dan kecelakaan dasar desain, konduktor penetrasi ditentukan ukurannya agar:

- a. mampu mengalirkan arus listrik dengan memperhitungkan variasi tegangan dan hubung pendek selama waktu yang diperlukan oleh peralatan proteksi untuk mengatasi gangguan;
- b. temperatur konduktor tidak boleh melampaui nilai yang telah ditetapkan, dan
- c. batas (*boundary*) tekanan tidak boleh terdegradasi.

Konduktor penetrasi didesain untuk dilindungi dengan peralatan proteksi redundan. Perangkat penetrasi didesain untuk bertahan, tanpa kehilangan integritas mekanis, pada kondisi arus lebih maksimum yang terjadi setelah kegagalan acak tunggal peralatan proteksi karena beban lebih. Penetrasi didesain memenuhi kriteria yang sama dengan kriteria pemisahan kabel yang tersambung berdasarkan kelas. Penetrasi, sambungan, terminal, dan bahan dikualifikasi berdasarkan pengujian, pengalaman operasi, dan/atau analisis.

#### 14. Sistem Penangkal Petir

Sistem listrik didesain memiliki sistem penangkal petir agar sistem listrik tetap memenuhi fungsi keselamatan yang dipersyaratkan. Sistem penangkal petir terdiri dari sistem penangkal petir eksternal dan sistem penangkal petir internal.

Sistem penangkal petir eksternal yang tersusun dari batang penangkal petir, kabel konduktor, dan sistem pentanahan. Sistem penangkal petir eksternal didesain membentuk sangkar Faraday dan mandiri untuk melindungi bangunan dan peralatannya dari pengaruh serangan petir. Bentuk perlindungan di atas terhubung dengan sistem pentanahan.

Sistem penangkal petir internal didesain berbentuk perisai dan meredam tegangan kejut untuk melindungi sistem listrik terhadap:

- a. tegangan tinggi yang disebabkan oleh arus petir; dan
- b. tegangan tinggi yang diakibatkan perbedaan tegangan antara pentanahan dan bagian sistem penangkal petir eksternal dan koneksi pentanahan terkait.

Pentanahan sistem penangkal petir internal harus tersambung pada seluruh pentanahan petir untuk mencegah cideranya pekerja dan kerusakan peralatan.

#### 15. Sistem Proteksi Tegangan Kejut

Sistem listrik didesain untuk menyediakan proteksi tegangan kejut lebih yang disebabkan oleh:

- a. serangan petir;
- b. gangguan listrik (*electrical fault*); atau
- c. pengalihan beban (*switching*).

untuk mencegah tegangan kejut melebihi batas yang diperbolehkan untuk peralatan atau insulasi.

#### 16. Proteksi kebakaran

Sistem listrik didesain untuk menyediakan proteksi kebakaran. Ketentuan desain proteksi kebakaran diatur tersendiri dalam Peraturan Kepala BAPETEN.

### B. Desain dan Fitur Peralatan Nonlistrik

#### 1. Lingkup Peralatan Nonlistrik

Peralatan nonlistrik diperlukan untuk mensuplai daya penggerak ke komponen yang digunakan untuk:

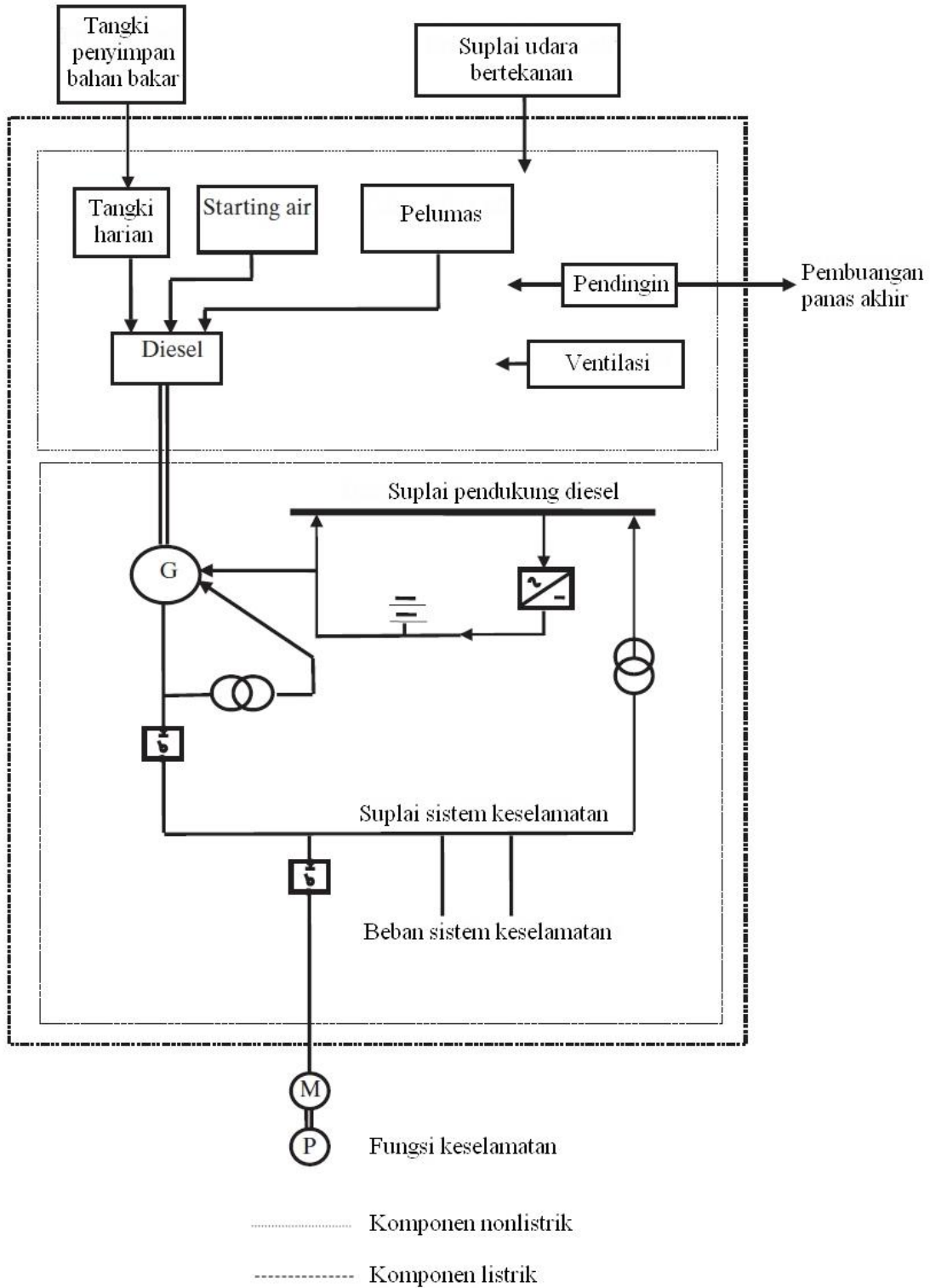
- a. membangkitkan daya listrik;
- b. memompa air;
- c. menghasilkan udara tekan;
- d. mengatur katup; dan
- e. mengoperasikan instrumentasi dan kendali.

**Lingkup peralatan nonlistrik mencakup:**

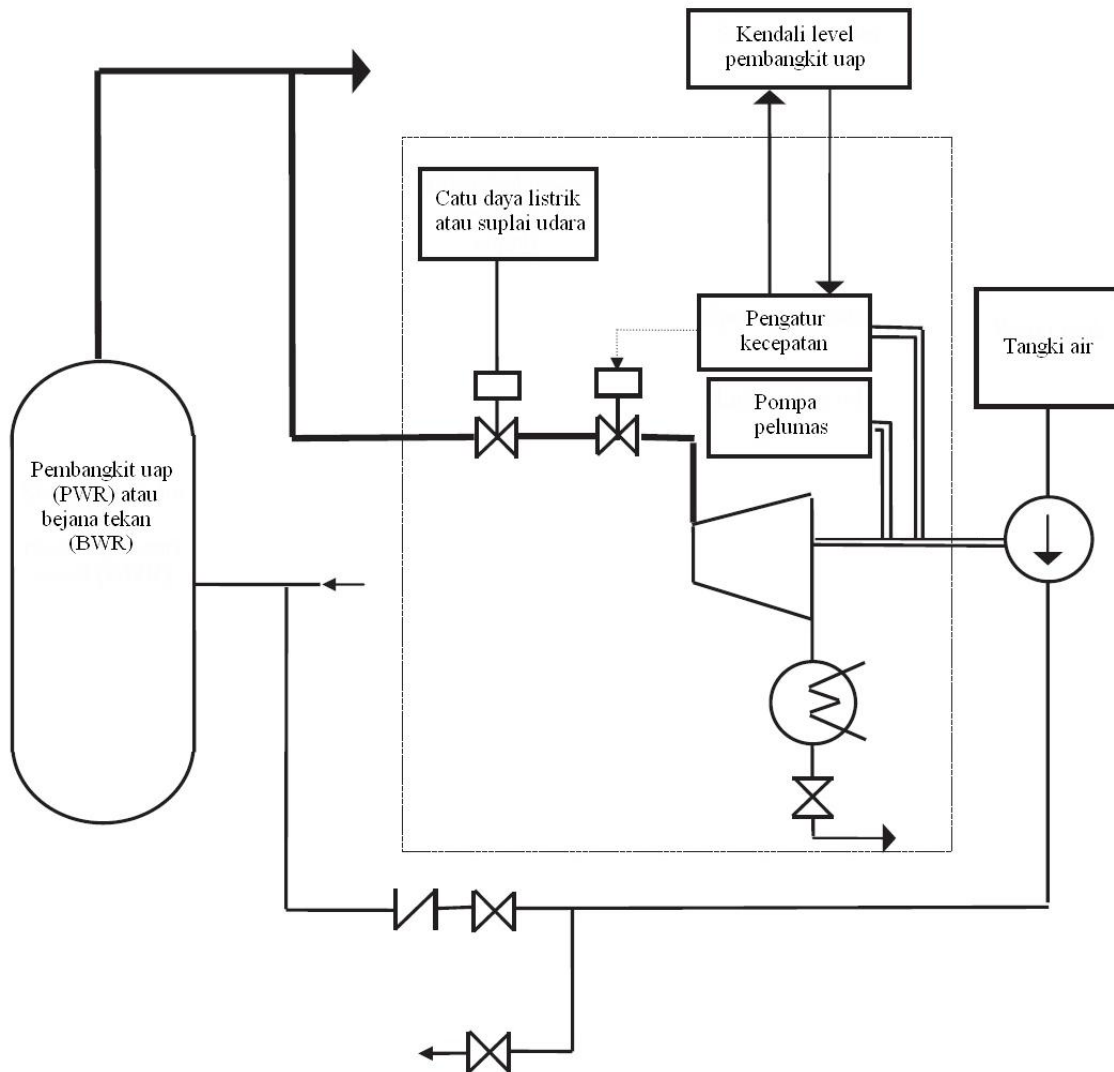
- a. sisi masukan yang terdiri dari tangki penyimpan dengan kapasitas yang cukup untuk menyediakan energi penggerak yang diperlukan (misalnya nitrogen, udara bertekanan, bahan bakar minyak) dan penggerak utama selama waktu yang ditetapkan dalam persyaratan desain instalasi; dan
- b. sisi beban terdiri dari komponen yang mendapat suplai.

Lingkup peralatan nonlistrik SCDD digambarkan secara skematik dalam Gambar 4 dan Gambar 5. Gambar 4 menyajikan skema fungsi generator diesel siaga, sebagai sistem listrik, yang disuplai dari sistem nonlistrik. Gambar 5 menyajikan contoh dari sistem nonlistrik pada komponen pompa yang digerakkan uap air untuk mensuplai air umpan darurat.





Gambar 4. Batas lingkup sistem nonlistrik SCDD dan sistem listrik untuk generator diesel siaga



Gambar 5. Batas lingkup sistem nonlistrik SCDD untuk pompa, yang digerakkan uap air, untuk mensuplai air umpan darurat.

## 2. Hubungan Antar Divisi Redundan

Peralatan nonlistrik didesain memiliki kemandirian antar divisi yang redundan.

## 3. Sistem Kendali Untuk Peralatan Nonlistrik

Sistem kendali SCDD untuk peralatan nonlistrik didesain untuk beroperasi secara otomatis dan manual. Kendali peralatan nonlistrik dapat dilaksanakan secara manual apabila kinerjanya, termasuk faktor manusia, cukup andal.

Fungsi kendali peralatan nonlistrik meliputi:

- a. pengaktifan secara otomatis pada unit siaga;
- b. pengalihan secara otomatis ke moda kedaruratan apabila peralatan nonlistrik sedang digunakan dalam moda yang lain; dan
- c. pengalihan ke moda kedaruratan sebagaimana dimaksud huruf (b), dengan cara memintas peralatan proteksi yang digunakan untuk

melindungi peralatan nonlistrik hanya untuk mode operasi normal, perawatan dan pengujian.

Sistem kendali secara manual digunakan untuk memudahkan perawatan, pengujian dan perbaikan.

Peralatan nonlistrik didesain menyediakan sistem kendali pada masing-masing divisi. Sistem kendali masing-masing divisi dipisahkan secara fisik dari peralatan untuk sistem kendali di divisi lain dan ditempatkan di dalam pelindung struktur masing-masing divisi.

Sistem kendali didesain menyediakan pemisah fisik dan peralatan isolasi yang memadai antara peralatan instrumentasi dan kendali masing-masing divisi di titik pertemuan.

Ketentuan desain sistem instrumentasi dan kendali diatur tersendiri dalam Peraturan Kepala BAPETEN.

#### 4. Pemantauan

Peralatan nonlistrik didesain menyediakan sistem pemantauan parameter yang penting. Setiap parameter penting yang dipantau ditetapkan. Parameter yang perlu dipantau adalah sebagaimana terdapat dalam Tabel 2. Contoh parameter penting antara lain kecepatan, tekanan dan posisi katup penghenti untuk pompa yang digerakkan turbin uap.

Tabel 2. Peralatan dan parameter yang dipantau untuk peralatan nonlistrik

Peralatan	Parameter
Pompa yang digerakkan turbin uap	Kecepatan Tekanan Posisi katup penghenti ( <i>stop valve position</i> )
Turbogenerator untuk pompa injeksi perapat ( <i>seal</i> )	Frekuensi Tegangan Posisi katup penghenti Posisi pemutus
Sistem udara bertekanan	Tekanan

#### 5. Beban di Luar Beban Sistem Keselamatan

Persyaratan peralatan nonlistrik yang digunakan untuk mensuplai beban sistem terkait keselamatan dan beban yang tidak penting untuk keselamatan sama dengan persyaratan sistem listrik.

Peralatan nonlistrik, termasuk peralatan isolasi, didesain untuk memenuhi persyaratan sistem keselamatan.

## 6. Proteksi Peralatan Nonlistrik dan Proteksi Kebakaran

Peralatan nonlistrik didesain memiliki proteksi bagi peralatan nonlistrik dari bahaya yang disebabkan:

- a. kegagalan sistem mekanik; dan
- b. kegagalan struktur dan peralatan

Kegagalan sistem mekanik dapat diakibatkan dari cambukan pipa (*pipe whip*), semburan jet (*jet impingement*), radiasi tingkat tinggi, peningkatan tekanan, perubahan temperatur, kelembaban, dan pembangkitan misil sebagai akibat dari kegagalan rotasi peralatan atau sistem energi tinggi lainnya. Kegagalan struktur dan peralatan meliputi antara lain runtuhnya *duct*, penyangga.

Peralatan nonlistrik didesain memiliki proteksi bagi dari bahaya kebakaran. Ketentuan proteksi kebakaran diatur dalam Peraturan Kepala BAPETEN tersendiri.

## 7. Sistem Suplai Udara Bertekanan

Peralatan non listrik didesain menyediakan sistem suplai udara bertekanan yang andal ke peralatan sistem keselamatan melalui *header* yang terpisah dari *header* yang mensuplai sistem yang terkait keselamatan. Desain sistem suplai udara bertekanan menyediakan peralatan isolasi udara sehingga udara bertekanan tetap tersedia untuk mensuplai peralatan sistem keselamatan pada saat terjadi kecelakaan. Apabila sistem suplai udara bertekanan mensuplai komponen yang penting bagi keselamatan, sistem suplai udara bertekanan difungsikan sebagai sistem keselamatan. Sistem suplai udara bertekanan yang difungsikan sebagai sistem keselamatan didesain dengan redundansi, kemandirian, dan keragaman untuk mencapai tingkat keandalan yang dipersyaratkan.

Apabila komponen yang penting bagi keselamatan terhubung dengan sistem suplai udara bertekanan didesain untuk gagal-selamat dalam kejadian kehilangan tekanan udara, sistem suplai udara bertekanan dapat dipertimbangkan sebagai sistem yang tidak penting untuk keselamatan. Sistem yang mensuplai udara bertekanan untuk komponen yang penting bagi keselamatan didesain mampu mensuplai peralatan nonlistrik pada kondisi operasi dan kecelakaan dasar desain.

Sistem yang mensuplai udara dan gas bertekanan ke komponen yang penting untuk keselamatan didesain bebas dari kontaminan seperti minyak, uap dan partikulat. Titik kondensasi udara dalam sistem didesain serendah mungkin untuk mencegah kondensasi uap pada tiap bagian sistem yang berpotensi mempengaruhi fungsi komponen.

Sistem suplai udara bertekanan didesain untuk komponen instrumentasi kendali sebagaimana ditetapkan dalam desain, dan tidak digunakan untuk layanan umum. Dalam hal dibutuhkan sistem suplai udara bertekanan untuk

tujuan lain, sistem suplai udara bertekanan yang terpisah dan mandiri disediakan sebagai cadangan.

Sistem udara bertekanan mandiri yang digunakan sebagai cadangan bagi sistem suplai udara bertekanan didesain menyediakan peralatan isolasi untuk:

- a. mencegah udara mengalir ke sistem cadangan dari sistem suplai udara bertekanan; dan
- b. mencegah kontaminan masuk ke sistem suplai udara bertekanan.

Fungsi isolasi diperkuat dengan menyediakan tekanan udara lebih tinggi pada sistem suplai udara bertekanan daripada sistem cadangannya. Sistem suplai udara bertekanan didesain mudah untuk dipantau, diinspeksi, diuji dan dirawat.

## 8. Peralatan Nonlistrik Siaga

Peralatan nonlistrik siaga yang terdiri dari:

- a. penggerak utama dilengkapi komponen bantu; dan
- b. suplai energi tersimpan yang mandiri, antara lain udara bertekanan, bahan bakar, pelumas dan air.

Peralatan nonlistrik siaga meliputi antara lain:

- a. mesin diesel;
- b. turbin uap;
- c. turbin hidro;
- d. turbin gas; dan/atau
- e. kincir angin.

Peralatan nonlistrik siaga didesain memiliki kemampuan yang memadai untuk memulai operasi dan mensuplai semua beban yang ditetapkan dalam dasar desain pada kejadian operasi terantisipasi dan kecelakaan dasar desain. Desain keandalan peralatan nonlistrik siaga harus ditetapkan.

Persyaratan dasar desain nonlistrik siaga meliputi:

- a. waktu respons yang diperlukan untuk memulai operasi, dan jangka waktu dari mulai operasi hingga menerima beban;
- b. karakteristik kinerja, termasuk kemampuan operasi tanpa beban, beban ringan, beban purata (*rated*), beban mulai, dan beban operasi lebih selama jangka waktu yang disyaratkan.

### **9. Penyimpanan Bahan Bakar dan Bahan Habis Pakai**

Peralatan nonlistrik siaga didesain untuk menyediakan suplai bahan bakar dan bahan habis pakai yang memadai dan disimpan di tapak untuk semua operasi secara serentak pada beban yang disyaratkan setelah kejadian awal terpostulasi.

Kapasitas penyimpanan di tapak didesain berdasarkan analisis waktu yang dibutuhkan untuk mengisi kembali sejumlah bahan bakar dan bahan habis pakai yang disuplai dari penyimpanan di luar tapak. Jumlah bahan bakar dan bahan habis pakai yang disimpan di tapak paling sedikit untuk 7 (tujuh) hari suplai.

Program evaluasi bahan bakar yang disimpan, meliputi pemantauan, inspeksi dan pengujian, ditetapkan untuk penggantian bahan bakar minyak. Jaminan suplai dari pemasok ditetapkan untuk mencegah kegagalan penyebab umum.

Fasilitas penyimpanan didesain untuk mencegah bahaya kebakaran di instalasi.

**KEPALA BADAN PENGAWAS TENAGA NUKLIR,**

**AS NATIO LASMAN**