

BAB II

STANDARD KONSTRUKSI SUTM YANG DIPAKAI

2.1. Saluran Udara (Overheadline)

Sistem daya listrik secara umum dapat dibagi menjadi sistem pembangkit dan sistem distribusi. Dengan adanya keperluan untuk pengembangan sistem dimasa yang akan datang, maka pembagian sistem distribusi dapat dikembangkan menjadi beberapa bagian yaitu :

- Gardu induk transmisi
- Sistem subtransmisi
- Gardu induk distribusi
- Jaringan primer
- Gardu distribusi
- Jaringan sekunder dan pelayanan

Bagian-bagian tersebut diatas berlaku untuk semua sistem distribusi dan berlaku untuk bentuk konstruksinya, misalnya saluran udara (overhead line) dan saluran bawah tanah (under ground cable). Gardu induk distribusi mempunyai struktur jaringan radial dengan penyaluran daya melalui saluran udara (overhead line) dan saluran bawah tanah (under ground cable).

Saluran udara (overhead line) meliputi :

- Saluran utama (main line) dengan Circuit Breaker (CB) sebagai proteksi, di GI.
- Saluran pencabangan dihubungkan ke saluran utama melalui pemutus (pole top switch).

Gardu tiang (pole mounted transformer) dilindungi dengan lightning arrester dan fuse cut out. Hubungan saluran udara yang menuju ke gardu portal dilindungi dengan lightning arrester. Luas penampang saluran utama (main utama) adalah 240 mm^2 atau 150 mm^2 , bila memungkinkan 300 mm^2 . Pemasangan Pole top switch di pasang tiap 4 km, Pole top switch hendaknya dipasang lurus sepanjang saluran melalui daerah yang memungkinkan untuk dipasang Pole top switch. Dua saluran utama dapat dihubungkan dengan satu pole top switch, artinya dalam keadaan darurat (emergency) supply daya terjamin.

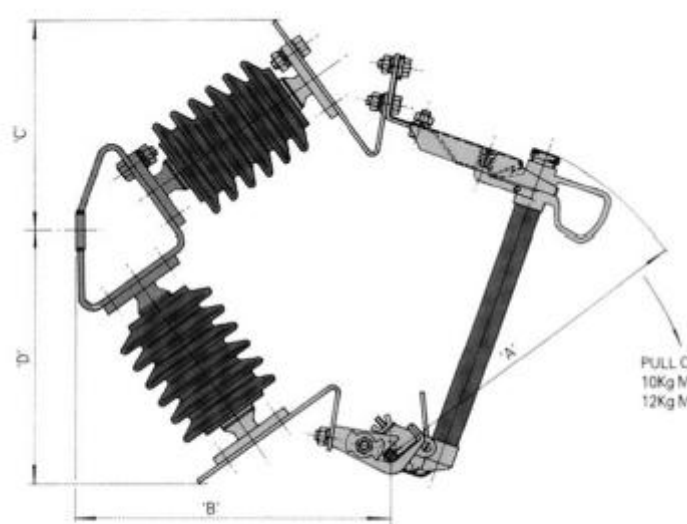
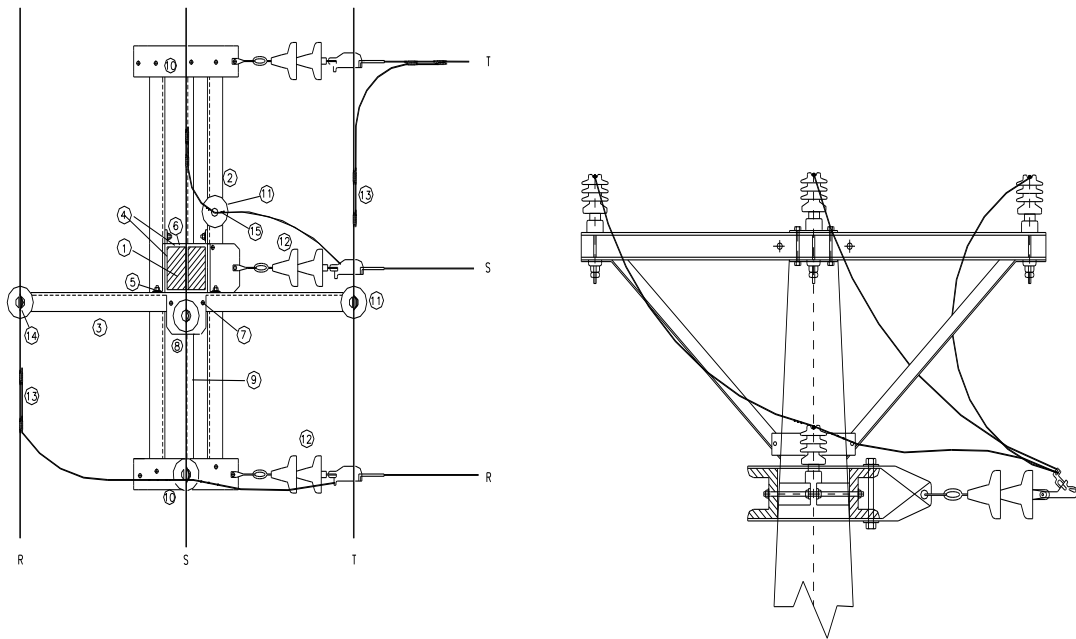


Figure 11.6 Expulsion fuse arrangement

Gambar 2.1. Fuse cut out

Luas penampang saluran pencabangan (T-off) lebih kecil dari saluran utama ($150, 70, 35 \text{ mm}^2$). Hubungan antara dua saluran pencabangan (T-off) tidak diperbolehkan bila saluran pencabangan terlalu panjang saluran pencabangan tersebut perlu dipasang dengan pole top switch/fuse cut out.



Gambar 2.2. Pencabangan (T-off)

Pada dasarnya gardu distribusi mempunyai 2 (type) yaitu:

- Gardu tiang (Pole mounted)

Untuk transformator dengan kapasitas < 400 KVA dapat digunakan type gardu tiang. Gardu tersebut dipasang pada saluran pencabangan akan tetapi dapat dihubungkan ke saluran utama.

- Gardu tembok (Concrete substation)

Transformator dengan kapasitas lebih besar dari 400 KVA dapat digunakan type gardu tembok dengan cubicle pasangan dalam (Indoor Cubicle) dilengkapi dengan isolating switch dan fuse. Untuk kondisi lapangan yang sempit type gardu tembok dapat dikembangkan menjadi gardu tembok bertingkat.

2.2. Tegangan nominal

Tegangan nominal adalah 20 kV, maximum 24 kV titik netral trafo daya 150/20 di G.I. dibumikan melalui tahanan. Untuk wilayah JABODETABEK tahanan pembumiannya 12 ohm. Arus kesalahan dititik netral dibatasi sampai 300 Amper untuk saluran udara. Untuk jaringan yang menggunakan kabel tanah dibatasi sampai 1000 Amper.

Tabel 2.1. Daftar klasifikasi penghantar

Ø Nominal	Ø Real	Susunan	Ø Max	Berat
35 mm ²	34 mm ²	25/10,7 serat	7,5 mm	94 kg /km
70 mm ²	66 mm ²	21/10,19 serat	10,6 mm	208 kg /km
150 mm ²	147 mm ²	25,5/10,37 serat	15,7 mm	407 kg /km
240 mm ²	228 mm ²	28/10,37 serat	19,6 mm	627 kg /km

Penampang yang digunakan :

- 150 mm² untuk main line.
- 70 mm² untuk branch / percabangan yang cukup panjang, sistem jaringan siap untuk dikembangkan menjadi 150 mm².
- 35 mm² untuk percabangan yang perkembangannya masih rendah.

Pemakaian penampang ini didasarkan atas kerapatan beban yang dilayani. Jarak rata-rata gawang untuk saluran tunggal (singel line) adalah 90 meter menggunakan PIN isolator , bila menggunakan suspension isolator jarak maksimum 120 meter.

2.3. Jarak Aman

Sistem jaringan distribusi primer adalah bagian dari sistem tenaga listrik diantara gardu induk dan gardu distribusi. Jaringan distribusi primer ini umumnya terdiri dari jaringan tiga fasa, yang jumlah kawatnya tiga atau empat. Untuk menyalurkan tenaga listrik pada jaringan distribusi primer digunakan hantaran udara. Hantaran distribusi ini dibentangkan sepanjang daerah yang disuplai tenaga listrik sampai pada pusat beban ujung akhir.

2.3.1. Jarak antar konduktor

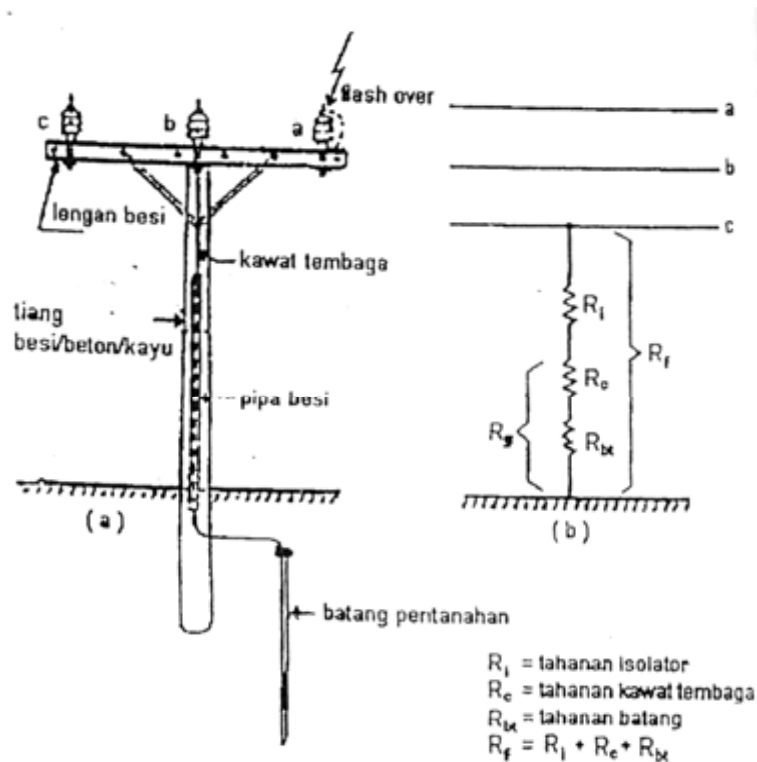
- Untuk formasi horizontal menggunakan isolator pin adalah 800 mm.
- Untuk formasi vertikal menggunakan suspension isolator adalah 950 mm.
- Untuk formasi horizontal menggunakan suspension isolator 1100 mm.

Jarak ke struktur bila tanpa angin 1500 mm, jika ada angin 200 mm. Jarak aman terhadap tanah antara konduktor tegangan menengah terendah dengan tanah 7 meter pada temperatur 60°C tanpa angin, sedangkan jarak antara dua saluran udara pada tiang yang sama adalah 1 meter, sedangkan jarak saluran pada tiang terpisah adalah 2 meter.

Sebagai penghantar daya dipakai konduktor A3C berurat dipilin, dipakai A3C disebabkan beberapa hal :

- Berat kira-kira sama dengan A2C, lebih ringan dari copper maupun ACSR
- Lendutan kecil
- Secara mekanis lebih kuat dari A2C
- Harga masih cukup rendah dan lebih stabil

Umumnya terdiri dari jaringan tiga fasa, yang jumlah kawatnya tiga atau empat, untuk menyalurkan tenaga listrik pada jaringan distribusi bisa digunakan penghantar udara atau penghantar kabel bawah tanah.



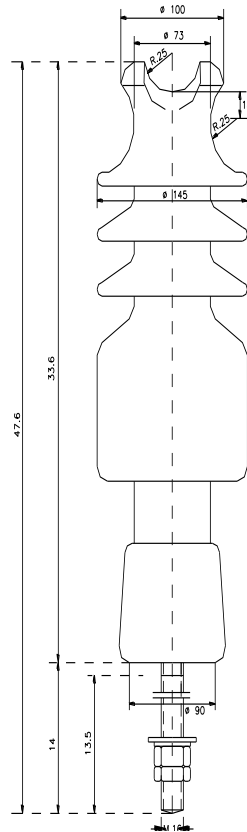
Gambar 2.3. SUTM saat terjadi gangguan

2.3.2. Isolator

Masing-masing konduktor didukung isolator dikedua ujungnya pada lengan persilangan pada masing-masing tiang, dan memiliki rentang panjang tertentu dan kelonggaran. Dipakai pin post insulator, agar tidak perlu mempergunakan pengetanahan, demikian juga untuk isolator penegang. Bahan terbuat dari porcelain atau gelas, asal memenuhi persyaratan elektris maupun mekanis.

Spesifikasi yang dipakai ini sesuai dengan IEC yang di publisir No. 383 tahun 1976, isolator type PIN dapat digunakan untuk konduktor sampai 150 mm².

Bila konduktor yang digunakan 240 mm^2 , harus menggunakan isolator tarik (Suspension Isolator).



Gambar 2.4. Post Insulator

2.4. Sifat Penghantar

Sifat-sifat yang harus dimiliki penghantar ialah :

1. Daya hantar listrik

Arus listrik mengalir dalam penghantar selalu mengalami tahanan dari penghantar itu sendiri, besarnya tahanan tergantung bahannya. Penghantar listrik dapat berbentuk padat. Yang berbentuk padat pada umumnya logam, elektrolit dan logam cair (air raksa) merupakan

penghantar cair, udara yang diionisasikan dan gas-gas mulia (*neon*, *krypton* dan sebagainya) sebagai penghantar berbentuk gas.

2. Koefisien suhu tahanan

Bahan akan mengalami perubahan isi apabila terjadi perubahan suhu, akan memuai jika suhu naik dan menyusut jika bertambah dingin. Hal ini akan mempengaruhi besar nilai tahanannya. Bahan penghantar yang paling banyak ialah tembaga. Tembaga merupakan bahan penghantar yang paling baik setelah perak, harganya pun murah dan mudah didapat, akhir-akhir ini juga banyak digunakan bahan aluminium dan baja sebagai bahan penghantar walaupun tahanan jenisnya agak besar.

3. Daya hantar panas

Yakni menunjukkan jumlah panas yang melalui lapisan bahan tiap satuan waktu, mempunyai satuan kkal. Daya hantar panas sering diperhitungkan dalam pemakaian mesin listrik dan peralatannya, kabel dan sebagainya. Pada umumnya logam mempunyai daya hantar panas yang tinggi sedangkan pada bahan-bahan bukan logam akan menjadi rendah.

4. Kekuatan tegangan tarik

Sifat mekanis ini penting terutama untuk hantaran di atas tanah, maka bahan yang akan dipakai harus diketahui kekuatannya, terlebih-lebih menyangkut tegangan tinggi.

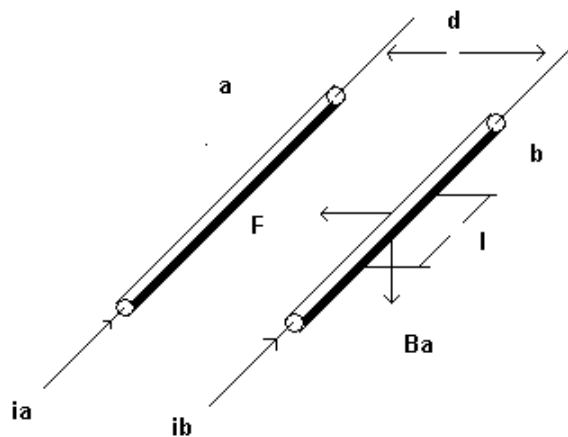
5. Timbulnya daya elektromotoris thermo

Sifat ini penting sekali, yaitu dua titik kontak yang terbuat dari dua bahan yang berlainan, karena pada rangkaian arus akan terbangkit daya

elektromotoris thermo sendiri bila ada perubahan suhu, karena daya elektromotoris ini dapat tinggi sehingga dapat menyimpangkan pengukuran arus atau tegangan listrik yang sangat kecil. Besarnya perbedaan tegangan yang terbangkit tergantung dari sifat-sifat kedua bahan tersebut dan sebanding dengan perbedaan suhu, ini dinamakan daya elektromotoris thermo.

2.4.1. Dua Penghantar yang Sejajar

Gambar 2.5 memperlihatkan dua kawat sejajar yang terpisah sejauh d terhadap satu sama lain yang menghantarkan arus-arus i_a dan i_b . Diantara dua penghantar itu akan saling tarik menarik dan kuat hantar arus listrik yang mengalir dalam kawat akan menurun bila kawat itu menjadi panas sebab hambatan listrik suatu kawat akan bertambah besar dengan kenaikan suhu.



Gambar 2.5. Dua kawat sejajar yang menghantarkan arus-arus sejajar akan saling tarik menarik.

Berdasarkan eksperimen Oersted maka tarikan diantara kedua penghantar ini adalah merupakan suatu hasil yang jelas dan tidak perlu dibuktikan. Jika kawat a dan kawat b masing-masing mengerahkan gaya pada sebuah jarum kompas maka kawat-kawat tersebut haruslah saling mengerahkan gaya terhadap satu sama lain. Ini terjadi karena kawat memotong fluksi magnet, jika sepotong kawat (konduktor) digerakan dalam medan magnet, maka pada ujung-ujungnya akan timbul beda potensial yang dinamakan tegangan induksi.

Pada kawat a di dalam gambar 2.5 akan menghasilkan sebuah medan magnet B_a Pada semua titik yang berada di dekatnya. Besarnya B_a yang ditimbulkan oleh arus i_a , ditempat kawat kedua, dari persamaan adalah

$$B_a = \frac{\mu_0 \times i_a}{2\pi d} \quad \dots\dots(2.1)$$

Dimana :

B_a = Medan magnet (Tesla)

i_a = Kuat arus listrik (Ampere)

d = Jarak diantara dua kawat (Meter)

μ_0 = Permittivitas magnetic

kaidah tangan kanan memperlihatkan bahwa arah B_a pada kawat b adalah ke bawah, seperti yang diperlihatkan di dalam gambar tersebut.

Pada kawat b , yang memuat sebuah arus i_b , adalah merupakan kawat yang dicelupkan di dalam sebuah medan magnet luar B_a . Panjang L dari kawat ini akan mengalami sebuah gaya magnet luar B_a .

Panjang L dari kawat ini akan mengalami sebuah gaya magnet yang mengarah ke samping ($I \times B$) yang besarnya adalah :

$$F_b = i_b l B_a = \frac{\mu_0 \times i_b \times i_a}{2\pi d} \quad \dots\dots(2.2)$$

Dimana :

F	= Besar gaya lorentz	(Newton)
B_a	= Induksi magnetik	(Tesla)
i_b	= Kuat arus listrik	(Ampere)
i_a	= Kuat arus listrik	(Ampere)
L	= Panjang kawat di dalam medan magnet	(Meter)

Letak F_b diantara bidang yang melalui kedua kawat dan menunjuk ke kiri seperti pada gambar 2.5. Dapat dimulai dengan kawat b, menghitung medan magnet yang dihasilkannya ditempat kawat a, dan kemudian menghitung gaya pada kawat a. Gaya pada kawat a untuk arus-arus sejajar, akan menunjuk ke kanan. Gaya-gaya yang diberikan oleh kedua kawat tersebut terhadap satu sama lain adalah sama besarnya dan berlawanan arahnya, sebagaimana mestinya menurut hukum aksi dan reaksi Newton. Untuk arus-arus yang berlawanan arah (antiparallel current) maka kedua kawat tersebut akan saling tolak-menolak.

2.4.2. Ukuran Penghantar

Hampir setiap negara mempunyai standar ukuran penghantar sendiri yang satu sama lain berbeda, tetapi diantara sekian banyak standar ukuran penghantar

tersebut yang paling banyak dipakai adalah AWG (*American Wire Gauge*) dan ukuran yang berdasarkan penampang mm².

- a. Ukuran kecil # 2 diameter : 0.162 inchi
- b. Ukuran menengah # 6 diameter : 0,292 inchi
- c. Ukuran terbesar dalam standard AWG adalah # 0000 disingkat dengan 4/0 yang berdiameter setengah inchi

Untuk diameter yang lebih besar dari 1,5 inchi digolongkan menurut (*Circular Mils*). Pada dasarnya sirkular mils adalah satuan unit area, atau didefinisikan penampang dari suatu penghantar padat yang mempunyai diameter seper- seribu inchi (satu mil). Secara matematik ukuran suatu penghantar (dalam sirkular mil) diwakili dengan kuadrat dari diameter penghantar yang ukur dalam mil yaitu : Ukuran (dalam CM) = (diameter dalam²).

2.5. TIANG

2.5.1. Tiang Besi

Tiang besi terbuat dari baja berbentuk tabung bagian atas tertutup dengan memotong bagian yang tampak. Karakteristik utama adalah :

- Panjang keseluruhan : 9 meter, 11 meter dan 13 meter.
- Tinggi diukur dari permukaan tanah : 7,5 meter, 9,2 meter dan 11 meter .
- Beban kerja 10 cm dibawah puncak tiang : 200 daN, 350 daN, 500 daN, 800daN, 1200 daN.

Pada dasarnya karakteristik utama tiang besi dan tiang beton adalah sama, perbedaannya hanya pada bentuk tiangnya saja.

2.5.2. Tiang Beton

Sebagaimana penyangga SUTM dipakai, penggunaan tiang beton dipertimbangkan karena dalam memproduksi kandungan local cukup tinggi, selain juga maintenance free.

Tiang beton untuk SUTM yang konduktornya 150 dan 70 mm² ini dipakai 350 daN / 11 meter, karena memperhitungkan kekuatan angin. Selain 11meter 350daN dan dipakai juga 13 meter / 350 daN bila daerah yang menuntut lebih tinggi, misalnya karena adanya bangunan-bangunan tinggi, pohon-pohon produktif atau karena profil tanah agar batasan-batasan clearance tetap terpenuhi.

Untuk daerah DKI Jaya dan Tangerang tidak menggunakan stay. Oleh sebab itu untuk sudut kecil digunakan tiang beton 500 daN ditambah pondasi beton, untuk sudut besar digunakan tiang beton 1200 daN ditambah pondasi beton.

Khusus untuk tiang beton bulat dipakai top diameter 190 mm dan tebal tutup 30 mm. Penanaman tiang $\frac{1}{6}$ x panjang tiang.

Tabel 2.2. Penanaman Tiang

Panjang Tiang (Meter)	Penanaman (Meter)
9	1,5
11	1,8
13	2

Jika keadaan tanah jelek, untuk tiang 200 daN pemancangan tiang memerlukan pondasi. Pemancangan tiang yang memerlukan pondasi, koordinasi dengan sipil pendukung sangat diperlukan.