



# BERITA NEGARA REPUBLIK INDONESIA

No.703, 2018

KEMENHUB. Persyaratan Teknis Instalasi Listrik  
Perkeretaapian. Pencabutan.

PERATURAN MENTERI PERHUBUNGAN REPUBLIK INDONESIA

NOMOR PM 50 TAHUN 2018

TENTANG

PERSYARATAN TEKNIS INSTALASI LISTRIK PERKERETAAPIAN

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

MENTERI PERHUBUNGAN REPUBLIK INDONESIA,

Menimbang : bahwa untuk melaksanakan ketentuan Pasal 113 Peraturan Pemerintah Nomor 56 Tahun 2009 tentang Penyelenggaraan Perkeretaapian dan menyesuaikan perkembangan teknologi perkeretaapian, perlu menetapkan Peraturan Menteri Perhubungan tentang Persyaratan Teknis Instalasi Listrik Perkeretaapian;

Mengingat : 1. Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 65, Tambahan Lembaran Negara Republik Nomor 4722);  
2. Peraturan Pemerintah Nomor 56 Tahun 2009 tentang Penyelenggaraan Perkeretaapian (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor 129, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5048) sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Pemerintah Nomor 6 Tahun 2017 tentang Perubahan atas Peraturan Pemerintah Nomor 56 Tahun 2009 tentang Penyelenggaraan Perkeretaapian (Lembaran Negara

- Republik Indonesia Tahun 2017 Nomor 29, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 6022);
2. Peraturan Pemerintah Nomor 72 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Kereta Api (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor 176, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5086) sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Pemerintah Nomor 61 Tahun 2016 tentang Perubahan atas Peraturan Pemerintah Nomor 72 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Kereta Api (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2016 Nomor 264, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5961);
  3. Peraturan Presiden Nomor 7 Tahun 2015 tentang Organisasi Kementerian Negara (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 8);
  4. Peraturan Presiden Nomor 40 Tahun 2015 tentang Kementerian Perhubungan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 75);
  5. Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 189 Tahun 2015 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Perhubungan (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 1844) sebagaimana telah beberapa kali diubah, terakhir dengan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 117 Tahun 2017 tentang Perubahan Ketiga atas Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 189 Tahun 2015 tentang Organisasi dan Tata Kerja Kementerian Perhubungan (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2017 Nomor 1891);

MEMUTUSKAN:

Menetapkan : PERATURAN MENTERI PERHUBUNGAN TENTANG  
PERSYARATAN TEKNIS INSTALASI LISTRIK  
PERKERETAAPIAN.

BAB I  
KETENTUAN UMUM

Pasal 1

Dalam Peraturan Menteri ini yang dimaksud dengan:

1. Perkeretaapian adalah satu kesatuan sistem yang terdiri atas prasarana, sarana, dan sumber daya manusia, serta norma, kriteria, persyaratan, dan prosedur untuk penyelenggaraan transportasi kereta api.
2. Kereta Api adalah sarana perkeretaapian dengan tenaga gerak, baik berjalan sendiri maupun dirangkaikan dengan sarana perkeretaapian lainnya, yang akan ataupun sedang bergerak di jalan rel yang terkait dengan perjalanan kereta api.
3. Prasarana Perkeretaapian adalah jalur kereta api, stasiun kereta api, dan fasilitas operasi kereta api agar kereta api dapat dioperasikan.
4. Sarana Perkeretaapian adalah kendaraan yang dapat bergerak di jalan rel.
5. Fasilitas Pengoperasian Kereta Api adalah segala fasilitas yang diperlukan agar kereta api dapat dioperasikan.
6. Instalasi Listrik Perkeretaapian adalah fasilitas pengoperasian kereta api yang berfungsi untuk menggerakkan kereta api bertenaga listrik, memfungsikan peralatan persinyalan dan telekomunikasi kereta api yang bertenaga listrik.
7. Penyelenggara Prasarana Perkeretaapian adalah pihak yang menyelenggarakan prasarana perkeretaapian.
8. Penyelenggara Sarana Perkeretaapian adalah badan usaha yang mengusahakan sarana perkeretaapian umum.
9. Direktur Jenderal adalah Direktur Jenderal Perkeretaapian.
10. Direktorat Jenderal adalah Direktorat Jenderal Perkeretaapian.

BAB II  
PERSYARATAN TEKNIS INSTALASI LISTRIK

Pasal 2

Instalasi Listrik Perkeretaapian terdiri atas:

- a. catu daya listrik; dan
- b. peralatan transmisi tenaga listrik.

Pasal 3

- (1) Catu daya listrik sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 huruf a merupakan peralatan instalasi listrik yang berfungsi mensuplai tenaga listrik untuk prasarana dan sarana berpengerak tenaga listrik.
- (2) Catu daya listrik sebagaimana dimaksud pada ayat (1) berupa:
  - a. catu daya listrik arus searah; dan
  - b. catu daya listrik arus bolak-balik
- (3) Catu daya listrik arus searah sebagaimana dimaksud pada ayat (2) huruf a meliputi:
  - a. peralatan penerima daya;
  - b. peralatan penyearah;
  - c. peralatan DC kubikel;
  - d. peralatan tegangan rendah AC dan DC; dan
  - e. peralatan penyulang.
- (4) Catu daya listrik arus bolak-balik sebagaimana dimaksud pada ayat (2) huruf b meliputi:
  - a. peralatan penerima daya;
  - b. peralatan AC kubikel;
  - c. peralatan tegangan rendah AC dan DC; dan
  - d. peralatan penyulang.

Pasal 4

Catu daya listrik sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3 dapat dikendalikan oleh pengendali catu daya jarak jauh berupa:

- a. pengendali jarak jauh untuk setiap satu catu daya; dan
- b. pengendali jarak jauh untuk beberapa catu daya.

Pasal 5

- (1) Peralatan transmisi tenaga listrik sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 huruf b merupakan peralatan instalasi listrik untuk menyalurkan daya listrik.
- (2) Peralatan transmisi tenaga listrik sebagaimana dimaksud pada ayat (1) terdiri atas:
  - a. transmisi tenaga listrik untuk arus searah; dan
  - b. transmisi tenaga listrik untuk arus bolak-balik.
- (3) Peralatan transmisi tenaga listrik untuk arus searah sebagaimana dimaksud pada ayat (2) huruf a berupa:
  - a. transmisi tenaga listrik untuk arus searah lewat aliran atas; dan
  - b. transmisi tenaga listrik untuk arus searah lewat bawah (rel tambahan).
- (4) Peralatan transmisi tenaga listrik untuk arus searah lewat aliran atas sebagaimana dimaksud pada ayat (3) huruf a terdiri atas:
  - a. sistem penyulang;
  - b. sistem katenari atau *rail conductor*;
  - c. fasilitas pendukung;
  - d. proteksi; dan
  - e. jaringan distribusi daya
- (5) Peralatan transmisi tenaga listrik untuk arus searah lewat bawah (rel tambahan) sebagaimana dimaksud pada ayat (3) huruf b terdiri atas:
  - a. sistem penyulang;
  - b. sistem rel tambahan/*rail conductor (third rail)*;
  - c. fasilitas pendukung;
  - d. proteksi; dan
  - e. jaringan distribusi daya.

- (6) Peralatan transmisi tenaga listrik untuk arus bolak-balik sebagaimana dimaksud pada ayat (2) huruf b terdiri atas:
- a. sistem penyulang;
  - b. sistem katenari atau *rail conductor*;
  - c. fasilitas pendukung;
  - d. proteksi; dan
  - e. jaringan distribusi daya.

#### Pasal 6

Ukuran, letak, pemasangan, dan spesifikasi teknis Instalasi Listrik Perkeretaapian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 tercantum dalam Lampiran yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Peraturan Menteri ini.

### BAB III

#### PENGENDALIAN DAN PENGAWASAN

#### Pasal 7

- (1) Direktur Jenderal berwenang melaksanakan pengendalian atas penerapan persyaratan teknis Instalasi Listrik Perkeretaapian sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri ini.
- (2) Pengendalian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan melalui kegiatan pemberian arahan, bimbingan, supervisi, pelatihan, perizinan, sertifikasi, dan bantuan teknis.
- (3) Pengendalian sebagaimana dimaksud pada ayat (2) dilaksanakan oleh unit di lingkungan Direktorat Jenderal sesuai dengan tugas dan tanggung jawab.

#### Pasal 8

- (1) Direktur Jenderal berwenang melaksanakan pengawasan atas penerapan persyaratan teknis Instalasi Listrik Perkeretaapian sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri ini.
- (2) Pengawasan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dilakukan melalui kegiatan pemantauan dan evaluasi serta melakukan tindakan korektif.
- (3) Pengawasan sebagaimana dimaksud pada ayat (2) dilaksanakan oleh unit di lingkungan Direktorat Jenderal sesuai dengan tugas dan tanggung jawab.
- (4) Hasil pengawasan sebagaimana dimaksud pada ayat (3) menjadi pertimbangan dalam penyusunan kebijakan persyaratan teknis Instalasi Listrik Perkeretaapian.

#### BAB IV

#### KETENTUAN PENUTUP

#### Pasal 9

Pada saat Peraturan Menteri ini mulai berlaku, Peraturan Menteri Perhubungan Nomor PM 12 Tahun 2011 tentang Persyaratan Teknis Instalasi Listrik Perkeretaapian, dicabut dan dinyatakan tidak berlaku.

#### Pasal 10

Peraturan Menteri ini mulai berlaku pada tanggal diundangkan.

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

Ditetapkan di Jakarta  
pada tanggal 24 Mei 2018

MENTERI PERHUBUNGAN  
REPUBLIK INDONESIA,

ttd

BUDI KARYA SUMADI

Diundangkan di Jakarta  
pada tanggal 28 Mei 2018

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

ttd

WIDODO EKATJAHJANA

LAMPIRAN  
PERATURAN MENTERI PERHUBUNGAN  
REPUBLIK INDONESIA  
NOMOR PM 50 TAHUN 2018  
TENTANG  
PERSYARATAN TEKNIS INSTALASI LISTRIK  
PERKERETAAPIAN

PERSYARATAN TEKNIS INSTALASI LISTRIK PERKERETAAPIAN

1. INSTALASI LISTRIK KERETA API

1.1 Catu Daya Listrik

a. catu daya listrik arus searah

1. peralatan penerima daya;
2. peralatan penyearah;
3. peralatan DC kubikel;
4. peralatan tegangan rendah AC dan DC; dan
5. peralatan penyulang.

b. catu daya listrik arus bolak balik

1. peralatan penerima daya;
2. peralatan AC kubikel;
3. peralatan tegangan rendah AC dan DC; dan
4. peralatan penyulang.

c. pengendali catu daya jarak jauh

1. pengendali jarak jauh untuk setiap satu catu daya; dan
2. pengendali jarak jauh untuk beberapa catu daya.

1.2 Peralatan Transmisi Peralatan Listrik

a. transmisi tenaga listrik untuk arus searah lewat aliran atas

1. sistem penyulang;
2. sistem katenari/ *rail conductor*;
3. fasilitas pendukung;
4. proteksi; dan
5. jaringan distribusi daya.

b. transmisi tenaga listrik untuk arus searah lewat aliran bawah minimal terdiri atas:

1. sistem penyulang;

2. sistem rel tambahan/ *rail conductor (third rail)*;
  3. fasilitas pendukung;
  4. proteksi; dan
  5. jaringan distribusi daya.
- c. transmisi tenaga listrik untuk arus bolak –balik
1. sistem penyulang;
  2. sistem katenari/ *rail conductor*;
  3. fasilitas pendukung;
  4. proteksi; dan
  5. jaringan distribusi daya.

### 1.3 Persyaratan Penempatan

instalasi listrik ditempatkan pada lokasi yang sesuai peruntukannya, aman, tidak mengganggu prasarana dan fasilitas lain dan tidak membahayakan keamanan dan keselamatan publik.

### 1.4 Persyaratan Pemasangan

menjamin instalasi listrik yang dipasang dapat berfungsi secara optimal dan bebas dari segala rintangan dan benda penghalang dalam pengoperasiannya.

### 1.5 Persyaratan Teknis

menjamin komponen, material, ukuran dan kapasitas instalasi listrik sesuai dengan standar kelayakan dan keselamatan operasi sehingga seluruh sistem peralatan instalasi listrik dapat berfungsi secara andal dalam kurun waktu sesuai umur teknis.

### 1.6 Definisi

- a. Instalasi Listrik Perkeretaapian adalah peralatan yang berfungsi untuk menggerakkan kereta api bertenaga listrik, memfungsikan peralatan persinyalan dan telekomunikasi kereta api yang bertenaga listrik, dan memfungsikan fasilitas penunjang lainnya.
- b. Catu Daya Listrik adalah peralatan instalasi listrik yang berfungsi mensuplai tenaga listrik untuk prasarana dan sarana berpengerak tenaga listrik.
- c. Peralatan Transmisi Tenaga Listrik adalah peralatan instalasi listrik yang berfungsi menyalurkan daya listrik.
- d. Catu Daya Listrik Arus Bolak-Balik adalah peralatan yang menyediakan atau mensuplai daya listrik arus bolak-balik untuk menggerakkan kereta api bertenaga listrik.

- e. Catu Daya Listrik Arus Searah adalah peralatan yang menyediakan daya listrik arus searah untuk menggerakkan kereta api bertenaga listrik.
- f. Pengendalian Catu Daya Jarak Jauh adalah peralatan yang dipakai untuk memonitor dan mengendalikan catu daya yang dibawah kendalinya dari jarak jauh.
- g. Transmisi Tenaga Listrik Arus Bolak-Balik adalah peralatan instalasi listrik yang berfungsi menyalurkan daya listrik arus bolak-balik.
- h. Transmisi Tenaga Listrik Arus Searah adalah peralatan instalasi listrik yang berfungsi menyalurkan daya listrik arus searah.
- i. Transmisi Tenaga Listrik Arus Searah Lewat Aliran Atas adalah peralatan instalasi listrik yang berfungsi menyalurkan daya listrik arus searah melalui katenari.
- j. Transmisi Tenaga Listrik Arus Searah Lewat Aliran Bawah adalah peralatan instalasi listrik yang berfungsi menyalurkan daya listrik arus searah melalui rel tambahan.
- k. Rel Tambahan adalah rel daya (*power rail*), rel ketiga (*third rail*) atau rel keempat (*fourth rail*) atau sejenisnya.
- l. Standar Internasional adalah standar yang dikembangkan oleh badan standarisasi internasional yang diterapkan di seluruh dunia antara lain *Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)*, *International Organization for Standardization (ISO)*, dan *International Electrotechnical Commission (IEC)*.
- m. Standar Nasional adalah standar turunan dari standar internasional yang telah disesuaikan dengan kondisi setempat antara lain *Euronorm (EN)*, *British Standards (BS)*, *Japanese Industrial Standards (JIS)*, *GB standards*, dan Standar Nasional Indonesia (SNI).
- n. Menteri adalah Menteri Perhubungan.
- o. Direktur Jenderal adalah Direktur Jenderal Perkeretaapian.

## 2. PERSYARATAN TEKNIS CATU DAYA LISTRIK

### 2.1 Catu Daya Listrik Arus Searah

#### 2.1.1 Peralatan Penerima Daya

##### 2.1.1.1 Fungsi

peralatan penerima daya merupakan peralatan listrik yang berfungsi untuk menerima, menurunkan dan mendistribusikan tegangan dari jaringan listrik umum atau sumber listrik lain.

##### 2.1.1.2 Jenis

- a. panel penerima dapat terdiri atas:
  1. kabel penerima daya;
  2. saklar pemisah;
  3. pemutus tenaga;
  4. trafo arus;
  5. trafo tegangan;
  6. indikator; dan
  7. proteksi.
- b. panel penurun tegangan dapat terdiri atas:
  1. *transformator* untuk penyearah; dan
  2. *transformator* untuk distribusi.
- c. panel distribusi paling sedikit meliputi:
  1. kabel penerima daya;
  2. saklar pemisah;
  3. pemutus tenaga;
  4. trafo arus;
  5. trafo tegangan;
  6. indikator; dan
  7. proteksi

##### 2.1.1.3 Persyaratan Penempatan

- a. terletak di dalam dan/atau luar ruangan bangunan catu daya listrik;
- b. berdekatan dengan gardu jaringan listrik umum atau sumber listrik lain; atau
- c. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

##### 2.1.1.4 Persyaratan Pemasangan

- a. berdekatan dengan gardu jaringan listrik umum atau sumber listrik lain;

- b. semua *body* peralatan yang terbuat dari metal harus ditanahkan;
- c. gedung tempat peralatan terpasang harus dilengkapi dengan alat penangkal petir dan harus ditanahkan; atau
- d. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

2.1.1.5 Persyaratan Teknis

a. Persyaratan Operasi

- 1. harus mampu memutus dan menyambung aliran daya listrik dari jaringan listrik umum atau sumber listrik lain;
- 2. harus mampu menurunkan tegangan yang diterima dari jaringan listrik umum atau sumber listrik lain ke tegangan yang diinginkan;
- 3. harus mempunyai *rating* kapasitas yang sesuai dengan sistem yang direncanakan;
- 4. harus memiliki peralatan proteksi yang menjamin keselamatan pada saat operasi dan pemeliharaan;
- 5. harus dapat beroperasi dengan fluktuasi tegangan masukan:  $\pm 10\%$  tegangan nominal;
- 6. tersedia fasilitas pemberhentian darurat/*emergency stop*; atau
- 7. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

b. Persyaratan Material

1. panel penerima

a) kabel penerima daya harus memenuhi persyaratan:

- 1) tegangan nominal : minimum sesuai dengan tegangan masukan;
- 2) dimensi : sesuai daya;
- 3) jenis : *armour cable*;
- 4) isolasi lapisan luar, dalam dan inti : minimal *PE/Polyetheline*, harus kedap air; dan
- 5) penghantar : tembaga; atau
- 6) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

- b) saklar pemisah harus memenuhi persyaratan:
- 1) jumlah kutub : 3 kutub;
  - 2) tegangan nominal : sesuai tegangan sistem;
  - 3) arus nominal : sesuai perhitungan kebutuhan; atau
  - 4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- c) pemutus tenaga harus memenuhi persyaratan:
- 1) tipe : dapat dikeluarkan/*raw-out type*;
  - 2) jumlah kutub : 3 kutub dengan satu kesatuan/*single throw* (TP);
  - 3) tegangan nominal : sesuai tegangan masukan; batas kemampuan;
  - 4) isolasi : sesuai perhitungan kebutuhan;
  - 5) arus nominal : sesuai perhitungan arus beban; atau
  - 6) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- d) trafo arus harus memenuhi persyaratan:
- 1) jumlah fasa : 3 x 1 fasa;
  - 2) arus primer : sesuai perhitungan kebutuhan;
  - 3) arus sekunder : maksimal 5 A;
  - 4) maksimum daya/*rated burden* : sesuai perhitungan kebutuhan; atau
  - 5) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- e) trafo tegangan harus memenuhi persyaratan:
- 1) jumlah fasa : 3 fasa;
  - 2) tegangan primer : sesuai masukan;
  - 3) tegangan sekunder : maksimal 110 V;

- 4) maksimum daya/  
*rated burden* : sesuai perhitungan  
kebutuhan; atau
  - 5) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke  
standar internasional atau nasional tertentu.
- f) indikator
- 1) indikator ukur minimal terdiri atas:
    - (a) *watt* meter dengan skala sesuai daya;
    - (b) *volt* meter sesuai dengan trafo tegangan;
    - (c) *ampere* meter sesuai dengan trafo arus;
    - (d) dilengkapi dengan  $\text{Cos } \varphi$  (faktor daya) meter;  
atau
    - (e) sesuai dengan spesifikasi desain yang  
mengacu ke standar internasional atau  
nasional tertentu.
  - 2) indikator cahaya harus memenuhi persyaratan:
    - (a) mengindikasikan dua keadaan cahaya yaitu  
*on* dan *off*;
    - (b) mengidentifikasi tiap fasa dengan warna  
yang berbeda; atau
    - (c) sesuai dengan spesifikasi desain yang  
mengacu ke standar internasional atau  
nasional tertentu.
  - 3) indikator penghitung harus memenuhi  
persyaratan minimal 4 (empat) digit; atau
  - 4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke  
standar internasional atau nasional tertentu.
- g) proteksi
- 1) proteksi tipe modular, harus memenuhi  
persyaratan merupakan satu kesatuan rele yang  
berfungsi untuk mendeteksi hubung singkat,  
tegangan lebih dan tegangan kurang, arus lebih  
atau sesuai dengan spesifikasi desain yang  
mengacu ke standar internasional atau nasional  
tertentu.

- 2) proteksi tipe individual
- (a) rele hubung singkat harus memenuhi persyaratan:
- (1) arus maksimal : sesuai dengan trafo arus;
  - (2) frekuensi : sesuai dengan frekuensi sumber pemasok daya;
  - (3) *setting tap* arus : sesuai perhitungan kebutuhan; atau
  - (4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- (b) rele pentanahan arus lebih harus memenuhi persyaratan:
- (1) arus : sesuai dengan trafo arus;
  - (2) frekuensi : sesuai dengan frekuensi sumber pemasok daya; atau
  - (3) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- (c) rele tegangan lebih harus memenuhi persyaratan:
- (1) tegangan : sesuai dengan trafo tegangan;
  - (2) frekuensi : sesuai dengan frekuensi sumber pemasok daya;
  - (3) maksimum tegangan lebih 20 % dari trafo tegangan; atau
  - (4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

- (d) rele tegangan kurang harus memenuhi persyaratan:
  - (1) tegangan : sesuai dengan trafo tegangan;
  - (2) frekuensi : sesuai dengan frekuensi sumber pemasok daya;
  - (3) maksimum tegangan lebih 20 % dari trafo tegangan; atau
  - (4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 2. panel penurun tegangan
  - a) *transformator* untuk penyearah harus memenuhi persyaratan:
    - 1) harus mampu bekerja pada kondisi beban:
      - (a) 100 % kontinu/terus-menerus;
      - (b) 150 % selama 2 jam;
      - (c) 200 % selama 5 menit; dan
      - (d) 300 % selama 1 menit
    - 2) mempunyai tap tegangan masukan  $\pm 10$  % dari tegangan nominal; atau
    - 3) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - b) *transformator* untuk distribusi harus memenuhi persyaratan;
    - 1) harus mampu bekerja pada kondisi beban: 100 % kontinu terus-menerus;
    - 2) mempunyai tap tegangan masukan  $\pm 10$  % dari tegangan nominal; atau
    - 3) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 3. panel distribusi
  - a) kabel penerima daya harus memenuhi persyaratan:
    - 1) tegangan : sesuai dengan tegangan masukan;
    - 2) dimensi ukuran : sesuai daya;

- 3) jenis : *armour cable*;
  - 4) isolasi lapisan luar,  
dalam dan inti : minimal PE, harus kedap air;
  - 5) penghantar : minimal tembaga; atau
  - 6) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b) saklar pemisah harus memenuhi persyaratan:
- 1) jumlah kutub : 3 kutub;
  - 2) tegangan nominal : sesuai tegangan sistem;
  - 3) arus nominal : sesuai perhitungan kebutuhan; atau
  - 4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- c) pemutus tenaga harus memenuhi persyaratan:
- 1) tipe : dapat dikeluarkan
  - 2) jumlah kutub : 3 kutub, 1 unit/*single throw* (TP);
  - 3) tegangan nominal : sesuai tegangan masukan;
  - 4) batas kemampuan isolasi : sesuai perhitungan kebutuhan;
  - 5) arus nominal : sesuai perhitungan arus beban; atau
  - 6) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- d) trafo arus harus memenuhi persyaratan:
- 1) jumlah fasa : 3 x 1 fasa;
  - 2) arus primer : sesuai perhitungan kebutuhan;
  - 3) arus sekunder : maksimal 5 A; atau
  - 4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- e) trafo tegangan harus memenuhi persyaratan:
- 1) jumlah fasa : 3 fasa;

- 2) tegangan primer : sesuai tegangan masukan;
  - 3) tegangan sekunder/*rated secondary voltage* maksimal 110 V; atau
  - 4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- f) indikator:
- 1) indikator ukur minimal terdiri atas:
    - (a) *watt* meter dengan skala sesuai daya;
    - (b) *volt meter* sesuai dengan trafo tegangan;
    - (c) *ampere* meter sesuai dengan trafo arus; atau
    - (d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - 2) indikator cahaya harus memenuhi persyaratan:
    - (a) mengindikasikan dua keadaan cahaya yaitu *on* dan *off*;
    - (b) mengidentifikasi tiap fasa dengan warna yang berbeda; atau
    - (c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - 3) indikator penghitung harus memenuhi persyaratan minimal 4 (empat) digit; atau
  - 4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- g) proteksi
- 1) proteksi tipe modular harus memenuhi persyaratan merupakan satu kesatuan rele yang berfungsi untuk mendeteksi hubung singkat, tegangan lebih dan tegangan kurang arus lebih.
  - 2) proteksi tipe individual:
    - (a) rele hubung singkat harus memenuhi persyaratan:
      - (1) arus maksimal : sesuai dengan trafo arus;

- (2) frekuensi : sesuai dengan frekuensi sumber pemasok daya;
  - (3) *setting tap* : sesuai perhitungan kebutuhan beban arus; atau
  - (4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- (b) rele pentanahan arus lebih harus memenuhi persyaratan:
- (1) arus : sesuai dengan trafo arus;
  - (2) frekuensi : sesuai dengan frekuensi sumber pemasok daya; atau
  - (3) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- (c) rele tegangan lebih harus memenuhi persyaratan:
- (1) tegangan : sesuai dengan trafo tegangan;
  - (2) frekuensi : sesuai dengan frekuensi sumber pemasok daya;
  - (3) maksimum tegangan lebih : 20% dari trafo tegangan; atau
  - (4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- (d) rele tegangan kurang harus memenuhi persyaratan:
- (1) tegangan : sesuai dengan trafo tegangan;

- (2) frekuensi : sesuai dengan frekuensi sumber pemasok daya;
- (3) maksimum tegangan lebih : 20% dari trafo tegangan; atau
- (4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

## 2.1.2 Peralatan Penyearah

### 2.1.2.1 Fungsi

peralatan penyearah berfungsi untuk mengubah bentuk arus dari *transformator* yang berbentuk arus bolak-balik menjadi arus searah.

### 2.1.2.2 Persyaratan Penempatan

- a. terletak di dalam dan/atau luar bangunan catu daya listrik;
- b. terletak tidak jauh dari *transformator* penyearah; atau
- c. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

### 2.1.2.3 Persyaratan Pemasangan

- a. harus memperhatikan jarak dalam ruangan minimal 100 cm antara dinding dengan kubikel untuk memudahkan perawatan;
- b. saluran kabel penerima dan keluaran harus tertutup; atau
- c. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

### 2.1.2.4 Persyaratan Teknis

#### a. Persyaratan Operasi

- 1. harus dapat mengubah arus bolak-balik (AC) dari jaringan listrik umum atau sumber lain menjadi arus searah (DC) agar bisa digunakan untuk menggerakkan kereta api tenaga listrik;
- 2. harus mempunyai daya yang cukup untuk memikul beban sesuai yang direncanakan;
- 3. harus dapat beroperasi dengan fluktuasi tegangan masukan minimum  $\pm 10\%$  tegangan nominal;
- 4. tegangan keluaran: minimal sesuai dengan tegangan yang diperlukan untuk menggerakkan kereta api tenaga listrik DC; atau

5. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b. Persyaratan Material
1. pendinginan dapat berupa udara *murnilnatural cooling* atau *heat pipe* atau minyak/oil *immersed self-cooled* nitrogen gas;
  2. harus mampu bekerja pada kondisi beban:
    - a) 100 % kontinu/terus-menerus;
    - b) 150 % selama 2 jam;
    - c) 200 % selama 5 menit;
    - d) 300 % selama 1 menit; atau
    - e) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  3. hubungan dioda 3 fasa sistem jembatan dengan gelombang penuh minimum 12 pulsa; atau
  4. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

### 2.1.3 Peralatan DC Kubikel

#### 2.1.3.1 Fungsi

peralatan DC kubikel berfungsi untuk mendistribusikan dan memutus tegangan DC yang diterima dari peralatan penyearah untuk dialirkan ke peralatan transmisi tenaga listrik.

#### 2.1.3.2 Jenis

- a. kubikel utama minimal terdiri atas:
1. pemutus tenaga cepat/*High Speed Circuit Breaker (HSCB)/ High Speed Vacuum Circuit Breaker (HSVCB)*;
  2. trafo arus DC (DCCT);
  3. proteksi:
    - a) rele hubung singkat;
    - b) rele pentahanan arus lebih;
    - c) rele tegangan lebih;
    - d) rele tegangan kurang; atau
    - e) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
  4. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

- b. kubikel keluaran dan kubikel cadangan terdiri atas:
  - 1. saklar pemisah;
  - 2. pemutus tenaga cepat;
  - 3. *arrester*;
  - 4. trafo arus DC;
  - 5. proteksi:
    - a) rele hubung singkat;
    - b) rele pentanahan arus lebih; dan
    - c) rele tegangan lebih;
    - d) rele tegangan kurang;
    - e) rele jarak;
    - f) *Delta I Relay* ( $\Delta I$ );
    - g) proteksi peralatan pemutus aliran daya; atau
    - h) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
  - 6. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- c. kubikel negatif dapat terdiri atas:
  - 1. saklar pemisah;
  - 2. trafo arus DC;
  - 3. perekam arus;
  - 4. rele gangguan arus ke tanah; atau
  - 5. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

#### 2.1.3.3 Persyaratan Penempatan

- a. terletak di dalam atau di luar bangunan catu daya listrik;
- b. terletak berdekatan dengan penyearah;
- c. terletak tidak jauh dari transmisi tenaga listrik; atau
- d. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

#### 2.1.3.4 Persyaratan Pemasangan

- a. harus memperhatikan jarak dalam ruangan minimal 100 cm antara dinding dengan kubikel untuk memudahkan perawatan;
- b. masing-masing kubikel harus dipasang berdampingan dan sejajar jalan rel dengan ukuran yang sama;
- c. semua kubikel harus dihubungkan ke pentanahan;
- d. pada ujung kabel harus diberi penomoran/tanda;

- e. saluran kabel penerima dan keluaran harus tertutup;
- f. harus dilengkapi dengan diagram satu garis / *single line* pada tiap kubikel dengan bahasa yang jelas dan mudah dipahami; atau
- g. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

#### 2.1.3.5 Persyaratan Teknis

##### a. Persyaratan Operasi

- 1. harus bisa dioperasikan secara elektrik dan manual;
- 2. harus dapat menyalurkan tegangan keluaran yang dihasilkan ke peralatan transmisi;
- 3. harus dapat memutus secara cepat dan otomatis apabila terjadi gangguan; atau
- 4. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

##### b. Persyaratan Material

###### 1. kubikel utama

###### a) pemutus tenaga cepat harus memenuhi persyaratan:

- 1) jumlah kutub : 1 kutub;
- 2) arus nominal : sesuai keperluan;
- 3) tipe : mudah dikeluarkan / *draw-out type*;
- 4) tegangan nominal : disesuaikan dengan tegangan yang diperlukan untuk menggerakkan kereta bertenaga listrik; atau
- 5) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

###### b) trafo arus DC harus memenuhi persyaratan:

- 1) tegangan masukan : sesuai dengan kebutuhan;
- 2) tegangan keluaran : maksimum 110 V; atau
- 3) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

###### c) proteksi harus memenuhi persyaratan:

###### 1) rele hubung singkat harus memenuhi syarat:

- (a) arus maksimal : sesuai dengan trafo arus;

- (b) frekuensi : 50 Hz;
  - (c) *setting tap* arus : sesuai kebutuhan;
  - (d) *setting* waktu terhadap kenaikan arus pada *feeder* maksimal 2 detik; atau
  - (e) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 2) rele pentanahan arus lebih harus memenuhi syarat:
- (a) arus maksimal : sesuai dengan trafo arus;
  - (b) frekuensi : 50 Hz;
  - (c) *setting tap* arus : sesuai kebutuhan;
  - (d) *setting* waktu terhadap kenaikan beda potensial tanah di sekitar catu daya maksimal 2 detik; atau
  - (e) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 3) rele tegangan lebih harus memenuhi syarat:
- (a) tegangan maksimal : sesuai dengan trafo tegangan;
  - (b) frekuensi : 50 Hz;
  - (c) maksimum tegangan lebih : 20 % dari tegangan masukan; atau
  - (d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 4) rele tegangan kurang harus memenuhi syarat:
- (a) tegangan maksimal : sesuai dengan trafo tegangan;
  - (b) frekuensi : 50 Hz;
  - (c) maksimum tegangan lebih : 20 % dari tegangan masukan; atau

- (d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
2. kubikel keluaran dan kubikel cadangan
- a) saklar pemisah harus memenuhi persyaratan:
- 1) harus dapat dioperasikan secara manual;
  - 2) jumlah kutub : 1 kutub;
  - 3) tegangan disesuaikan dengan tegangan yang diperlukan untuk menggerakkan kereta bertenaga listrik;
  - 4) arus sesuai dengan kebutuhan beban; atau
  - 5) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b) pemutus tenaga cepat harus memenuhi persyaratan:
- 1) jumlah kutub : 1 kutub;
  - 2) arus nominal/  
*rated current* : sesuai keperluan;
  - 3) tipe : mudah dikeluarkan/*draw-out* tipe;
  - 4) tegangan nominal disesuaikan dengan tegangan yang diperlukan untuk menggerakkan kereta bertenaga listrik; atau
  - 5) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- c) *arrester* harus memenuhi persyaratan:
- 1) harus dapat setiap saat menyalurkan arus bila terjadi tegangan lebih/petir;
  - 2) dilengkapi dengan indikator *counter*;
  - 3) tegangan : 20% dari tegangan sistem;
  - 4) arus pembuangan/  
*discharge current* : minimal 20 kA; atau
  - 5) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

- d) trafo arus DC harus memenuhi persyaratan:
  - 1) tegangan masukan : sesuai dengan kebutuhan;
  - 2) tegangan keluaran : maksimum 110 V; atau
  - 3) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- e) proteksi harus memenuhi persyaratan:
  - 1) rele hubung singkat harus memenuhi syarat:
    - (a) arus maksimal : sesuai dengan trafo arus;
    - (b) frekuensi : 50 Hz;
    - (c) *setting tap* arus : sesuai kebutuhan;
    - (d) *setting* waktu terhadap kenaikan arus pada *feeder* maksimal 2 detik; atau
    - (e) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - 2) rele pentanahan arus lebih harus memenuhi syarat:
    - (a) arus maksimal : sesuai dengan trafo arus;
    - (b) frekuensi : 50 Hz;
    - (c) *setting tap* arus : sesuai kebutuhan;
    - (d) *setting* waktu terhadap kenaikan beda potensial tanah di sekitar catu daya maksimal 2 detik; atau
    - (e) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - 3) rele tegangan lebih harus memenuhi syarat:
    - (a) tegangan maksimal : sesuai dengan trafo tegangan;
    - (b) frekuensi : 50 Hz;
    - (c) maksimum tegangan lebih : 20% dari tegangan masukan; atau

- (d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 4) rele tegangan kurang harus memenuhi syarat:
- (a) tegangan maksimal : sesuai dengan trafo tegangan;
  - (b) frekuensi : 50 Hz;
  - (c) maksimum tegangan lebih : 20% dari tegangan masukan; atau
  - (d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 5) rele jarak harus memenuhi syarat:
- (a) arus maksimal : sesuai dengan trafo arus;
  - (b) frekuensi : 50 Hz;
  - (c) *setting tap* arus : sesuai kebutuhan; atau
  - (d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 6) *Delta I Relay* harus memenuhi syarat:
- (a) arus maksimal : sesuai dengan trafo arus;
  - (b) frekuensi : 50 Hz;
  - (c) *setting tap* arus : sesuai kebutuhan;
  - (d) setting waktu terhadap kenaikan kecuraman arus pada feeder maksimal 2 detik; atau
  - (e) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

- 7) proteksi peralatan pemutus aliran kendali daya harus memenuhi syarat:
- (a) harus dapat memutuskan hubungan antara catu daya secara otomatis apabila ada gangguan di salah satu catu daya yang berupa hubung singkat (*short circuit*), arus kejut, gangguan tanah (*ground fault*), media transmisi terputus dan fasilitas stop darurat (*emergency stop*); dan
  - (b) harus dapat terkoneksi secara *manual/bypass* bila catu daya yang bersangkutan tidak beroperasi sehingga terkoneksi dengan catu daya di sebelahnya yang beroperasi; atau
  - (c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

3. kubikel negatif

- a) saklar pemisah harus memenuhi persyaratan:
  - 1) harus dapat dioperasikan secara manual;
  - 2) jumlah kutub : 1 kutub;
  - 3) tegangan : sesuai dengan perhitungan kebutuhan tegangan;
  - 4) arus : sesuai dengan kebutuhan beban; atau
  - 5) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b) trafo arus DC harus memenuhi persyaratan:
  - 1) tegangan masukan : sesuai dengan perhitungan kebutuhan tegangan;
  - 2) tegangan keluaran : maksimal 110 V; atau
  - 3) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- c) perekam arus harus memenuhi persyaratan:
  - 1) harus dapat menggambarkan grafik arus;
  - 2) harus dapat menyimpan data besaran arus, tanggal dan jam secara digital; atau

- 3) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - d) rele gangguan arus ke tanah harus memenuhi persyaratan dapat bekerja memutuskan pemutus tenaga cepat secara otomatis apabila terdapat beda potensial antara kubikel DC dengan sistem pentanahan; atau
  - e) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 2.1.4 Peralatan Tegangan Rendah AC dan DC
- 2.1.4.1 Fungsi
- peralatan tegangan rendah AC dan DC berfungsi sebagai sumber daya listrik untuk peralatan kontrol, proteksi, indikator, *space heater*, baterai dan lain-lain yang terkait dengan sistem catu daya listrik serta penerangan bangunan.
- 2.1.4.2 Jenis
- indikator dapat berupa:
- a. indikator cahaya;
  - b. indikator ukur; atau
  - c. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 2.1.4.3 Persyaratan Penempatan
- a. peralatan tegangan rendah AC dan DC terletak di dalam atau di luar bangunan catu daya listrik menyatu dengan peralatan lain;
  - b. untuk baterai terletak dalam ruangan tersendiri di dalam atau di luar bangunan catu daya listrik; atau
  - c. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 2.1.4.4 Persyaratan Pemasangan
- a. harus memperhatikan jarak dalam ruangan minimal 100 cm antara dinding dengan kubikel untuk memudahkan perawatan;
  - b. semua *body* peralatan yang terbuat dari metal harus ditanahkan;
  - c. pada ujung kabel harus diberi penomoran/tanda;
  - d. saluran kabel penerima dan keluaran harus tertutup;
  - e. harus dilengkapi dengan diagram satu garis/ *single line* pada tiap kubikel dengan bahasa yang jelas dan mudah dipahami;

- f. untuk baterai dipasang pada rak khusus dalam ruangan baterai; atau
- g. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

#### 2.1.4.5 Persyaratan Teknis

##### a. Persyaratan Operasi

1. harus dapat menyuplai daya listrik secara terus-menerus;
2. harus mempunyai *rating* kapasitas yang sesuai dengan sistem yang direncanakan;
3. peralatan tegangan rendah AC dan DC yang berupa trafo harus mempunyai 2 (dua) sumber yang berbeda yang berfungsi sebagai sumber utama dan sumber cadangan yaitu:
  - a) sumber dari catu daya listrik setempat (sumber utama);
  - b) sumber dari jaringan distribusi daya (sumber cadangan); dan
  - c) perpindahan sumber daya tersebut bekerja secara otomatis; atau
4. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

##### b. Persyaratan Material

1. panel tegangan rendah AC dan DC harus memenuhi persyaratan:
  - a) saklar pemutus yang terpasang harus sesuai kapasitas peralatan;
  - b) *auxiliary relay* harus dapat memenuhi persyaratan tegangan kerja peralatan;
  - c) indikator:
    - 1) indikator cahaya harus mengidentifikasi keadaan bekerjanya peralatan dengan warna yang berbeda;
    - 2) indikator ukur harus memenuhi persyaratan:
      - (a) *volt meter* sesuai dengan tegangan kerja peralatan; dan
      - (b) *ampere meter* sesuai dengan arus kerja peralatan; atau

- (c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - 2. trafo harus memenuhi persyaratan:
    - a) harus sesuai dengan kapasitas kebutuhan peralatan;
    - b) dapat bekerja 100 % terus menerus; atau
    - c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - 3. baterai dan *charger* harus memenuhi persyaratan:
    - a) baterai:
      - 1) harus bebas perawatan;
      - 2) tegangan harus sesuai tegangan kerja peralatan;
      - 3) kapasitas harus sesuai dengan beban yang direncanakan;
      - 4) harus mampu bekerja minimal 5 jam; atau
      - 5) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
    - b) *charger*:
      - 1) harus mudah dalam perawatan;
      - 2) bekerja secara otomatis;
      - 3) kapasitas sesuai dengan baterai;
      - 4) pengisian baterai memiliki 2 mode: cepat/*charging* dan lambat/*floating*; atau
      - 5) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 2.1.5 Peralatan Penyulang
- 2.1.5.1 Fungsi
- peralatan penyulang berfungsi untuk menyalurkan daya dari kubikel keluaran melalui kabel penyulang positif dan saklar pemisah ke kawat penyulang serta menerima kembali arus balik melalui kabel penyulang negatif ke kubikel negatif.
- 2.1.5.2 Jenis
- a. kabel penyulang terdiri atas:
    - 1. kabel penyulang positif;
    - 2. kabel penyulang negatif; atau
    - 3. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

- b. saklar pemutus terdiri atas:
  - 1. saklar pemutus keluaran;
  - 2. saklar pemutus *by pass*; atau
  - 3. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- c. proteksi petir terdiri atas:
  - 1. *arrester*;
  - 2. peralatan pentanahan; atau
  - 3. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- d. struktur untuk peralatan penyulang terdiri atas:
  - 1. tiang;
  - 2. satang penyangga;
  - 3. tangga kabel; atau
  - 4. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

#### 2.1.5.3 Persyaratan Penempatan

peralatan penyulang terletak dekat dengan catu daya listrik dan di sebelah transmisi tenaga listrik atau sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

#### 2.1.5.4 Persyaratan Pemasangan

- a. kabel penyulang dan kabel penyulang negatif harus memenuhi persyaratan:
  - 1. dipasang di dalam tanah dengan kedalaman  $\geq 100$  cm;
  - 2. menggunakan pasir dan proteksi kabel;
  - 3. ditanam melintasi jalan rel minimal 1,5 m dari *subgrade* dengan pelindung pipa HOPE minimal ketebalan 8 mm;
  - 4. ditanam melintasi jalan raya minimal 1,0 m dari tanah dan dilindungi dengan pipa HOPE minimal ketebalan 8 mm;
  - 5. untuk yang melintasi jalan rel dan jalan raya, pemasangannya harus menggunakan bor mesin;
  - 6. jika terpasang sejajar atau menyilang kabel sinyal atau telekomunikasi maka kedalaman harus lebih dalam dari kabel sinyal atau telekomunikasi;

7. kabel yang keluar dari permukaan tanah harus diberi proteksi berupa pipa besi *galvanis*. Untuk kondisi tertentu apabila transmisi agak jauh dari lokasi catu daya listrik maka digunakan konstruksi dengan menggunakan kawat pemikul melalui udara (di atas tanah); atau
  8. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b. saklar pemisah dipasang pada struktur peralatan penyulang;
  - c. *arrester* dipasang pada kabel penyulang di struktur peralatan penyulang;
  - d. struktur untuk peralatan penyulang dipasang:
    1. untuk tempat kedudukan kabel penyulang, saklar pemisah, dan *arrester*;
    2. menggunakan minimal 2 tiang beton; atau
    3. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
  - e. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

#### 2.1.5.5 Persyaratan Teknis

- a. Persyaratan Operasi
  1. harus dapat menyalurkan tegangan keluaran yang dihasilkan ke peralatan transmisi sesuai dengan kapasitas yang direncanakan;
  2. harus dapat sebagai pemisah antara transmisi tenaga listrik dengan catu daya listrik apabila terjadi gangguan; atau
  3. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b. Persyaratan Material
  1. kabel penyulang harus memenuhi persyaratan:
    - a) bahan : tembaga;
    - b) ukuran : sesuai dengan kapasitas yang direncanakan;
    - c) jenis : *armour cable*;
    - d) lapisan luar, dalam dan inti menggunakan *Polyethelene* (PE);

- e) kabel harus dilengkapi penandaan dengan tulisan "<tipe kabel> milik instansi <tahun pembuatan>"; atau
  - f) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
2. saklar pemisah harus memenuhi persyaratan:
- a) jumlah kutub : 1 kutub;
  - b) tegangan/*rated voltage* : sesuai tegangan sistem;
  - c) arus/*rated current* : sesuai perhitungan kebutuhan;
  - d) jenis : *hendell* tuas;
  - e) isolator : minimum porselen; atau
  - f) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
3. *arrester* harus memenuhi persyaratan:
- a) kapasitas *discharge* : minimal 50 kA;
  - b) waktu *discharge* : minimal 8/20 mikro *second*;
  - c) tegangan : +20% dari tegangan sistem;
  - d) arus *impulse* : minimal 200 kA (8/20 mikro *second*); atau
  - e) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
4. struktur untuk peralatan penyulang harus memenuhi persyaratan:
- a) tiang : menggunakan tiang beton dengan jarak minimal 3 m;
  - b) batang penyangga : minimal menggunakan besi galvanis dengan ukuran sesuai perencanaan;
  - c) tangga kabel : menggunakan besi galvanis dan klem kabel; atau
  - d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

## 2.2 Catu Daya Listrik Arus Bolak-Balik

### 2.2.1 Peralatan Penerima Daya

#### 2.2.1.1 Fungsi

peralatan penerima daya merupakan peralatan listrik yang berfungsi untuk menerima dan menurunkan tegangan dari jaringan listrik umum atau sumber listrik lain.

#### 2.2.1.2 Jenis

a. panel penerima paling sedikit meliputi:

1. kabel penerima daya;
2. saklar pemisah;
3. pemutus tenaga;
4. trafo arus;
5. trafo tegangan;
6. indikator:
  - a) indikator ukur;
  - b) indikator cahaya;
  - c) indikator *counter*; atau
  - d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
7. proteksi:
  - a) tipe modular; dan
  - b) tipe individual.
8. rele hubung singkat;
9. rele pentanahan arus lebih;
10. rele tegangan lebih;
11. rele tegangan kurang;
12. rele jarak;
13. *Delta I relay* ( $\Delta I$ ); atau
14. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

b. panel penurun tegangan dapat berupa *transformator*;

c. panel distribusi paling sedikit meliputi:

1. kabel penerima daya;
2. saklar pemisah;
3. pemutus tenaga;
4. trafo arus;
5. trafo tegangan;

6. indikator:
  - a) indikator ukur;
  - b) indikator cahaya;
  - c) indikator *counter*; atau
  - d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
7. proteksi:
  - a) tipe modular; dan
  - b) tipe individual
8. rele hubung singkat;
9. rele pentanahan arus lebih;
10. rele tegangan lebih;
11. rele tegangan kurang;
12. rele jarak;
13. *Delta I relay* ( $\Delta I$ ); atau
14. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

#### 2.2.1.3 Persyaratan Penempatan

- a. terletak di dalam dan/atau di luar ruangan bangunan catu daya listrik;
- b. berdekatan dengan gardu jaringan listrik umum atau sumber listrik lain;
- c. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

#### 2.2.1.4 Persyaratan Pemasangan

- a. dipasang di dalam dan/atau di luar ruangan bangunan catu daya listrik;
- b. semua *body* peralatan yang terbuat dari metal harus ditanahkan;
- c. gedung tempat peralatan terpasang harus dilengkapi dengan alat penangkal petir dan harus ditanahkan; atau
- d. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

#### 2.2.1.5 Persyaratan Teknis

- a. Persyaratan Operasi
  1. harus dapat mengontrol atau mengatur tegangan yang diterima dari jaringan listrik umum atau sumber listrik lain;

2. harus dapat menurunkan tegangan masukan yang diterima dari jaringan listrik umum atau sumber listrik lain ke tegangan yang diinginkan;
  3. harus mempunyai *rating* kapasitas yang sesuai dengan sistem yang direncanakan;
  4. harus memiliki fasilitas pengamanan untuk perawatan;
  5. harus dapat beroperasi dengan fluktuasi tegangan masukan minimum  $\pm 10\%$  tegangan nominal;
  6. tersedia fasilitas pemberhentian darurat/*emergency stop*; atau
  7. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b. Persyaratan Material
1. panel penerima
    - a) kabel penerima daya harus memenuhi persyaratan:
      - 1) tegangan : minimum sesuai dengan nominal tegangan masukan;
      - 2) dimensi ukuran : sesuai daya;
      - 3) jenis : *armour cable*;
      - 4) isolasi lapisan luar dan dalam : minimal XLPE, harus kedap air;
      - 5) penghantar : minimal tembaga; atau
      - 6) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
    - b) saklar pemisah harus memenuhi persyaratan:
      - 1) jumlah kutub : 3 kutub;
      - 2) tegangan/  
*rated voltage* : sesuai tegangan sistem;
      - 3) arus/*rated current* : sesuai perhitungan kebutuhan;
      - 4) tegangan nominal : sesuai tegangan masukan; atau
      - 5) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

- c) pemutus tenaga harus memenuhi persyaratan:
  - 1) tipe : dapat dikeluarkan/*draw-out type*;
  - 2) jumlah kutub : 3 kutub dengan satu kesatuan/*single throw* (TP);
  - 3) tegangan : sesuai tegangan masukan;
  - 4) batas kemampuan isolasi : sesuai perhitungan kebutuhan;
  - 5) arus : sesuai perhitungan kebutuhan; atau
  - 6) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- d) trafo arus harus memenuhi persyaratan:
  - 1) jumlah fasa : 3 x 1 fasa;
  - 2) arus primer : sesuai perhitungan kebutuhan;
  - 3) arus sekunder : maksimal 5 A;
  - 4) maksimum daya : sesuai perhitungan; atau
  - 5) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- e) trafo tegangan harus memenuhi persyaratan:
  - 1) jumlah fasa : 3 fasa;
  - 2) tegangan primer : sesuai tegangan masukan;
  - 3) tegangan sekunder : maksimal 110 V;
  - 4) maksimum daya/*rated burden* : sesuai perhitungan kebutuhan; atau
  - 5) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- f) indikator
  - 1) indikator ukur minimum harus dilengkapi:
    - (a) *watt* meter dengan skala sesuai daya;
    - (b) *volt* meter sesuai dengan trafo tegangan;
    - (c) *ampere* meter sesuai dengan trafo arus;

- (d) faktor *daya/Cos  $\varphi$*  meter harus menunjukkan skala 0 sampai 1/tertinggal -mendahului; atau
  - (e) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 2) indikator cahaya harus memenuhi syarat:
- (a) mengindikasikan dua keadaan cahaya yaitu *on* dan *off*;
  - (b) mengidentifikasi tiap fasa dengan warna yang berbeda; atau
  - (c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 3) indikator *counter* harus memenuhi syarat minimal 4 (empat) digit; atau
- 4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- g) proteksi
- 1) proteksi tipe *modular* harus memenuhi syarat terdiri atas satu kesatuan rele yang berfungsi minimal untuk mendeteksi hubung singkat, tegangan lebih dan tegangan kurang, arus lebih;
  - 2) proteksi tipe individual
    - (a) rele hubung singkat harus memenuhi syarat:
      - (1) arus maksimal : sesuai dengan trafo arus;
      - (2) frekuensi : 50 Hz;
      - (3) *setting tap* arus : sesuai kebutuhan;
      - (4) *setting* waktu terhadap kenaikan kenaikan arus pada *feeder* maksimal 2 detik; atau
      - (5) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

- (b) rele pentanahan arus harus memenuhi syarat:
    - (1) arus maksimal : sesuai dengan trafo arus;
    - (2) frekuensi : 50 Hz;
    - (3) *setting* tap arus : sesuai kebutuhan;
    - (4) *setting* waktu terhadap kenaikan beda potensial tanah di sekitar catu daya maksimal 2 detik; atau
    - (5) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - (c) rele tegangan lebih harus memenuhi syarat:
    - (1) tegangan maksimal : sesuai dengan trafo tegangan;
    - (2) frekuensi : 50 Hz;
    - (3) maksimum tegangan lebih 20% dari tegangan masukan; atau
    - (4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - (d) rele tegangan kurang harus memenuhi syarat:
    - (1) tegangan maksimal : sesuai dengan trafo tegangan;
    - (2) frekuensi : 50 Hz;
    - (3) maksimum tegangan lebih 20% dari tegangan masukan; atau
    - (4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
2. penurun tegangan untuk *transformator* daya harus memenuhi syarat pembebanan:
- a) 100 % terus-menerus;
  - b) 150 % selama 2 jam;
  - c) 200 % selama 5 menit;
  - d) 300 % selama 1 menit;

- e) mempunyai *tap* tegangan masukan  $\pm 10 \%$  dari tegangan nominal; atau
- f) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

3. panel distribusi

- a) kabel penerima daya harus memenuhi syarat:
  - 1) tegangan : sesuai dengan tegangan masukan;
  - 2) dimensi ukuran : sesuai daya;
  - 3) jenis : *armour cable*;
  - 4) isolasi lapisan luar dan dalam : minimal XLPE, harus kedap air;
  - 5) penghantar : minimal tembaga; atau
  - 6) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b) saklar pemisah harus memenuhi syarat:
  - 1) jumlah kutub : 3 kutub;
  - 2) tegangan : sesuai dengan tegangan masukan;
  - 3) arus : sesuai perhitungan beban; atau
  - 4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- c) pemutus tembaga harus memenuhi syarat:
  - 1) tipe : dapat dikeluarkan;
  - 2) jumlah Kutub : kutub, 1 unit/*single throw*;
  - 3) tegangan : sesuai dengan tegangan masukan;
  - 4) arus : sesuai perhitungan beban; atau
  - 5) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- d) trafo arus harus memenuhi syarat:
  - 1) jumlah fasa : 3 x 1 fasa;

- 2) arus primer : sesuai perhitungan kebutuhan;
  - 3) arus sekunder : maksimal 5 A; atau
  - 4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- e) trafo tegangan harus memenuhi syarat:
- 1) jumlah fasa : 3 fasa;
  - 2) tegangan primer : sesuai dengan tegangan masukan;
  - 3) tegangan sekunder : maksimal 110 V; atau
  - 4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- f) indikator
- 1) indikator ukur minimal harus dilengkapi:
    - (a) *watt* meter dengan skala sesuai daya;
    - (b) *volt* meter sesuai dengan trafo tegangan;
    - (c) *ampere* meter sesuai dengan trafo arus; atau
    - (d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - 2) indikator cahaya harus memenuhi syarat:
    - (a) mengindikasikan dua keadaan cahaya yaitu *on* dan *off*;
    - (b) mengidentifikasi tiap fasa dengan warna yang berbeda; atau
    - (c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - 3) indikator *counter* harus memenuhi syarat minimal 4 digit; atau
  - 4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

## g) proteksi

- 1) proteksi tipe modular harus memenuhi syarat terdiri dari satu kesatuan rele yang berfungsi minimal untuk mendeteksi hubung singkat, tegangan lebih dan tegangan kurang, arus lebih, rele jarak dan *Delta I Relay*;
- 2) proteksi tipe individual
  - (a) rele hubung singkat harus memenuhi syarat:
    - (1) arus maksimal : sesuai dengan trafo;
    - (2) frekuensi : 50 Hz;
    - (3) *setting tap* arus : sesuai kebutuhan; atau
    - (4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - (b) rele pentanahan arus lebih harus memenuhi syarat:
    - (1) arus maksimal : sesuai dengan trafo;
    - (2) frekuensi : 50 Hz; atau
    - (3) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - (c) rele tegangan lebih harus memenuhi syarat:
    - (1) tegangan maksimal : sesuai dengan trafo;
    - (2) frekuensi : 50 Hz;
    - (3) maksimum tegangan lebih : 20 % dari trafo tegangan; atau
    - (4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - (d) rele tegangan kurang harus memenuhi syarat:
    - (1) tegangan maksimal : sesuai dengan trafo;
    - (2) frekuensi : 50 Hz;

- (3) maksimum tegangan lebih : 20 % dari trafo tegangan; atau
  - (5) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- (e) rele jarak harus memenuhi syarat:
- (1) arus maksimal : sesuai dengan trafo arus;
  - (2) frekuensi : 50 Hz;
  - (3) *setting tap* arus : sesuai kebutuhan; atau
  - (4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- (f) *Delta I Relay* harus memenuhi syarat:
- (1) arus maksimal : sesuai dengan trafo arus;
  - (2) frekuensi : 50 Hz;
  - (3) *setting tap* arus : sesuai kebutuhan;
  - (4) *setting* waktu terhadap kenaikan kecuraman arus pada feeder maksimal 2 detik; atau
  - (5) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

## 2.2.2 Peralatan AC Kubikel

### 2.2.2.1 Fungsi

peralatan AC kubikel berfungsi untuk mendistribusikan dan memutus tegangan arus bolak-balik yang diterima dari *transformator* daya untuk dialirkan ke peralatan transmisi tenaga listrik melalui peralatan penyulang.

### 2.2.2.2 Jenis

Peralatan AC kubikel terdiri atas:

- a. kapasitor;
- b. saklar pemutus; atau

- c. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

#### 2.2.2.3 Persyaratan Penempatan

- a. terletak di dalam bangunan catu daya listrik;
- b. terletak berdekatan dengan *transformator* daya penurun tegangan;
- c. terletak tidak jauh dari transmisi tenaga listrik; atau
- d. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

#### 2.2.2.4 Persyaratan Pemasangan

- a. dipasang di dalam bangunan catu daya listrik;
- b. harus ada ruang yang cukup untuk kebutuhan perawatan;
- c. masing-masing kubikel harus dipasang berdampingan dan sejajar jalan rel dengan ukuran yang sama;
- d. saluran kabel penerima dan keluaran harus tertutup; atau
- e. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

#### 2.2.2.5 Persyaratan Teknis

- a. Persyaratan Operasi
  - 1. harus bisa dioperasikan secara elektrik dan manual;
  - 2. harus dapat menyalurkan tegangan keluaran yang dihasilkan ke peralatan transmisi;
  - 3. harus dapat memutus secara cepat dan otomatis apabila terjadi gangguan; atau
  - 4. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b. Persyaratan Material
  - 1. kapasitor harus memenuhi persyaratan untuk memperbaiki faktor daya ( $\text{Cos } \varphi$ );
  - 2. saklar pemutus harus memenuhi persyaratan:
    - a) tipe : dapat dikeluarkan;
    - b) jumlah kutub : 3 kutub dengan satu kesatuan;
    - c) tegangan : sesuai dengan tegangan masukan;
    - d) batas kemampuan isolasi : sesuai perhitungan kebutuhan;

- e) arus : sesuai perhitungan kebutuhan; atau
- f) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

### 2.2.3 Peralatan Penyulang

#### 2.2.3.1 Fungsi

peralatan penyulang berfungsi untuk menyalurkan daya dari peralatan AC kubikel melalui kabel penyulang ke kawat penyulang dan kawat kontak serta menyalurkan kembali arus balik melalui kabel penyulang netral ke peralatan AC kubikel.

#### 2.2.3.2 Jenis

a. Peralatan penyulang terdiri atas:

1. kabel penyulang;
2. saklar pemisah;
3. *arrester*;
4. *protection gap*;
5. struktur; atau
6. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

b. kabel penyulang terdiri atas:

1. kabel penyulang fasa;
2. kabel penyulang netral; atau
3. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

#### 2.2.3.3 Persyaratan Penempatan

terletak dekat dengan catu daya listrik dan transmisi tenaga listrik atau sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

#### 2.2.3.4 Persyaratan Pemasangan

a. kabel penyulang untuk kabel dalam tanah harus memenuhi persyaratan:

1. dipasang di dalam tanah dengan kedalaman  $\geq 100$  cm;
2. dalam tanah menggunakan pasir dan proteksi kabel;
3. ditanam melintasi jalan rel minimal 1,5 m dari *subgrade* dengan pelindung pipa HOPE minimal ketebalan 8 mm;
4. ditanam melintasi jalan raya minimal 1,0 m dari tanah dan dilindungi pelindung pipa HOPE minimal ketebalan 8 mm;

5. jika terpasang sejajar atau menyilang kabel sinyal atau telekomunikasi maka kedalaman harus lebih dalam dari kabel sinyal atau telekomunikasi;
  6. kabel yang keluar dari permukaan tanah harus diberi proteksi berupa pipa besi *galvanis*. Untuk kondisi tertentu apabila transmisi agak jauh dari lokasi catu daya listrik maka digunakan konstruksi dengan menggunakan kawat pemikul; atau
  7. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b. saklar pemisah dipasang pada struktur peralatan penyulang;
  - c. *arrester* dipasang di kawat penyulang pada struktur peralatan penyulang;
  - d. struktur untuk peralatan penyulang dipasang:
    1. untuk tempat kedudukan kabel penyulang, saklar pemisah, dan *arrester*;
    2. menggunakan minimal 2 (dua) tiang beton; atau
    3. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

#### 2.2.3.5 Persyaratan Teknis

- a. Persyaratan Operasi
  1. harus dapat menyalurkan tegangan keluaran yang dihasilkan ke peralatan transmisi sesuai dengan kapasitas yang direncanakan;
  2. harus dapat memutuskan tegangan dari catu daya listrik ke transmisi tenaga listrik apabila terjadi gangguan; atau
  3. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b. Persyaratan Material
  1. kabel penyulang harus memenuhi syarat:
    - a) bahan : tembaga
    - b) ukuran : sesuai dengan kapasitas yang direncanakan;
    - c) jenis : *armour cable*;
    - d) lapisan luar dalam dan inti menggunakan *Polyethelene* (PE);

- e) kabel harus dilengkapi penandaan dengan tulisan "<type kabel> milik instansi <tahun pembuatan>"; atau
  - f) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
2. saklar pemisah harus memenuhi syarat:
- a) jumlah : kutub 1 kutub;
  - b) tegangan : sesuai tegangan sistem;
  - c) arus : sesuai perhitungan kebutuhan
  - d) jenis : *hendel/lever*;
  - e) isolator : porselen; atau
  - f) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
3. *arrester* harus memenuhi syarat:
- a) kapasitas *discharge* : minimal 50 kA;
  - b) waktu *discharge* : minimal 8/20 mikro *second*;
  - c) tegangan : + 20 % dari tegangan sistem;
  - d) arus *impulse* : 200 kA (8/20 mikro *second*);  
atau
  - e) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
4. *protection gap* harus memenuhi persyaratan dapat dengan cepat mengalirkan arus ke tanah apabila terjadi beda potensial dengan waktu minimal 2 detik;
5. struktur untuk peralatan penyulang harus memenuhi syarat:
- a) tiang : menggunakan tiang beton dengan jarak minimal 3 m;
  - b) batang penyangga : minimal menggunakan besi galvanis dengan ukuran sesuai perencanaan;
  - c) tangga kabel dan klem kabel menggunakan besi galvanis; atau
  - d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
6. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

## 2.3 Pengendalian Jarak Jauh

### 2.3.1 Pengendalian Jarak Jauh untuk Setiap Catu Daya

#### 2.3.1.1 Fungsi

- a. melakukan pengawasan operasi dan kegagalan pada sistem catu daya yang dikendalikan;
- b. memberikan perintah eksekusi dan menampilkan indikasi-indikasi yang terjadi pada sistem catu daya yang dikendalikan;
- c. melakukan kontrol secara terus menerus pada sistem catu daya yang dikendalikan; dan
- d. merekam semua aktifitas catu daya secara terus-menerus.

#### 2.3.1.2 Persyaratan Penempatan

letak pengendalian jarak jauh untuk setiap catu daya dipasang dalam satu ruangan dan berdekatan atau menyatu dengan pusat operasi kereta api atau sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

#### 2.3.1.3 Persyaratan Pemasangan

- a. harus memperhatikan jarak dalam ruangan minimal 100 cm antara dinding dengan kubikel untuk memudahkan perawatan;
- b. semua kubikel harus dihubungkan ke pentanahan;
- c. semua saluran masukan/keluaran harus dipasang *arrester*;
- d. kabel kontrol pada ujungnya harus diberi penomoran/tanda;
- e. diagram satu *garis/single line* harus mengidentifikasi penyuplaian dengan jelas; atau
- f. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

#### 2.3.1.4 Persyaratan Teknis

- a. Persyaratan Operasi
  1. harus dapat memantau kondisi catu daya di bawah pengawasannya;
  2. harus dapat mengeksekusi pemutusan dan/atau pemasukan satu daya listrik;
  3. harus dapat mengolah data masukan/keluaran dari catu daya yang berada di bawah pengawasannya;
  4. harus dapat memberikan indikasi terhadap kondisi catu daya;
  5. harus tersedia tegangan kontrol yang terus-menerus yang di *back up* oleh baterai minimal selama 2 jam;

6. harus dilengkapi dengan fasilitas pemberhenti darurat/*emergency stop* dalam hal terjadi gangguan besar; dan
7. harus dilengkapi alat rekam/*logger*; atau
8. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

b. Persyaratan Material

1. kapasitas data masukan/keluaran minimal 16 bit;
2. *controller* ROM & RAM minimal 16 bit;
3. *modem communication speed* minimal 1200 bit/s;
4. power supply 220 V, AC  $\pm$  10% , 50 - 60 Hz; atau
5. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

2.3.2 Pengendalian Jarak Jauh untuk Beberapa Catu Daya/*Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA).

2.3.2.1 Fungsi

- a. untuk menerima dan mengirim data teleinformasi dari setiap catu daya ke peralatan SCADA atau sebaliknya;
- b. melakukan pengendalian dan pengawasan beberapa catu daya sekaligus; dan
- c. mengolah data dalam sebuah *database* yang diterima dari beberapa catu daya sekaligus.

2.3.2.2 Persyaratan Penempatan

- a. terletak di dalam bangunan dan menyatu dengan pusat operasi kereta api;
- b. terletak tidak jauh dari jalan kereta api; atau
- c. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

2.3.2.3 Persyaratan Pemasangan

- a. dipasang di dalam bangunan pusat operasi kereta api;
- b. harus memperhatikan jarak dalam ruangan minimal 100 cm antara dinding dengan kubikel untuk memudahkan perawatan;
- c. harus dalam ruangan yang terjaga suhu ruangnya;
- d. saluran kabel penerima dan keluaran harus tertutup;
- e. harus dilengkapi dengan proteksi; atau
- f. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

#### 2.3.2.4 Persyaratan Teknis

##### a. Persyaratan Operasi

1. harus dapat menerima, mengirim dan mengolah data informasi;
2. harus dapat menginformasikan semua gangguan yang terjadi pada catu daya yang di bawah kendalinya;
3. harus mampu menyimpan data *real time*, data *historical*, dan *database*;
4. harus dapat memvisualisasikan *trend* data gangguan;
5. harus dilengkapi alat perekam/*data logger*;
6. harus dilengkapi dengan fasilitas pemberhenti darurat/*emergency stop* dalam hal terjadi gangguan besar;
7. harus mampu menampilkan pesan dalam bahasa yang jelas;
8. harus tersedia tegangan suplai yang terus-menerus dan *back up battery* minimal selama 2 jam; atau
9. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

##### b. Persyaratan Material

1. *controller* minimal memenuhi persyaratan:
  - a) komunikasi : *open protocol*;
  - b) kapasitas : sesuai dengan perencanaan; atau
  - c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
2. *multiplexer* minimal memenuhi syarat:
  - a) kecepatan data : minimum 384 kbps;
  - b) tipe minimum : digital;
  - c) kapasitas : sesuai dengan perencanaan; atau
  - d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
3. monitor minimal memenuhi persyaratan:
  - a) jenis : minimal LCD;
  - b) ukuran : minimal 32 *inch*; atau
  - c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

4. layar tayang minimal memenuhi persyaratan:
  - a) resolusi : minimal 1400 x 1050 pixel;
  - b) ukuran : sesuai dengan perencanaan;
  - c) tipe : tanpa batas/*borderless*; atau
  - d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
5. *inverter* minimal memenuhi persyaratan:
  - a) tegangan keluaran : sesuai tegangan peralatan;
  - b) kapasitas : sesuai beban; atau
  - c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
6. *server* minimal memenuhi syarat:
  - a) konfigurasi : (1+1) *hot standby*;
  - b) kelas : *computer server*;
  - c) tahan terhadap temperatur 45°C dan kelembaban ruang maksimum 95%; atau
  - d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
7. LAN minimal memenuhi persyaratan konfigurasi (1+1) *hot standby*;
8. printer harus mempunyai koneksi minimal USB; atau
9. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

### 3. PERALATAN TRANSMISI TENAGA LISTRIK

#### 3.1 Transmisi Tenaga Listrik untuk Arus Searah Aliran Atas

##### 3.1.1 Fungsi

peralatan transmisi tenaga listrik untuk arus searah berfungsi untuk menyalurkan arus searah guna menggerakkan kereta api bertenaga listrik aliran atas.

##### 3.1.2 Jenis

- a. sistem penyulang terdiri atas:
  1. kawat penyulang/*feeder wire*;
  2. cabang penyulang/*feeding branch*;
  3. saklar pemisah/*disconnecting switch*; atau
  4. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

- b. sistem katenari terdiri atas:
1. kawat kontak/*trolley wire*;
  2. kawat pemikul/*messenger wire*:
    - a) *messenger wire*;
    - b) *feeder messenger wire*; atau
    - c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  3. penggantung/*hanger*:
    - a) bajal *steel*;
    - b) tembaga;
    - c) isolator; atau
    - d) atau sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  4. pemegang kawat kontak/*pull off/ steadying equipment*;
  5. peralatan penegang/*tension device*:
    - a) tipe katrol/*pulley type*;
    - b) tipe pegas/*spring type*; atau
    - c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  6. peralatan pemisah/*sectioning device*:
    - a) *overlap air section*;
    - b) *section insulator* dan *fiberglass reinforced plastic (FRP)*; atau
    - c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
  7. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- c. *sistem rail conductor* dapat terdiri atas:
1. *overhead conductor rail*:
    - a) *conductor rail profile*; dan
    - b) kawat kontak/*trolley wire*.
  2. pemegang *conductor rail/pull off/ steadying equipment*;
  3. peralatan pemisah/*sectioning device/ section insulator*;
  4. *conductor rail joint*; atau
  5. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

- d. fasilitas pendukung/ *supporting facilities* terdiri atas:
  - 1. tiang;
  - 2. pengikat;
  - 3. temberang;
  - 4. isolator:
    - a) *suspension*;
    - b) *rod*; atau
    - c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - 5. batang penyangga; atau
  - 6. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- e. proteksi terdiri atas:
  - 1. kawat pentanahan atas;
  - 2. *arrester*;
  - 3. sistem pentanahan; atau
  - 4. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- f. jaringan distribusi daya dapat berupa:
  - 1. *DE wire*; dan
  - 2. *twisted cable* dengan *messenger*; atau
  - 3. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

### 3.1.3 Persyaratan Penempatan

- a. sistem penyulang
  - 1. kawat penyulang, terletak di dalam ruang bebas, digantung pada tiang transmisi antara tiang dengan jalan kereta api;
  - 2. cabang penyulang, terletak pada kawat penyulang dengan interval tertentu untuk mencabangkan ke kawat kontak; dan
  - 3. saklar pemisah, terletak pada kawat penyulang dan/atau kabel penyulang
- b. sistem katenari
  - 1. kawat kontak, terletak di atas sepanjang jalan kereta api;
  - 2. kawat pemikul, terletak di atas sepanjang jalan kereta api, sejajar dan satu sumbu dengan kawat kontak;

3. penggantung, terletak antara kawat pemikul/*messenger* dengan kawat kontak;
  4. pemegang kawat kontak, terletak antara kawat kontak dengan tiang transmisi;
  5. peralatan penegang otomatis, terletak pada ujung pematian kawat kontak;
  6. peralatan pemisah, terletak pada jaringan sistem katenari; atau
  7. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- c. sistem *rail condutor*
1. *overhead conductor rail*, terletak di atas sepanjang jalan kereta api;
  2. pemegang *conductor rail*, terletak antara *conductor rail profile* dengan bagian penggantung;
  3. peralatan pemisah, terletak pada pemisah antar *section overhead conductor rail*;
  4. *conductor rail joint*, terletak pada persambungan antar *overhead conductor rail*; atau
  5. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- d. fasilitas pendukung
1. tiang transmisi, terletak di sebelah dan sepanjang jalan kereta api;
  2. pengikat, terletak pada tiang;
  3. temberang, terletak di tiang pada ujung pematian kawat-kawat transmisi tenaga listrik;
  4. isolator, terletak antara struktur dan kawat transmisi tenaga listrik;
  5. satang penyangga, terletak di antara tiang transmisi;
  6. *cantilever*, terletak pada tiang atau pada *beam*; atau
  7. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- e. proteksi
1. kawat pentanahan atas, terletak pada susunan paling atas dari jaringan transmisi tenaga listrik;

2. *arrester*, terletak pada kawat penyulang yang dihubungkan ke tanah;
  3. sistem pentanahan, terletak pada kedalaman tanah tertentu di sisi tiang transmisi tenaga listrik; atau
  4. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- f. jaringan distribusi daya
1. terletak di dalam ruang bebas, di gantung pada tiang transmisi yang dipasang di sisi luar tiang transmisi; atau
  2. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

#### 3.1.4 Persyaratan Pemasangan

- a. sistem penyulang
1. kawat penyulang
    - a) dipasang pada struktur dengan menggunakan isolator;
    - b) jarak aman kawat penyulang terhadap struktur minimum 30 cm dan terhadap bangunan-bangunan lain minimum 120 cm; atau
    - c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  2. cabang penyulang
    - a) dipasang pada kawat penyulang dan dihubungkan ke kawat kontak;
    - b) jarak pemasangan antara cabang penyulang dengan interval 125 - 250 m; atau
    - c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  3. saklar pemisah
    - a) di sisi catu daya, dipasang dengan struktur khusus pada tiang transmisi yang menghubungkan antara kabel penyulang dari catu daya dan kawat penyulang;
    - b) di lintas, dipasang dengan struktur khusus pada tiang transmisi yang memisahkan antara kawat penyulang; atau
    - c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau

4. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b. sistem katenari
1. kawat kontak

dipasang dengan digantung pada kawat pemikul sepanjang jalan kereta api dan dipegang oleh pemegang kawat kontak/*pull of* pada setiap tiang transmisi dengan ketentuan:

    - a) tinggi minimal : 430 cm;
    - b) tinggi nominal : 530 cm;
    - c) tinggi maksimal : 570 cm;
    - d) gradient/kemiringan : 5 % untuk jalur utama 15 % untuk jalur samping;
    - e) deviasi : 20 cm untuk jalur lurus, 30 cm untuk jalur lengkung;
    - f) sumbu penyimpangan maksimum antara kawat kontak dengan kawat pemikul maksimum 15°; atau
    - g) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  2. kawat pemikul
    - a) dipasang pada struktur dengan digantung menggunakan isolator;
    - b) ketentuan pemasangan adalah lendutan pada lambung harus lebih besar dari 15 cm terhadap kawat kontak; atau
    - c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  3. penggantung
    - a) dipasang pada kawat pemikul dan memegang kawat kontak;
    - b) ketentuan pemasangan:
      - 1) interval antar penggantung : maksimum 500 cm;
      - 2) panjang penggantung : minimal 15 cm;
      - 3) pemasangan penggantung yang terletak pada sisi kiri dan kanan tiang transmisi harus dengan jarak simetris; atau

- 4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
4. pemegang kawat kontak  
dipasang pada struktur dengan isolator dan memegang kawat kontak dengan ketentuan sudut kemiringan horizontal untuk memegang kawat kontak maksimum  $15^\circ$  atau sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  5. peralatan penegang otomatis  
dipasang pada tiang transmisi pada kedua ujung pematian kawat kontak dengan ketentuan:
    - a) panjang kawat kontak a - 300 m dengan ATD tipe pegas pada salah satu ujung;
    - b) panjang kawat kontak > 300 sp 600 m dengan ATD tipe pegas di kedua ujung;
    - c) panjang kawat kontak > 600 sp 800 m dengan ATD tipe katrol pada salah satu ujung;
    - d) panjang kawat > 800 m dengan ATD tipe katrol di kedua ujung; atau
    - e) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  6. peralatan pemisah (*sectioning device*)/*overlap section*/FRP
    - a) *overlap section* terdiri atas:
      - 1) ruas putus/*air section*
        - (a) dipasang pada pertemuan 2 titik akhir kawat kontak secara *overlap (overlap section)* untuk memisahkan sistem suplai catu daya;
        - (b) jarak antara kawat kontak satu dengan kawat kontak sebelahnya 30 cm;
        - (c) jarak tiang transmisi pada lokasi *overlap* minimal 50 m;
        - (d) dipasang di depan catu daya atau di lintas di antara 2 (dua) catu daya;
        - (e) di ujung wesel masuk stasiun;
        - (f) dipasang di belakang sinyal dengan jarak minimum 250 m; atau

- (g) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - 2) ruas hubung/ *air joint*
    - (a) dipasang pada pertemuan 2 (dua) titik akhir kawat kontak secara *overlap* (*overlap section*);
    - (b) jarak antara kawat kontak satu dengan kawat kontak sebelahnya minimal 15 cm;
    - (c) jarak tiang transmisi pada lokasi *overlap* minimal 40 m; atau
    - (d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - 3) *Fibre Reinforced Plastic* (FRP):
    - (a) dipasang pada kawat pemikul dan kawat kontak untuk penyekat pada jalur samping dan/atau jalur *crossing*;
    - (b) pada 2 (dua) sisi ujung FRP harus dipasang konektor yang menghubungkan kawat pemikul dan kawat kontak;
    - (c) pemasangan FRP harus rata/horizontal terhadap kawat kontak sehingga aman dilalui *pantograph*; atau
    - (d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
  - 4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- c. sistem *rail conductor*
- 1. *overhead condutor rail*

dipasang dengan digantung pada sepanjang jalan kereta api dan dipegang oleh pemegang *conductor rail* pada setiap penggantung dengan ketentuan:

    - a) tinggi minimal : 430 cm;
    - b) tinggi nominal : 530 cm;
    - c) tinggi maksimal : 570 cm;

- d) gradient/ kemiringan : 5 % untuk jalur utama 15 % untuk jalur samping;
  - e) deviasi maksimum : 20 cm untuk jalur lurus, 30 cm untuk jalur lengkung; atau
  - f) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
2. pemegang *conductor rail*  
dipasang pada struktur dengan isolator atau sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu;
3. peralatan pemisah (*sectioning device*)/ *section insulator*
- a) dipasang pada pertemuan 2 titik akhir *conductor rail* untuk memisahkan sistem suplai catu daya;
  - b) dipasang di lintas di antara 2 (dua) catu daya;
  - c) pada wesel di dalam emplasemen; atau
  - d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
4. *conductor rail joint*
- a) dipasang pada pertemuan 2 (dua) titik akhir persambungan *conductor rail*;
  - b) dilengkapi dengan sistem penguncian yang menjamin kestabilan terhadap getaran dan benturan; atau
  - c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- d. fasilitas pendukung
1. tiang
- a) tiang dipasang dalam ruang bebas sebelah kanan atau kiri jalur kereta api minimal dari sumbu rel:
    - 1) jarak minimal as *track* ke pinggir tiang 2,75 m;;
    - 2) jarak normal as *track* ke pinggir tiang 3,00 m;
    - 3) dipasang dengan fondasi tipe I dan/atau tipe T sesuai tabel di bawah;
    - 4) fondasi I tipe digunakan pada *track* lurus;
    - 5) fondasi T tipe digunakan pada *track* lengkung, kemiringan badan *track*, pematian transmisi, dan tanah yang labil;

- 6) fondasi I dan T kedalaman sesuai dengan tabel; atau
- 7) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

Tabel fondasi tipe I

Tipe	Tinggi Fondasi (mm)	Momen yang Diizinkan (t-m)	
		Tipe 1	Tipe 2
1-17	1700	2.8	3.4
1-18	1800	3.1	3.8
1-20	2000	3.8	4.5
1-22	2200	4.5	5.4

Tabel fondasi tipe T

Tipe	Tinggi Fondasi (mm)	Momen yang Diizinkan (t-m)	
		Tipe 3	Tipe 4
1-20	2000	6.0	3.6
1-22	2200	7.1	4.2
1-24	2400	6.0	5.0
1-26	2600	9.6	5.7

- b) jarak antara as tiang ke as tiang untuk sistem katenari:
- 1) untuk tiang yang digunakan sebagai *injection point, overlap section*, saklar pemisah minimal 3,5 m;
  - 2) maksimum jarak antar tiang 60 m;
  - 3) untuk tiang transmisi jarak antara tiang sesuai dengan radius jalur kereta api (tabel dan rumus):

$$S = \sqrt{D \times 16 \times R}$$

S = Jarak antar tiang

D = Deviasi

Deviasi untuk *track* lurus = 300 mm

Deviasi untuk *track* lengkung = 200 mm

R = Radius *track*

Tabel jarak antara as tiang

No.	Radius	Jarak (m)
1.	$R \geq 1200$ m	60
2.	$R \geq 1050$ m	55
3.	$R \geq 850$ m	50
4.	$R \geq 700$ m	45
5.	$R \geq 550$ m	40
6.	$R \geq 400$ m	35
7.	$R \geq 300$ m	30
8.	$R \geq 200$ m	25

c) jarak antara as tiang ke as tiang untuk sistem *rail conductor* 12 m untuk kecepatan kereta api maksimum 250 km/jam atau sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

2. *pole band*

*pole band* dipasang pada tiang untuk mengikat struktur pada tiang. *Pole Band* harus terpasang kencang dan penguatan dengan *bolt* dan *nut* harus disesuaikan seperti pada tabel berikut:

<i>Bolt</i> Diameter	Momen Torsi (N-cm)
M 16	9408
M 20	16660
M22	24500

atau sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

3. temberang

dipasang pada tiang-tiang pematian transmisi atau sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

4. isolator

a) isolator yang berupa tipe *suspension* dipasang dengan persyaratan:

- 1) pada struktur tiang sebagai penggantung dan/atau pemegang transmisi tenaga listrik;
  - 2) pada tiang pematian jaringan transmisi; atau
  - 3) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b) isolator yang berupa tipe *rod* dipasang dengan persyaratan pada struktur *steading equipment*; atau
- c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
5. batang penyangga, dipasang pada tiang, sejajar dan/atau tegak lurus dengan jalur kereta api; atau
6. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- e. proteksi
1. kawat pentanahan atas
    - a) dipasang pada struktur jaringan yang paling atas dengan sudut proteksi  $45^\circ$  atau sesuai dengan aturan yang berlaku;
    - b) dilengkapi dengan sistem pentanahan dengan interval maksimal 250 m;
    - c) diantara interval 250 m dilengkapi dengan tanduk api; atau
    - d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  2. *arrester*
    - a) dipasang pada kawat penyulang dengan interval maksimal 500 m;
    - b) dilengkapi dengan sistem pentanahan dengan interval maksimal 500 m; atau
    - c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  3. sistem pentanahan
    - a) pentanahan terpasang dengan menggunakan batang pentanahan dengan kedalaman minimal 3 m;
    - b) pemasangan penyalur kabel pentanahan melalui lubang pada tiang beton (tersembunyi), dan apabila tidak memungkinkan melalui lubang dalam tiang maka

- kabel pentanahan harus menggunakan pelindung;  
atau
- c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu;
- 4. atau sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- f. jaringan distribusi daya untuk tipe DE *wire* dan *twisted cable*
- 1. dipasang pada struktur dengan menggunakan isolator;
  - 2. jarak aman kawat penyulang terhadap struktur minimum 30 cm dan terhadap bangunan-bangunan lain minimum 120 cm;
  - 3. khusus untuk tipe OE *wire*:
    - a) jarak antar fasa minimum 80 cm;
    - b) jarak antar sambungan dengan menggunakan pematian maksimum 500 m; atau
    - c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - 4. khusus tipe *twisted cable* setiap sambungan dipasang pentanahan; atau
  - 5. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

### 3.1.5 Persyaratan Teknis

- a. Persyaratan Operasi
  - 1. harus dapat menyalurkan daya secara terus-menerus untuk menggerakkan kereta listrik;
  - 2. harus dapat menjamin tidak terjadi kebocoran listrik sepanjang jaringan;
  - 3. harus dilengkapi dengan sistem proteksi jaringan; atau
  - 4. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b. Persyaratan Material untuk Peralatan Transmisi Arus Searah
  - 1. sistem penyulang
    - a) kawat penyulang harus memenuhi persyaratan:
      - 1) bahan : tembaga;
      - 2) ukuran : sesuai kapasitas yang direncanakan;
      - 3) jenis : *wire*; atau

- 4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - b) cabang penyulang harus memenuhi persyaratan:
    - 1) bahan : tembaga;
    - 2) ukuran : sesuai kapasitas yang direncanakan;
    - 3) jenis : *wire*; atau
    - 4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - c) saklar pemisah harus memenuhi persyaratan:
    - 1) jumlah kutub : 1 kutub;
    - 2) tegangan : sesuai tegangan sistem;
    - 3) arus : sesuai hasil perhitungan;
    - 4) jenis : kait/tuas;
    - 5) isolator : minimum porselen; atau
    - 6) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
  - d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
2. sistem katenari
- a) kawat kontak harus memenuhi persyaratan:
    - 1) bahan : tembaga dan/atau kombinasi;
    - 2) ukuran : sesuai hasil perhitungan;
    - 3) konduktivitas : minimal 80 %;
    - 4) kekuatan tarik : minimal 39,8 kN; atau
    - 5) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - b) kawat pemikul harus memenuhi persyaratan:
    - 1) bahan : *steel*;
    - 2) ukuran : minimal 90 mm<sup>2</sup>;
    - 3) jenis : kawat serabut/ *stranded wire*;
    - 4) kekuatan tarik : minimal 57,7 kN;
    - 5) lapisan *coating galvanis* : minimal 250 gram/m<sup>2</sup>;
    - 6) tipe puntiran : tipe S; atau
    - 7) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

- c) *feeder messenger wire* harus memenuhi persyaratan:
- 1) bahan : minimal tembaga kombinasi;
  - 2) ukuran : minimal 116 mm<sup>2</sup>;
  - 3) jenis : kawat serabut/ *stranded wire*;
  - 4) kekuatan tarik : minimal 61 kN; atau
  - 5) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- d) kawat penggantung berupa *steel* harus memenuhi persyaratan:
- 1) bahan : baja
  - 2) jenis : - pita baja; dan  
- batang baja;
  - 3) ukuran : - pita baja minimal 15 mm<sup>2</sup>;  
dan  
- batang baja minimal 5 mm<sup>2</sup>;  
atau
  - 4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- e) kawat penggantung berupa tembaga harus memenuhi persyaratan:
- 1) bahan : tembaga;
  - 2) jenis : - kawat serabut fleksibel; dan  
- batang;
  - 3) ukuran : - kawat serabut fleksibel minimal 16 mm<sup>2</sup>; dan  
- batang minimal 5 mm<sup>2</sup>; atau
  - 4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- f) kawat penggantung yang bersifat isolator harus memenuhi persyaratan:
- 1) bahan : minimal *fibre*;
  - 2) jenis : pita; atau
  - 3) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- g) pemegang kawat kontak (*pull off/ steadying equipment*) harus memenuhi persyaratan:
- 1) bahan : aluminium kombinasi;

- 2) jenis : tarik dan/atau tekan;
- 3) ukuran panjang
  - (a) tipe lengkung : minimal 90 cm;
  - (b) tipe lurus : minimal 60 cm; atau
  - (c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
- 4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- h) peralatan penegang berupa tipe *pulley* harus memenuhi persyaratan:
  - 1) *pulley* : alumunium kombinasi;
  - 2) *axle* : batang baja;
  - 3) *bearing* : *deep groove*;
  - 4) *wire rope* : *zinc plating*;
  - 5) *counter weight* : beton bertulang;
  - 6) ukuran perbandingan *counter weight* dengan beban tarik minimal 1 : 5; atau
  - 7) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- i) peralatan penegang berupa tipe pegas harus memenuhi persyaratan:
  - 1) bahan pegas : baja;
  - 2) *body* : *carbon steel*;
  - 3) kekuatan minimum : 400 kgf;
  - 4) efisiensi minimum : 97 %; atau
  - 5) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- j) peralatan pemisah berupa *overlap air section* harus memenuhi persyaratan:
  - 1) *air section*
    - (a) bahan pemisah : minimal isolator porselen;
    - (b) bahan pengikat isolator : iron *casting galvanis*;

- (c) jarak antar kawat *trolley*  
horizontal : minimal 30 cm;
  - (d) jarak antar kawat vertikal : minimal 20 cm;
  - (e) jarak antar tiang : minimal 50 m  
untuk *overlap*;  
atau
  - (f) sesuai dengan spesifikasi desain yang  
mengacu ke standar internasional atau  
nasional tertentu.
- 2) ruas hubung/ *air joint*
- (a) bahan pemisah : minimal  
isolator  
porselen;
  - (b) bahan pengikat isolator : iron *casting*  
galvanis;
  - (c) jarak antar kawat kontak  
horizontal : maksimal  
15 cm;
  - (d) jarak antar kawat vertikal : 30 cm;
  - (e) jarak antar tiang : minimal 40 m  
untuk *overlap*;  
atau
  - (f) sesuai dengan spesifikasi desain yang  
mengacu ke standar internasional atau  
nasional tertentu.
- 3) FRP (*Fiberglass Reinforced Plastic*)
- (a) *insulator body* : *glass based,*  
*silicon resin*  
*treatment*;
  - (b) *metal fitting* : *aluminium*  
*bronze castings*;
  - (c) *hanger metal* : *copper and*  
*copper alloy*  
*sheets, plates,*  
*strip and coiled*  
*sheets*;
  - (d) *bending strength* :  $\geq 13 \text{ kgf i mm}^2$ ;

- (e) *tensile strength* :  $\geq 10 \text{ kgf i mm}^2$ ;
  - (f) *withstand voltage* :  $\geq 3 \text{ kv i mm}^2$ ;
  - (g) *withstand tensioning load* :  $\geq 2000 \text{ kgf} - 5$   
menit; atau
  - (h) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
  - 4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
  - k) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
3. sistem *rail conductor* harus memenuhi persyaratan:
- a) *overhead conductor rail* harus memenuhi persyaratan:
    - 1) bahan : alumunium *alloy*;
    - 2) ukuran : sesuai hasil perhitungan;
    - 3) konduktivitas : sesuai kebutuhan; atau
    - 4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - b) pemegang *conductor rail (steadying equipment)* harus memenuhi persyaratan:
    - 1) bahan : alumunium kombinasi;  
atau
    - 2) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - c) peralatan pemisah berupa *section insulator* harus memenuhi persyaratan:
    - 1) *failing load* : minimal 32 kN;
    - 2) *operation load* : 10 kN; atau
    - 3) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - d) *conductor rail joint*
    - 1) bahan pengikat : aluminium *alloy*; atau
    - 2) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
4. fasilitas pendukung
- a) tiang harus memenuhi persyaratan:
    - 1) bahan tiang : beton;

- 2) diameter tiang : 350 mm untuk jalur kereta api lurus dan 400 mm khusus dititik pematian;
- 3) *bending* : sesuai perencanaan perhitungan beban;
- 4) tinggi tiang beton : minimal 11 m; atau
- 5) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

(1)	(2)	(3)	(4)	
Panjang (m)	Titik Ketinggian dari <i>Kop Rei</i> yang dapat dibebani (m)	Kedalaman Tiang yang ditanam (m)	Desain <i>Moment</i> pada titik pembebanan (kgf - m)	
			Diameter	
			(350mm)	(400 mm)
11 <sup>1)</sup>	8.85	1.9	5000 6500 7500	11000
12	9.75	2.0	5000 6500 7500	11000
13	10.55	2.2	7500	11000
14	11.35	2.4	7500	11000

b) *pole band* harus memenuhi persyaratan:

- 1) bahan : plat baja galvanis;
- 2) baut pengikat : baja galvanis;
- 3) *fastening* torsi : sesuai dengan ukuran baut berdasarkan perhitungan perencanaan;
- 4) ukuran : - diameter sesuai dengan diameter tiang;

- plat sesuai tipe *pole band*; atau

- 5) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

Tipe <i>Pole Band</i>	Vertikal (N)	Horizontal (N)	Turning Torque (N-cm)
A	-	11760	-
B1	-	5880	-
B2	-	24500	-
B3	-	39200	-
D1	-	5880	-
D2	-	6860	1470
D3	10780	13720	1470
V1	16460	45080	-
V2	16460	45080	-
F1	-	9800	-
K1	10780	34300	-
K2	10780	34300	-

- c) temberang harus memenuhi persyaratan:

- 1) bahan : *steel wire*;
- 2) ukuran : minimal ST 55 untuk titik pematian OHGW minimal ST 90 untuk pematian *trolley* dan *messenger* minimal ST 135 untuk pematian kawat penyulang dan pemikul;
- 3) sudut pemasangan : maksimal 45°; atau
- 4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

- d) fasilitas pendukung yang berupa isolator harus memenuhi persyaratan:

- 1) bahan : minimal porselen;
- 2) bahan pengikat

- isolator : minimal *iron casting galvanis*  $\geq 50\text{mg/cm}^2$ ;
  - 3) kuat tarik : - harus lebih besar dari beban perencanaan yang ditentukan; dan  
- dikalikan dengan *safety factor* 2.5; atau
  - 4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - e) fasilitas pendukung yang berupa batang penyangga harus memenuhi persyaratan:
    - 1) bahan : baja siku galvanis;
    - 2) ukuran : sesuai hasil perhitungan; atau
    - 3) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
  - f) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
5. proteksi
- a) proteksi yang berupa kawat pentanahan atas harus memenuhi persyaratan:
    - 1) bahan : *galvanized steel stranded wire* (ST);
    - 2) ukuran : minimal  $55\text{ mm}^2$ ;
    - 3) *tensile strength* : minimal 3630 kgf;
    - 4) *conductor resistance at 20°C* : maksimal 2.500 Ohm/km;
    - 5) berat lapisan galvanis : minimal  $230\text{g/m}^2$ ; atau
    - 6) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - b) proteksi yang berupa *arrester* harus memenuhi persyaratan:
    - 1) harus dapat setiap saat menyalurkan arus bila terjadi tegangan lebih/petir;
    - 2) kapasitas *discharge* : minimal 50 kA;

- 3) waktu *discharge* : minimal 8/20 mikro  
*second*;
  - 4) tegangan : +20 % dari tegangan  
sistem;
  - 5) arus *impulse* : 200 kA (8/20 mikro  
*second*); atau
  - 6) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke  
standar internasional atau nasional tertentu.
- c) proteksi yang berupa sistem pentanahan harus  
memenuhi persyaratan:
- 1) bahan : minimal batang tembaga;
  - 2) nilai pentanahan : maksimal 5 Ohm;
  - 3) kawat pentanahan : minimal tembaga *sifanded*  
luas penampang 35 mm<sup>2</sup>;  
atau
  - 4) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke  
standar internasional atau nasional tertentu; atau
- d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke  
standar internasional atau nasional tertentu.
6. jaringan distribusi daya
- a) jaringan distribusi daya yang berupa OE *wire* harus  
memenuhi persyaratan:
- 1) tegangan nominal : sesuai tegangan  
distribusi;
  - 2) bahan : tembaga;
  - 3) ukuran : maksimal 35 mm<sup>2</sup>;
  - 4) minimal dilengkapi pelindung *wire*; atau
  - 5) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke  
standar internasional atau nasional tertentu.
- b) jaringan distribusi daya yang berupa *twisted cable*  
dengan *messenger* harus memenuhi persyaratan:
- 1) bahan : minimal aluminium;
  - 2) jenis : 3 *core stranded*;
  - 3) ukuran : maksimal 35 mm<sup>2</sup>;
  - 4) tensi/*load* : sesuai kapasitas  
perencanaan

- 5) *messenger* : *steel wire diameter* minimal 50 mm<sup>2</sup>;
- 6) isolasi : minimal PE; atau
- 7) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
- c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

### 3.2 Transmisi Tenaga Listrik untuk Arus Searah Aliran Bawah (Rel Tambahan)

#### 3.2.1 Fungsi

peralatan transmisi tenaga listrik untuk arus searah berfungsi untuk menyalurkan arus searah guna menggerakkan kereta api bertenaga listrik aliran bawah.

#### 3.2.2 Jenis

transmisi tenaga listrik untuk arus searah aliran bawah minimal terdiri atas:

- a. sistem rel tambahan, digunakan sebagai penyalur daya listrik minimal terdiri atas rel metal kontak dan sistem sambungan antar rel metal kontak;
- b. fasilitas pendukung, digunakan sebagai sarana pendukung pada sistem rel tambahan;
- c. sistem proteksi, digunakan pada rel tambahan sebagai pengaman terhadap keselamatan, mencegah kerusakan pada jaringan dan meningkatkan kontinuitas pelayanan yang datang dari sistem itu sendiri maupun dari luar sistem; dan
- d. spesifikasi desain rel tambahan yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

#### 3.2.3 Persyaratan Penempatan

- a. sistem rel tambahan:
  - 1. terletak di sepanjang jalur kereta api; dan
  - 2. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b. fasilitas pendukung:
  - 1. terhubung dengan sistem rel tambahan di sepanjang jalur; dan
  - 2. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

- c. sistem proteksi  
sesuai dengan spesifikasi desain peralatan proteksi yang menjamin keselamatan pada saat operasi dan pemeliharaan.

#### 3.2.4 Persyaratan Pemasangan

- a. sistem rel tambahan  
sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu dan memenuhi standar keselamatan internasional atau nasional yang berlaku.
- b. fasilitas pendukung  
sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu dan memenuhi standar keselamatan internasional atau nasional yang berlaku.
- c. sistem proteksi  
sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu dan menjamin keselamatan pada saat operasi dan pemeliharaan.

#### 3.2.5 Persyaratan Teknis

- a. Persyaratan Operasi
  1. harus dapat menyalurkan daya secara terus-menerus untuk menggerakkan kereta listrik;
  2. harus dapat menjamin tidak terjadi kebocoran listrik sepanjang jaringan;
  3. harus dilengkapi dengan sistem proteksi jaringan;
  4. harus mempunyai *rating* kapasitas yang sesuai dengan sistem yang direncanakan;
  5. harus memiliki fasilitas pengamanan untuk perawatan; dan
  6. tersedia fasilitas stop darurat/*emergency stop*; atau
  7. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b. Persyaratan Material
  1. sistem rel tambahan  
sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  2. fasilitas pendukung  
sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  3. sistem proteksi

sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

### 3.3 Transmisi Tenaga Listrik untuk Arus Bolak-Balik Aliran Atas

#### 3.3.1 Sistem Penyulang/*Feeding System*

##### 3.3.1.1 Fungsi

sistem penyulang/*feeding system* berfungsi untuk menyalurkan daya listrik dari catu daya listrik ke kawat kontak.

##### 3.3.1.2 Jenis

- a. kawat penyulang dan pemikul/*feeder messenger wire*;
- b. *connector*, dan
- c. *transformer*:
  1. *Auto Transformer* (AT);
  2. *Booster Transformer* (ST); atau
  3. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
- d. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

##### 3.3.1.3 Persyaratan Penempatan

- a. kawat penyulang dan pemikul dipasang antara tiang dengan jalur kereta api dengan menggunakan isolator yang digantung pada tiang atau kontruksi lainnya yang kokoh;
- b. *connector* terletak antara kawat penyulang dengan kawat kontak;
- c. *auto transformer* dan *booster transformer* terletak di sepanjang jalur kereta api; atau
- d. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

##### 3.3.1.4 Persyaratan Pemasangan

- a. kawat penyulang dan pemikul
  1. dipasang pada struktur dengan menggunakan isolator;
  2. dipasang di atas sejajar dan satu sumbu dengan kawat kontak;
  3. jarak antara kawat penyulang dan pemikul dan kawat kontak minimal 15 cm; atau
  4. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b. *connector* dipasang minimal secara kokoh;

- c. *transformer*:
  - 1. *auto transformer* dipasang dengan interval  $\pm 10$  km sepanjang jalur kereta api;
  - 2. *booster transformer* dipasang dengan interval  $\pm 3$  km sepanjang jalur kereta api; atau
  - 3. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
- d. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

#### 3.3.1.5 Persyaratan Teknis

- a. Persyaratan Operasi
  - 1. harus dapat menyalurkan daya secara terus-menerus untuk menggerakkan kereta listrik;
  - 2. harus dapat menjamin tidak terjadi kebocoran listrik sepanjang jaringan;
  - 3. harus dilengkapi dengan sistem proteksi jaringan; atau
  - 4. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b. Persyaratan Material
  - 1. kawat penyulang dan pemikul
    - a) bahan : tembaga;
    - b) ukuran : sesuai kapasitas direncanakan;
    - c) jenis : *wire*; atau
    - d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - 2. *connector*
    - a) bahan : tembaga;
    - b) ukuran : sesuai kapasitas direncanakan;
    - c) jenis : *wire*; atau
    - d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - 3. *transformer*
    - a) *Auto Transformer (AT)*:
      - 1) jumlah fasa : 1  $\theta$ ;
      - 2) frekuensi : 50 Hz;
      - 3) tegangan primer : sesuai perencanaan;
      - 4) tegangan sekunder : sesuai perencanaan;

- 5) kapasitas : sesuai perencanaan;
  - 6) impedansi : maksimal 15 %; atau
  - 7) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b) *Booster Transformer (BT)*:
- 1) transformer : rasio 1 : 1;
  - 2) jumlah fasa : 1  $\theta$ ;
  - 3) frekuensi : 50 Hz;
  - 4) tegangan primer : sesuai perencanaan;
  - 5) tegangan sekunder : sama dengan tegangan primer;
  - 6) kapasitas : sesuai perencanaan;
  - 7) impedansi : maksimal 15 %; atau
  - 8) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
- c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
4. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

### 3.3.2 Sistem Katenari

#### 3.3.2.1 Fungsi

sistem katenari berfungsi untuk menyalurkan daya listrik dari sistem penyulang ke kereta api listrik.

#### 3.3.2.2 Jenis

- a. kawat kontak;
- b. penggantung/ *hanger*;
- c. *steading equipment*;
- d. *pull of equipment*;
- e. peralatan penegang otomatis/ *automatic tensioning device* terdiri atas:
  1. tipe katrol/ *pulley type*;
  2. *spring type*;
  3. *hidrolic type*; atau
  4. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- f. *overlap section* terdiri atas:
  1. ruas putus/ *overlap air section*;

2. ruas hubung/ *overlap air joint*; atau
  3. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- g. *section device* terdiri atas:
1. *overlap air section*;
  2. *section insulator*; atau
  3. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
- h. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

### 3.3.2.3 Persyaratan Penempatan

terletak di sepanjang jalur kereta api.

### 3.3.2.4 Persyaratan Pemasangan

- a. kawat kontak dipasang di atas sumbu jalan kereta api dengan tinggi:
1. minimum : 4,3 m dari kop rel;
  2. standar : 5,3 m dari kop rel;
  3. maksimal : 5,7 m dari kop rel;
  4. gradien:
    - a) jalur utama :  $\leq 5/\text{mil}$ ;
    - b) jalur samping :  $\leq 15/\text{mil}$ ; atau
    - c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  5. deviasi:
    - a) jalur lurus : 300 mm;
    - b) lengkung : 200 mm; atau
    - c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
  6. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b. penggantung/ *hanger*:
1. dipasang antara kawat pemikul dengan kawat kontak dengan interval 5 m;
  2. panjang penggantung minimal 15 cm; atau
  3. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

- c. *cantilever*:
  - 1. dipasang pada tiang melintang jalur kereta api di atas kawat pemikul;
  - 2. jarak *cantilever* dari kawat pemikul minimal jarak 40 cm dengan menggunakan minimal 2 (dua) isolator; atau
  - 3. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- d. *pull of equipment* dan *steading equipment*:
  - 1. dipasang melintang jalur kereta api untuk memegang kawat kontak;
  - 2. sudut antara kawat kontak dan *pull of* maksimal 30°; atau
  - 3. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- e. peralatan penegang otomatis:
  - 1. dipasang pada akhir kawat kontak yang diikat pada tiang pematian;
  - 2. jarak di bawah 400 m menggunakan tipe *spring* dan *fixed*;
  - 3. jarak 400 m - 600 m menggunakan 2 tipe *spring*;
  - 4. jarak 600 m - 800 m menggunakan tipe katrol dan *fixed*;
  - 5. jarak 800 m ke atas menggunakan tipe katrol; atau
  - 6. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- f. *overlap section*
  - 1. ruas putus/*overlap air section*
    - a) dipasang di depan catu daya atau di lintas di antara 2 catu daya;
    - b) di ujung wesel masuk stasiun;
    - c) dipasang di belakang sinyal; atau
    - d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - 2. ruas hubung/*overlap air joint*
    - a) dipasang pada ujung pematian kawat kontak dan kawat pemikul selain *air section*;
    - b) antara kawat kontak dan kawat pemikul dipasang konektor; atau

- c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
- 3. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
- g. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

#### 3.3.2.5 Persyaratan Teknis

##### a. kawat kontak

- 1. bahan : minimal tembaga;
- 2. ukuran : sesuai perencanaan untuk AC;
- 3. konduktivitas : minimal 80 %;
- 4. kekuatan tarik : minimal 21 kN;
- 5. kemampuan panas penghantar/  
*thermal stability* : minimum 15<sup>0</sup> C; atau
- 6. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

##### b. penggantung

- 1. bahan : minimal tembaga;
- 2. ukuran : sesuai kapasitas yang direncanakan;
- 3. jenis : *wire*;
- 4. bentuk : sesuai dengan desain rencana; atau
- 5. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

##### c. peralatan pemegang kawat kontak/*steadying equipment*

- 1. bahan : sesuai dengan desain rencana;
- 2. ukuran : sesuai dengan desain rencana;
- 3. bentuk : sesuai dengan desain rencana; atau
- 4. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

##### d. peralatan pemegang kawat kontak/*pull off equipment*

- 1. bahan : sesuai dengan desain rencana;
- 2. ukuran : sesuai dengan desain rencana;
- 3. bentuk : sesuai dengan desain rencana; atau
- 4. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

- e. peralatan penegang otomatis
  - 1. peralatan penegang otomatis tipe katrol
    - a) bahan *pulley* : minimal besi tuang/*iron castings*;
    - b) ukuran : sesuai dengan desain rencana;
    - c) bentuk : sesuai dengan desain rencana;
    - d) *pulley ratio* : maksimal 1 : 5;
    - e) tali penarik : diameter sesuai beban;
    - f) bahan tali penarik : baja anti karat; atau
    - g) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - 2. *automatic tension device spring type*
    - a) bahan *spring* : minimal baja/*steel*;
    - b) bahan tabung : minimal *carbon steel*;
    - c) *tensioning strength* : sesuai beban;
    - d) efisiensi : 97 %; atau
    - e) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - 3. *automatic tension device hidrolic type*
    - a) bahan : minimal besi tuang/*iron castings*;
    - b) ukuran : sesuai dengan desain rencana;
    - c) bentuk : sesuai dengan desain rencana;
    - d) *ratio* : maksimal 1 : 5;
    - e) tali penarik : diameter sesuai beban;
    - f) bahan tali penarik : baja anti karat; atau
    - g) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
  - 4. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

- f. *sectioning device*
1. ruas putus/*overlap air section*
    - a) jarak span : minimal 50 m;
    - b) jarak antara dua kawat yang sejajar : 40 cm;
    - c) jarak antara kawat vertikal : 20 cm; atau
    - d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  2. ruas hubung/*overlap air joint*
    - a) jarak span : minimal 40 m;
    - b) jarak antara dua kawat yang dipisahkan : 15 cm;
    - c) jarak antara kawat vertikal : 30 cm; atau
    - d) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  3. *section insulator*
    - a) pembagian seksi tegangan pada kawat pemikul dengan menggunakan isolator;
    - b) pembagian seksi tegangan pada kawat kontak dengan menggunakan *Fiberglass Reinforced Plastic (FRP)*; atau
    - c) sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
  4. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
- g. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

### 3.3.3 Sistem *Rail Conductor*

#### 3.3.3.1 Fungsi

sistem *rail conductor* berfungsi untuk menyalurkan daya listrik dari sistem penyulang ke kereta api listrik.

### 3.3.3.2 Jenis

sistem *rail conductor* dapat terdiri atas:

- a. *overhead conductor rail*
  1. *conductor rail profile*; dan
  2. *trolley wire*/ kawat kontak.
- b. pemegang *conductor rail/pull off/steadying equipment*;
- c. peralatan pemisah/*sectioning device/section* insulator;
- d. *conductor rail joint*; atau
- e. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

### 3.3.3.3 Persyaratan Penempatan

penempatan sistem *rail conductor* terdiri atas:

- a. *overhead conductor rail*, terletak di atas sepanjang jalan kereta api;
- b. pemegang *conductor rail*, terletak antara *conductor rail profile* dengan bagian penggantung;
- c. peralatan pemisah, terletak pada pemisah antar *section overhead conductor rail*;
- d. *conductor rail joint*, terletak pada persambungan antar *overhead conductor rail*; atau
- e. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

### 3.3.3.4 Persyaratan Pemasangan

pemasangan sistem *rail conductor* sebagai berikut:

- a. *overhead conductor rail*

dipasang dengan digantung pada sepanjang jalan kereta api dan dipegang oleh pemegang *conductor rail* pada setiap penggantung dengan ketentuan:

  1. tinggi minimal : 430 cm;
  2. tinggi nominal : 530 cm;
  3. tinggi maksimal : 570 cm;
  4. *gradient*/kemiringan : 5 % untuk jalur utama 15 % untuk jalur samping;
  5. deviasi maksimum : 20 cm untuk jalur lurus, 30 cm untuk jalur lengkung; atau

6. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b. pemegang *conductor rail*  
dipasang pada struktur dengan isolator atau sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - c. peralatan pemisah (*sectioning device*)/ *section insulator*
    1. dipasang pada pertemuan 2 titik akhir *conductor rail* untuk memisahkan sistem suplai catu daya;
    2. dipasang di lintas di antara 2 (dua) catu daya;
    3. pada wesel di dalam emplasemen; atau
    4. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
  - d. *conductor rail joint*
    1. dipasang pada pertemuan 2 (dua) titik akhir persambungan *conductor rail*;
    2. dilengkapi dengan sistem penguncian yang menjamin kestabilan terhadap getaran dan benturan; atau
    3. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

#### 3.3.3.5 Persyaratan Teknis

- a. *overhead conductor rail* harus memenuhi persyaratan:
  1. bahan : alumunium *alloy*;
  2. ukuran : sesuai hasil perhitungan;
  3. konduktivitas : sesuai kebutuhan; atau
  4. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b. pemegang *conductor rail (steading equipment)* harus memenuhi persyaratan:
  1. bahan : alumunium kombinasi; atau
  2. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- c. peralatan pemisah berupa *section insulator* harus memenuhi persyaratan:
  1. *failing load* : minimal 32 kN;
  2. *operation load* : 10 kN; atau

3. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

d. *conductor rail joint* harus memenuhi persyaratan:

1. bahan pengikat : aluminium *alloy*; atau
2. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

### 3.3.4 Fasilitas Penunjang

#### 3.3.4.1 Fungsi

fasilitas penunjang berfungsi untuk mendukung beroperasinya peralatan transmisi tenaga listrik.

#### 3.3.4.2 Jenis

- a. tiang/*pole*;
- b. *pole band*;
- c. batang penyangga/*beam*;
- d. *cantilever*;
- e. insulator;
- f. temberang/*guy wire*; atau
- g. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

#### 3.3.4.3 Persyaratan Penempatan

terletak di sepanjang jalur kereta api.

#### 3.3.4.4 Persyaratan Pemasangan

- a. tiang dipasang dalam ruang bebas sebelah kanan atau kiri jalur kereta api minimal:
  1. dari sumbu rel minimal 2,75 m, normal 3 m;
  2. jarak antara tiang ke tiang maksimum 60 m; atau
  3. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b. *pole band* dipasang pada tiang;
- c. batang penyangga dipasang pada tiang tegak lurus jalur kereta api;
- d. isolator dipasang pada *beam* dan tiang sebagai penggantung dan/atau pemegang transmisi tenaga listrik;
- e. temberang dipasang pada tiang-tiang yang membutuhkan kestabilan; atau

- f. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

#### 3.3.4.5 Persyaratan Teknis

a. tiang:

1. bahan : beton/ *steel*;
2. diameter : sesuai perencanaan perhitungan beban;
3. *bending* : sesuai perencanaan perhitungan beban;
4. tinggi : minimal 11 m; atau
5. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

b. *pole band*:

1. bahan : plat baja galvanis, ukuran sesuai dengan perencanaan;
2. baut pengikat : baja galvanis, ukuran sesuai perencanaan;
3. *fastening torsi* : sesuai dengan ukuran baut berdasarkan perhitungan perencanaan;
4. ukuran : sesuai dengan perencanaan; atau
5. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

c. batang penyangga:

1. bahan : baja siku ukuran sesuai perencanaan;
2. baut pengikat : baja galvanis, ukuran sesuai perencanaan;
3. *fastening torsi* : sesuai dengan ukuran baut berdasarkan perhitungan perencanaan;
4. ukuran : sesuai dengan perencanaan; atau
5. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

d. *cantilever*:

1. bahan : baja bulat ukuran sesuai perencanaan;
2. baut pengikat : baja galvanis, ukuran sesuai perencanaan;
3. *bending moment* : sesuai ukuran perencanaan;
4. ukuran : sesuai dengan perencanaan; atau

5. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

e. isolator:

1. bahan : minimal porselen;
2. bahan pengikat isolator : minimal *iron casting* galvanis  $\geq 50\text{mg/cm}^2$ ;
3. ukuran : sesuai desain perencanaan;
4. *electro mechanical* : sesuai desain perencanaan; atau
5. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

f. temberang:

1. bahan : kawat baja/*steel wire*;
2. ukuran : sesuai desain perencanaan;
3. sudut pemasangan : minimal  $45^\circ$ ; atau
4. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau

- g. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

### 3.3.5 Proteksi

#### 3.3.5.1 Fungsi

proteksi berfungsi untuk melindungi peralatan transmisi tenaga listrik dari tegangan dan arus lebih.

#### 3.3.5.2 Jenis

- a. kawat pentanahan atas;
- b. *arrester*;
- c. sistem pentanahan; atau
- d. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

#### 3.3.5.3 Persyaratan Penempatan

terletak di sepanjang jalur kereta api.

#### 3.3.5.4 Persyaratan Pemasangan

- a. kawat pentanahan atas
  1. dipasang pada struktur jaringan yang paling atas dengan sudut proteksi  $45^\circ$ ;

2. dilengkapi dengan sistem pentanahan dengan interval maksimal 250 m;
  3. diantara interval 250 m dilengkapi dengan tanduk api/*arching horn*; atau
  4. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b. *arrester*
1. dipasang pada *feeder wire* dengan interval maksimal 500 m;
  2. dilengkapi dengan sistem pentanahan dengan interval maksimal 500 m; atau
  3. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- c. sistem pentanahan/*grounding device*
1. pentanahan terpasang dengan menggunakan batang pentanahan/*grounding rode* dengan kedalaman minimal 3 m;
  2. pada titik pentanahan harus menggunakan tiang beton;
  3. pemasangan penyalur kabel petanahan melalui lubang pada tiang beton (tersembunyi); atau
  4. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
- d. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

#### 3.3.5.5 Persyaratan Teknis

- a. kawat pentanahan atas:
1. bahan : *steel wire galvanized*;
  2. ukuran diameter : minimal 55 mm<sup>2</sup>;
  3. sudut proteksi : 45<sup>0</sup>; atau
  4. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b. *arrester*:
- harus mampu meneruskan tegangan *surja/surge voltage* dan tegangan *impulse* tanpa menimbulkan kerusakan peralatan.
- c. peralatan pentanahan:
1. bahan : minimal batang tembaga;

2. nilai tahanan pentanahan : maksimal 1 Ohm; atau
3. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu; atau
- d. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

### 3.3.6 Jaringan Distribusi Daya

#### 3.3.6.1 Fungsi

jaringan distribusi daya berfungsi untuk-penggerak peralatan listrik bagi sistem persinyalan, telekomunikasi dan fasilitas penunjang yang lain.

#### 3.3.6.2 Jenis

jaringan distribusi daya dapat berupa:

- a. OE *wire*;
- b. kabel; atau
- c. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

#### 3.3.6.3 Persyaratan Penempatan

terletak di sepanjang jalur kereta api.

#### 3.3.6.4 Persyaratan Pemasangan

jaringan distribusi daya dipasang di sepanjang jalur kereta api di sebelah luar tiang atau sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.

#### 3.3.6.5 Persyaratan Teknis

- a. jaringan distribusi daya yang berupa OE *wire* harus memenuhi persyaratan:
  1. tegangan nominal : sesuai tegangan distribusi;
  2. bahan : minimal tembaga;
  3. ukuran : sesuai kebutuhan;
  4. isolasi : minimal dilengkapi pelindung *wire*; atau
  5. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- b. jaringan distribusi daya yang berupa kabel harus memenuhi persyaratan:

1. bahan : minimal aluminium;
  2. ukuran : sesuai kebutuhan;
  3. *tensi /load* : sesuai kapasitas perencanaan;
  4. isolasi : minimal PE; atau
  5. sesuai dengan spesifikasi desain yang mengacu ke standar internasional atau nasional tertentu.
- 

MENTERI PERHUBUNGAN  
REPUBLIK INDONESIA,

ttd

BUDI KARYA SUMADI