

BAB II

KONSTRUKSI KABEL TANAH DAN ISOLASI KABEL XLPE

2.1 Umum

Kabel tanah merupakan konduktor berisolasi untuk menyalurkan tenaga listrik yang terdiri dari kabel berinti tunggal (*single core*) atau berinti banyak (*multi core*). Kabel tanah diberi isolasi dan dilapisi pelindung kabel guna menghindari dari pengaruh luar seperti garam-garam tanah, air dan bahan kimia yang terdapat di dalam tanah.

Tegangan pengenal untuk kabel tegangan menengah dinyatakan dengan U_o/U (U_m), contohnya seperti berikut :

6/10 (12) kV

12/20 (24) kV

U_o adalah tegangan yang diukur antara pengahantar dan bumi (*phase to neutral voltage*).

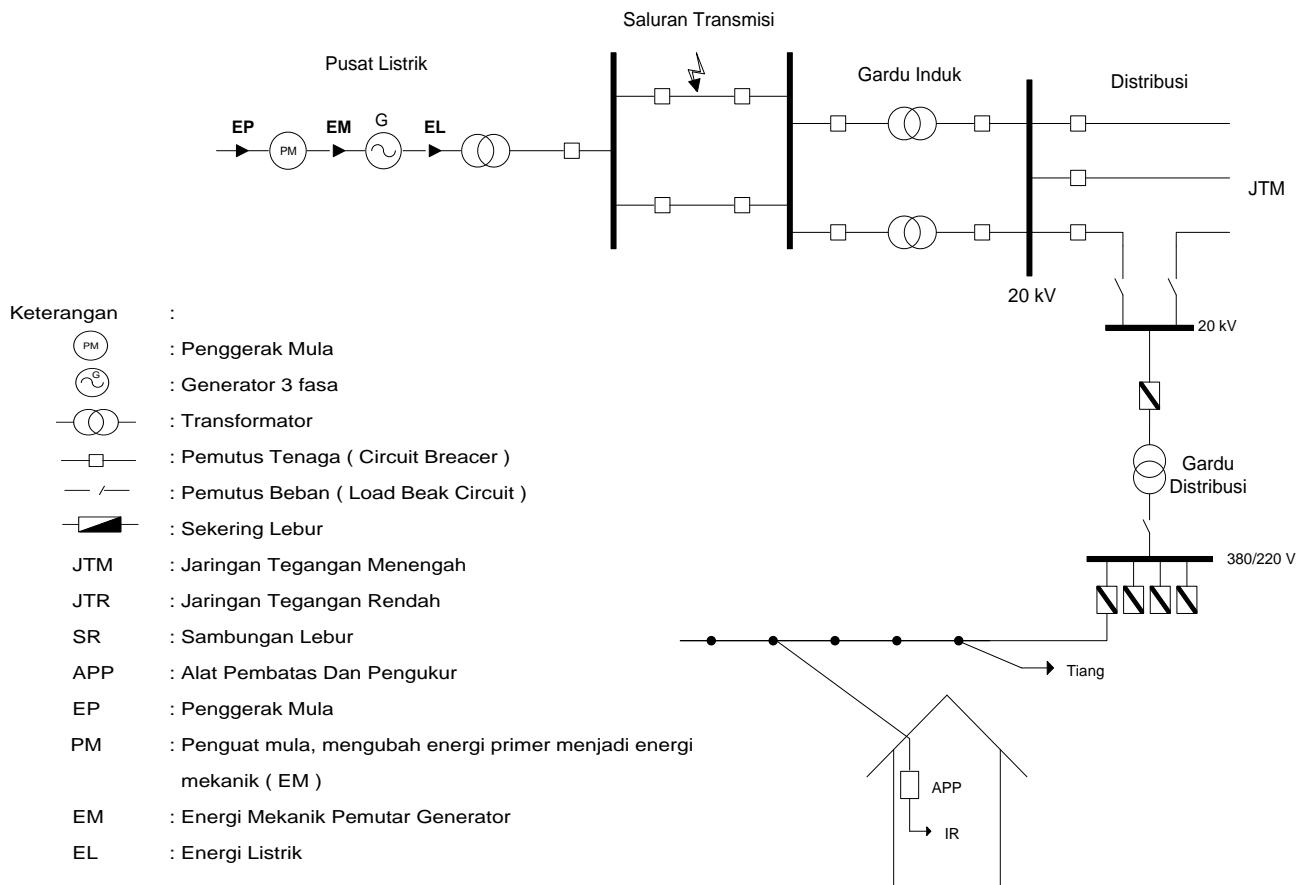
U adalah tegangan yang diukur antara masing-masing pengahantar (*phase to phase voltage*).

U_m adalah nilai maksimum tegangan sistem tempat kabel dipasang.

2.2 Proses Penyediaan Tenaga Listrik

Dalam pusat tenaga listrik, energi primer (Energi dari alam : Bahan bakar, tenaga air) dikonversi menjadi energi mekanik oleh penggerak

mula yang memutar generator yang akan menghasilkan tenaga lisrik seperti pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Proses penyediaan tenaga listrik.

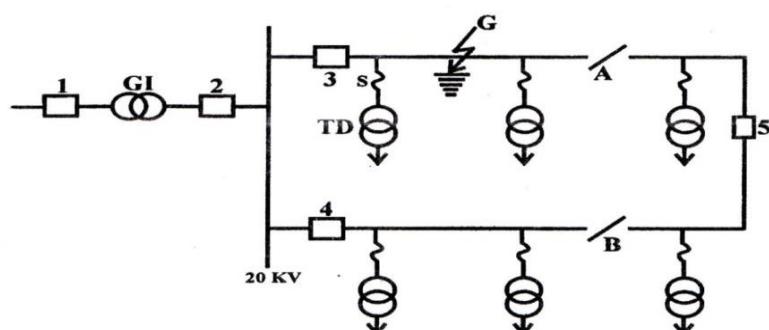
Guna menyalurkan tenaga listrik yang dibangkitkan oleh suatu pusat pembangkit ke tempat-tempat yang membutuhkan tenaga listrik tersebut, maka diperlukan saluran transmisi dan saluran distribusi tenaga listrik. Saluran transmisi dan saluran distribusi tersebut berfungsi sebagai saluran penghubung antara pusat pembangkit listrik, gardu induk, ke pusat beban. Untuk membedakan saluran transmisi dengan saluran distribusi tenaga

listrik dapat dilihat dari besar tegangan pada saluran tersebut, dimana gardu induk berfungsi sebagai pengubah tegangan, sesuai dengan besar tegangan yang harus disalurkan dan saluran distribusi tenaga listrik sampai konsumen. Dalam proses penyaluran tenaga listrik, terdapat saluran transmisi dan distribusi. Pada proses penyalurannya, menggunakan kabel tegangan tinggi maupun kabel tegangan menengah. Dalam saluran distribusi, terdapat 2 penyaluran pada kabel, saluran udara tegangan menengah (SUTM) dan saluran kabel tanah tegangan menengah (SKTM). Dalam pembahasan ini, objek pembicaranya adalah saluran kabel tanah tegangan menengah (SKTM) 20 kV.

2.3 Jenis Jaringan Distribusi Primer

2.3.1 Konfigurasi Ring

Sistem jaringan distribusi yang konfigurasinya menyerupai bentuk Cincin (Ring). Sistem ini memiliki saluran cadangan karena titik bebananya disuplai dari dua penyulang yang berbeda, sehingga bila salah satu penyulang mengalami gangguan maka titik beban tetap dapat menerima suplai dari penyulang yang lain, seperti gambar 2.2.



Gambar 2.2 Konfigurasi Ring

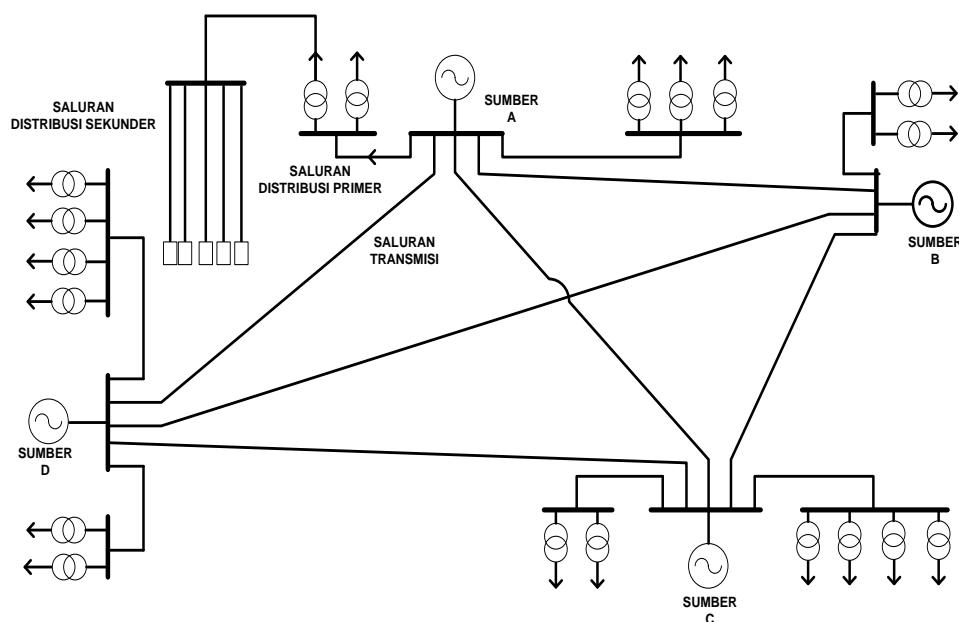
Dalam praktek umumnya Ring dibuka dengan membuka PMT no. 5, karena dalam Jaringan Tegangan Menengah tidak tersedia sistem relay yang memadai untuk menutup Ring seperti halnya pada sistem transmisi. Pada konfigurasi Radial apabila terjadi gangguan pada salah satu feeder maka semua pelanggan yang terhubung pada feeder tersebut terganggu. Apabila gangguan tersebut bersifat permanen dan memerlukan perbaikan terlebih dahulu sebelum dapat dioperasikan kembali, maka pelanggan yang mengalami interupsi pelayanan jumlahnya relatif banyak. Pada Konfigurasi Ring jumlah ini dapat dikurangi.

Misalnya seperti terlihat pada Gambar 2.7 apabila terjadi gangguan di titik G maka PMT no.3 trip. Setelah PMT no.3 dicoba masuk lagi dan trip lagi maka harus dilakukan langkah mencari dan memperbaiki bagian yang terganggu. Setelah PMS A dibuka dan PMT no.5 dimasukkan dan ternyata keadaannya normal maka kerusakan yang menyebabkan gangguan permanen dititik G harus dicari yaitu terletak antara PMS A dan PMT no.3. Selama pencarian dan perbaikan titik G yang terganggu hanya pelanggan yang ada diantara PMS A dan PMT no.3 yang mengalami interupsi pelayanan.

Apabila jumlah PMS Seksi seperti PMS A dan PMS B diperbanyak, maka jumlah pelanggan yang mengalami interupsi pelayanan dapat dikurangi lagi.

2.3.2 Konfigurasi Mesh

Sistem jaringan distribusi yang konfigurasinya memiliki banyak pilihan saluran dan sumber. akibatnya titik bebannya akan disuplai oleh banyak saluran penyulang dan sumber yang berbeda, sehingga sistem ini akan memiliki kontinuitas penyaluran tenaga listrik paling andal, akan tetapi memerlukan biaya investasi yang besar, seperti gambar 2.3.

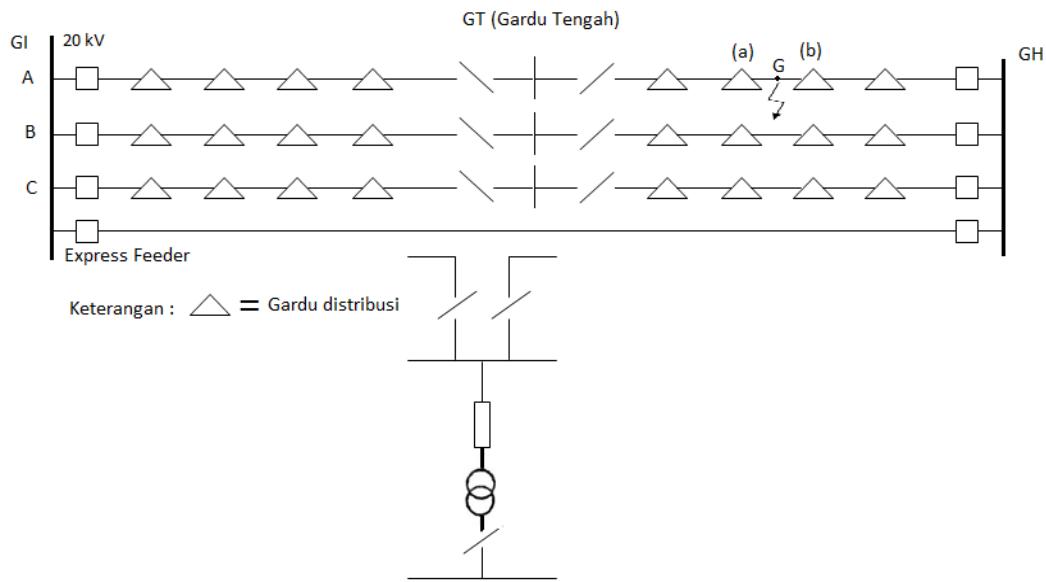


Gambar 2.3 Konfigurasi Mesh

2.3.3 Konfigurasi Spindel

Ciri khas Sistem jaringan distribusi ini adalah memanfaatkan peralatan gardu induk dan gardu hubung serta satu penyulang khusus yang tidak terbebani sebagai penyulang cadangan yang disebut penyulang ekspres. Gardu induk merupakan sumber daya, dan gardu hubung merupakan tempat hubungan ujung-ujung feeder penyaluran daya ke

beban-beban yang bersumber pada gardu induk. Jaringan spindel ini dikembangkan untuk melayani beban-beban industrial yang memiliki nilai potensial ekonomis yang tinggi, seperti gambar 2.4.



Gambar 2.4 Konfigurasi Spindel

Jaringan Tegangan Menengah dengan Konfigurasi Spindel digambarkan oleh Gambar 2.4. Dalam keadaan normal semua PMT dan PMS dari setiap feeder yang keluar dari GI dalam keadaan masuk kecuali PMT dan PMS feeder yang ada di Gardu Hubung (GH). Hanya PMT dan PMS dari express feeder di GH yang dalam keadaan masuk. Misalnya terjadi gangguan di titik G pada feeder A maka PMT pada feeder A di GI trip. Apabila feeder A adalah Kabel Tanah maka PMT pada feeder A tidak boleh dicoba masuk lagi tetapi tempat gangguan harus dicari dan dilokalisir terlebih dahulu. Setelah PMT pada feeder A di GI trip, sistem scada pada pusat pengatur distribusi akan mengetahui titik gangguan berada disebelah

kanan atau kiri GT. Karena letak gangguan disebelah kanan GT maka PMB (pemutus beban) pada GT sebelah kanan dibuka lalu PMT pada GI dimasukkan lagi sehingga pelanggan antara GI dan GT bisa langsung dilayani tanpa terpengaruh gangguan.

Untuk mengetahui tempat gangguan yaitu titik G harus dikirim petugas untuk melihat lampu indikator yang ada pada setiap gardu distribusi yaitu tempat transformator distribusi berada. Apabila lampu indikator hidup berarti tempat gangguan terjadi di arah belakangnya. Jadi kalau gangguan terjadi di titik G maka lampu indikator pada gardu distribusi (a) akan menyala sedangkan indikator pada gardu distribusi (b) tidak menyala. Setelah letak gangguan diketahui yaitu antara gardu distribusi (a) dan (b) maka PMB pada gardu distribusi (a) dibuka arah GT dan PMB pada gardu distribusi (b) dibuka arah GH. Setelah itu PMB feeder tersebut yang terletak di GH dimasukkan sehingga pelanggan dapat dilayani dengan normal.

Setelah bagian yang terganggu di titik G selesai diperbaiki maka konfigurasi jaringan dapat dikembalikan seperti sebelum terjadi gangguan.

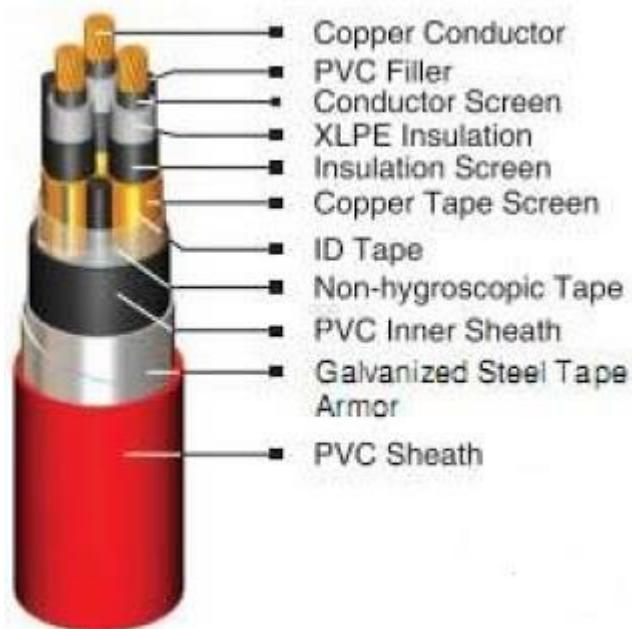
2.4 Konstruksi kabel tanah 20 KV

Kabel inti tunggal XLPE 20 KV pada umumnya terdiri dari kawat tembaga atau aluminium yang dipilin dalam bentuk bulat. Inti ini dilapisi oleh bahan semikonduktor (tabir konduktor), isolasi XLPE dan bahan semikonduktor bagian luar (tabir isolasi) yang dilakukan dengan proses ekstruksi. Lalu dilapisi dengan pita tembaga yang fungsinya sebagai

pertahanan. Lapisan paling luar adalah lapisan PVC yang berfungsi sebagai pelindung dari pengaruh luar.

Dalam pemakaian sehari-hari antara tabir isolasi dan pita / kawat tembaga dilengkapi dengan pita penahan air (water blocking tape), sedangkan untuk melindungi kabel dari kerusakan akibat tekanan mekanik dari luar, maka dibawah lapisan PVC dilengkapi dengan pita baja galvanis.

Dibawah ini adalah konstruksi kabel XLPE dengan bagian-bagiannya



Gambar 2.5 Konstruksi kabel tegangan menengah inti tiga

Konstruksi kabel sebagai konduktor berisolasi dibagi menjadi :

2.4.1 Bagian utama

Bagian utama didalam hantaran yang berisolasi adalah bagian yang harus dimiliki oleh kabel tenaga, yaitu :

1. Penghantar (Condcutor)

Konduktor adalah bagian kabel yang bertegangan dan berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik. Umumnya tidak berupa satu hantaran pejal,tetapi kumpulan kawat yang dipilin agar lebih fleksibel. Dilihat dari penghantarnya, maka kabel dapat dibedakan menjadi kabel yang mempunyai satu inti (*single core*) dan tiga inti (*three core*).

Kuat hantar arus kabel sangat dipengaruhi oleh unsur-unsur campuran pada penghantarnya, kemurnian dan ketidak sempurnaan dalam kristal logam. Unsur-unsur campuran selain mempengaruhi daya hantar listrik juga dapat mempengaruhi sifat-sifat mekanik dan fisik lainnya.

Bahan penghantar yang banyak dipakai untuk kabel tenaga listrik adalah :

a. Tembaga, dengan kemurnian $\pm 99,99\%$, yaitu :

- Kawat tembaga polos (plain wire) tanpa lapisan.

b. Aluminium, dengan kemurnian $\pm 99,3\%$

Dua jenis penghantar tersebut dipilih berdasarkan pertimbangan, nilai ekonomis dan optimalisasi penggunaannya. Penghantar yang digunakan dalam kabel terdiri dari beberapa bentuk sebagai berikut :

- Penghantar bulat tanpa rongga

Merupakan kawat yang dipilin dan membentuk lingkaran (bulat) dimana pada pusat lingkaran tidak terdapat rongga. Penghantar bulat tanpa rongga ini cocok digunakan pada kabel berinti tunggal, sedangkan untuk kabel berinti banyak hanya ekonomis untuk digunakan pada penampang yang kecil.

- Penghantar bentuk sektoral

Penghantar berbentuk sektoral terdiri dari beberapa kawat yang dipilin dan akan membentuk sektor lingkaran. Penghantar bentuk sektoral ini dipasang pada kabel berinti banyak.

2. Isolasi

Isolasi pada kabel bertujuan untuk mencegah terjadinya aliran listrik dari penghantar beroperasi langsung ke tanah atau penghantar lainnya yang berdekatan. Isolasi yang ideal harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

- Mampu menahan stress listrik yang ditimbulkan oleh tegangan bolak-balik
- Tahanan jenis yang tinggi
- Tidak menghisap air / uap air (non hygrokopis)
- Mudah dibengkokkan (fleksibel)
- Tidak mudah terbakar
- Sanggup menahan tegangan impuls yang tinggi
- Dapat bekerja pada suhu rendah atau suhu tinggi

Jenis-jenis isolasi yang saat ini di gunakan dalam kehidupan sehari-hari pada kabel tegangan rendah sampai tegangan tinggi adalah sebagai berikut:

- XLPE (cross linked polyethyline)
- PVC (Polyvinyl Chloride)
- PE (Polyethyline)

a) Isolasi Karet

Isolasi karet adalah isolasi yang mempergunakan bahan karet alam, dimana untuk jenis karet yang dibuat dari bahan sintesis tidak termasuk, karena digolongkan dalam isolasi sintesis. Agar karet bisa dipergunakan sebagai bahan isolasi, maka karet harus dicampur dengan bahan lain misalnya oxide zinc, timbal dan belerang. Untuk mendapatkan sifat-sifat kabel yang lebih baik, maka harus diadakan proses vulkanisasi. Sifat-sifat karet vulkanisasi dan keuntungan dibandingkan karet biasa adalah:

- Lebih elastis
- Umur kabel lebih lama
- Lebih kuat
- Dapat bekerja pada temperatur tinggi

Kerugian karet vulkanisasi adalah dapat merusak tembaga (konduktor) oleh karena itu kawat tembaga harus dilapisi oleh timah putih.

b) Isolasi kertas

Umumnya bahan kertas adalah kayu yang melalui proses kimia, dimana kertas terdiri dari serat-serat panjang berbentuk pipa-pipa rambut yang sangat halus. Untuk memperbaiki sifat isolasi kertas maka harus diresapi dengan minyak isolasi.

c) Isolasi Sintesis

- Elastomer

Adalah bahan isolasi yang dibuat secara sintesis yang menghasilkan bahan yang mempunyai sifat-sifat seperti karet dengan beberapa perbaikan. Sifat elastomer yang paling penting adalah :

- Tahan terhadap minyak
- Tidak terpengaruh terhadap perubahan cuaca
- Bekerja baik pada temperatur rendah maupun tinggi
- Thermoplastik

- PVC (*polivinil chloride*)

Sifat-sifat PVC yang menguntungkan adalah tidak terpengaruh oleh uap air, asam, dan alkali. Tahanan jenisnya dan kekuatan mekanisnya tinggi. Sedangkan keburukan dari bahan PVC ini adalah faktor dielektriknya.

- PE (polyethylene)

Sifat PE yang menguntungkan adalah sifat dielektriknya yang baik dan tidak menghisap air sedangkan keburukannya adalah mudah terbakar pada temperatur tinggi.

- Thermosetting

Untuk memperoleh thermosetting adalah dengan jalan mengalirkan bahan dasar (polimer) ke dalam cetakan disertai dengan pemanasan dan tekanan hingga terjadi perubahan kimia yang sempurna, dimana perubahan kimia lebih berpengaruh pada perubahan fisik. Dengan ini di dapat bahan tahan panas atau dapat bekerja pada temperatur tinggi. Salah satu bahan dari thermosetting ini adalah XLPE (*crosslinked polyethylene*) yang didapat dengan menambahkan peroksida pada polyethylene dalam proses pemanasan dan penekanan, seperti pada proses vulkanisasi maka diperoleh susunan atom yang melintang. Kabel XLPE tidak mudah meleleh dan isolasi yang sangat baik saat ini karena mempunyai suhu kerja

maksimum yang diizinkan yaitu pada temperatur tinggi (90°C). Pada keadaan beban berlebih kabel XLPE masih dapat beroperasi sampai suhu 130°C dan pada keadaan hubung singkat sampai 250°C .

2.4.2 Bagian-bagian pelindung

1. Tabir (*Screen*)

Untuk tegangan kerja yang tinggi, setiap inti kabel dilengkapi dengan suatu lapisan yang disebut tabir(*screen*). Tabir ini berfungsi untuk meratakan distribusi tegangan, oleh karena itu tabir harus dibuat dari bahan semikonduktor seperti kertas berlapis logam atau pita - pita kertas berlapis karbon. Pemasangan tabir adalah antara selubung (*sheath*) dan isolasi, tetapi untuk kabel sintetis dipasang juga antara isolasi dan penghantar.

Fungsi pemasangan tabir (*screen*) adalah :

- Untuk mendapatkan distribusi medan listrik yang radial dan seragam, sehingga tidak terjadi penumpukan tegangan.
- Untuk mengamankan manusia terhadap bahaya listrik.
- Mencegah interferensi gelombang elektromagnetik dengan kabel telekomunikasi yang berada di dekatnya.

Tabir (screen) konduktif adalah lapisan yang terpasang antara lapisan semikonduktif dengan selubung dalam, bila kabel tidak dilengkapi perisai (armour) maka lapisan ini dipasang antara lapisan tabir semikonduktif dan sarung kabel. Tabir (screen) ini dibuat dari bahan penghantar seperti tembaga.

Tabir (screen) semikonduktif adalah lapisan yang melingkupi setiap inti kabel tegangan tinggi. Tabir (screen) ini dibuat dari bahan semi konduktor.

Biasanya pemasangan tabir pada kabel terletak antara selubung (sheath) dan isolasi. Namun pada kabel sintetis, tabir juga dipasang pada isolasi dan konduktor. Macam-macam bentuk pemasangan tabir (screen):

- Pita yang dililitkan sepanjang kabel.
- Pita yang dipasang memanjang dan ditutup dengan cara mekanis.
- Pembalut berbentuk anyaman yang dipasang pada kabel.

Luas penampang geometris lapisan pelindung listrik tidak boleh kurang dari :

- 16 mm² untuk penampang penghantar 35 mm² s/d 120 mm².
- 25 mm² untuk penampang penghantar 150 mm² s/d 300 mm².
- 35 mm² untuk penampang penghantar 400 mm² s/d 1200 mm².

Diameter kawat lapisan pelindung listrik harus tidak kurang dari 0.5 (mm).

2. Selubung (sheath)

Bahan selubung dapat dibagi menjadi tiga golongan, diantaranya :

- Selubung logam, contohnya timbel, aluminium.
- Selubung karet (sintesis), contohnya karet silikon (silicon rubber) polychloreprene.
- Selubung plastik, contohnya PVC.

Fungsi selubung (sheath) adalah :

- Melindungi inti kabel dari pengaruh luar.
- Melindungi kabel terhadap korosi.
- Menahan gaya mekanis.
- Mengamankan kabel terhadap gayalistrik dari luar.
- Mencegah masuknya uap air atau cairan kedalam kabel.
- Untuk kabel kertas yang diserapi minyak (impregnated paper), selubung juga mencegah keluarnya minyak.

3. Bantalan (Bedding)

Bantalan berfungsi sebagai kedudukan perisai dan mencegah terjadinya proses elektrolisa, sehingga tidak merusak bagian dalamnya. Bantalan diletakkan dibawah perisai. Beberapa bahan dari bantalan diantaranya yaitu pita kapas (cotton tape), pita kertas (paper tape), dan jute (serat goni).

Pada kabel isolasi kertas, bantalan dilengkapi dengan kompon kedap air dan mempunyai sifat sebagai berikut :

- Tidak bereaksi dengan selubung dan perisai namun tetap melekat dengan sempurna pada selubung dan perisai.
- Tidak mudah berubah dengan adanya perubahan suhu.
- Tidak mudah sobek bila terkena getaran.

4. Perisai (Armour)

Perisai berfungsi untuk melindungi bahan isolasi dari kerusakan mekanis, karena bahan isolasi mempunyai sifat mekanis yang kurang sempurna. Berdasarkan bentuknya perisai dapat digolongkan menjadi tiga, yaitu :

- Perisai pita baja (steel tape armor)
- Perisai kawat baja (steel wire armor)
- Perisai alumunium (alumunium armor)

5. Bahan Pengisi (Filler)

Pada kabel berinti tiga masih terdapat celah (ruang) setelah pemasangan ketiga intinya. Dengan demikian diperlukan suatu bahan untuk mengisi celah yang masih kosong antara ketiga inti kabel, agar diperoleh bentuk kabel yang bulat. Bahan yang mengisi celah inilah yang disebut bahan pengisi (filler)

6. Jaket Kabel (Serving)

Jaket kabel ini dipasang diatas perisai yang berfungsi sebagai bantalan bagi perisai, dan juga sebagai bagian yang berhubungan langsung dengan media luar di sekitarnya, sehingga jaket kabel merupakan bagian yang pertama kali terkena pengaruh luar.

2.5 Penandaan Kabel

Penandaan pada kabel biasanya terletak pada permukaan selubung luar kabel serta pada kemasan (drum). Pada permukaan selubung luar harus diberi tanda pengenal dengan cetak timbul yang jelas, sehingga tidak mudah terhapus, dengan jarak antara yang tidak melebihi 50 cm.

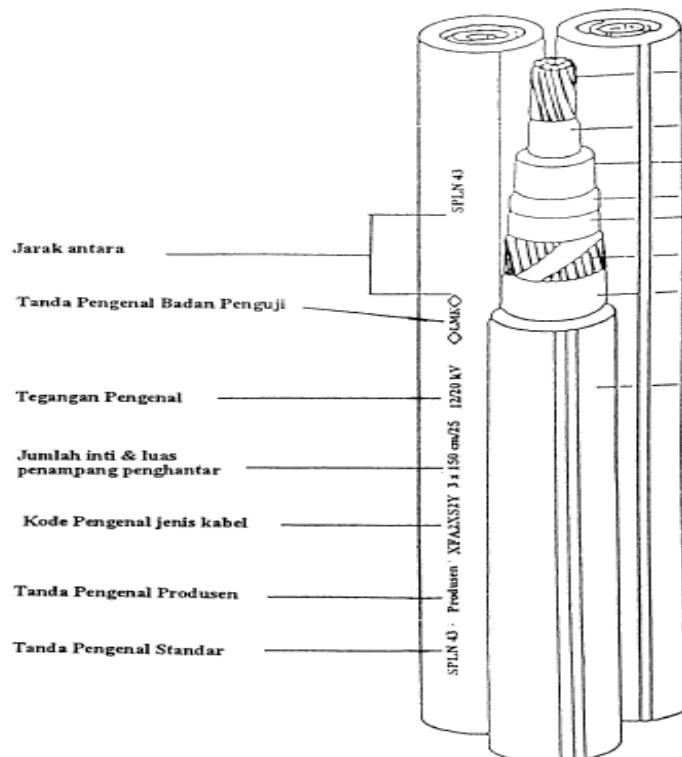
Penandaan sekurang-kurangnya adalah :

- Tanda standar SPLN 43
- Tanda pengenal produsen
- Kode pengenal jenis kabel
- Jumlah konduktor dan luas penampang
- Tanda pengenal
- Tanda pengenal badan uji

Tabel 2.1 Kode pengenal kabel

Huruf kode	Komponen
N	Kabel jenis standar dengan tembaga sebagai konduktor
NA	Kabel jenis standar dengan alumunium sebagai konduktornya
2X	Isolasi XLPE
SE	Lapisan logam tembaga pada masing-masing inti
Y	Selubung dalam PVC
2Y	Selubung luar PE
Y	Selubung luar PVC
FGb	Perisai kawat baja galvanis pipih
RGb	Perisai kawat baja galvanis bulat
B	Perisai pita baja galvanis
Cm	Penghantar di pilin bulat di padatkan
Rs	Penghangtar bulat terdiri dari sektor-sektor

Penandaan kode pengenal dilengkapi dengan jumlah inti, luas penampang konduktor serta tegangan pengenal U_0/U (U_m). Pada setiap kemasan harus tercantum penandaan yang jelas, mudah dibaca dan tidak mudah terhapus. Seperti contoh gambar 2.6.



Gambar 2.6 Penandaan pada kabel

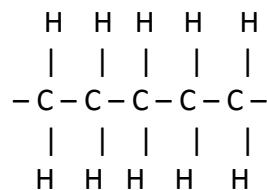
2.6 Isolasi XLPE

Penemuan polyethylene rantai silang (XLPE) rupanya dapat memecahkan sebagian besar masalah yang dimiliki oleh beberapa isolasi lainnya. Seperti masalah karakteristik termal rendah dan sifat listrik yang kurang baik. Sifat-sifat dielektrik yang penting untuk isolasi yaitu tahanan isolasi yang tinggi, kekuatan

dielektris yang tinggi, sifat mekanis yang baik dan tidak bereaksi asam dan lembab.

Untuk daerah tropis, kabel distribusi bawah tanah yang baiknya digunakan adalah jenis yang isolasinya *ethylene propylene rubber* (EPR) atau *cross-linked polyethylene* (XLPE). XLPE adalah sejenis bahan polimer, yaitu zat yang terdiri dari rantai panjang molekul-molekul kecil (*monomer*) yang bergabung menjadi makromolekul. Material ini memenuhi syarat untuk digunakan sebagai isolasi karena ringan dan elastis. Dibandingkan dengan polimer jenis lain, XLPE lebih unggul di lihat dari rugi-rugi dielektrik dan resistivitas termalnya. Titik leburnya lebih tinggi sehingga dapat beroperasi pada suhu 90°C selama 40 tahun.

XLPE memiliki struktur jaring-jaring PE tiga dimensi dengan jembatan intermolekuler. Pembuatannya dilakukan melalui ikat silang (*cross-linking*). PE melalui reaksi kimia biasanya dengan bantuan peroksida dalam kondisi suhu dan tekanan yang tinggi. Hasilnya, perbaikan kinerja dilihat dari segi deformasi termal, penuaan termal dan analisis pengaruh medan keretakan akibat tekanan luar. Selain itu hampir seluruh karakteristik unggul dari PE, seperti permitivitas, faktor dispersi, dan tahanan terhadap kegagalan (*breakdown strength*) tetap dipertahankan. Dibawah ini adalah struktur molekul XLPE.



Gambar 2.7 Struktur XLPE

XLPE memiliki suhu kerja kontinyu 90°C , 130°C dalam keadaan darurat dan 250°C pada keadaan hubung singkat. Diatas 110°C isolasinya akan melunak dan mulai menyala pada suhu 300°C . Penggunaan kabel berisolasi XLPE pada saat ini berkembang pesat didalam pemakaian untuk penyaluran daya listrik. Isolasi XLPE pada kabel bertujuan untuk mencegah terjadinya aliran listrik dari penghantar beroperasi ke tanah atau penghantar lainnya yang berdekatan. Saat ini isolasi XLPE merupakan jenis isolasi yang sangat luas pemakaianya karena sifat mekanis yang cukup baik dan tidak menghisap air.

Berikut keuntungan isolasi XLPE :

- Tahan panas , sehingga tidak mudah meleleh.
- Temperatur kerja yang tinggi (90°c).
- Tahanan isolasi yang tinggi (10^{19} ohm-cm).
- Umur kabel relatif lebih lama
- Tidak menghisap air / uap air (non hygroskopis)

Di samping memiliki keuntungan kabel berisolasi XLPE juga memiliki kekurangan dalam kesempurnaan bahan isolasinya, diantaranya sebagai berikut :

- Bila dipakai pada tegangan tinggi, proses penuaan yang mengurangi umur lebih cepat terjadi.
- Bila terdapat gelombang udara atau partikel didalam isolasi XLPE, maka akan mengakibatkan gejala treeing, sehingga akan menimbulkan kegagalan isolasi.

2.7 Transportasi Kabel Tanah

1. Penentuan Jalur Lintasan Kabel

- Kabel-kabel sebaiknya ditanam pada tanah umum (Negara), di bawah trotoar atau melintang jalan raya.
- Membelokkan arah kabel dengan aturan, jari-jari dibelokkan adalah sekurang-kurangnya 20 kali diameter kabel bagian luar.

2. Lebar Galian

Faktor yang harus diperhatikan adalah jalur yang digunakan penggalian dimana lebar galian harus disesuaikan dengan kondisi sekitarnya. Diantaranya sebagai berikut :

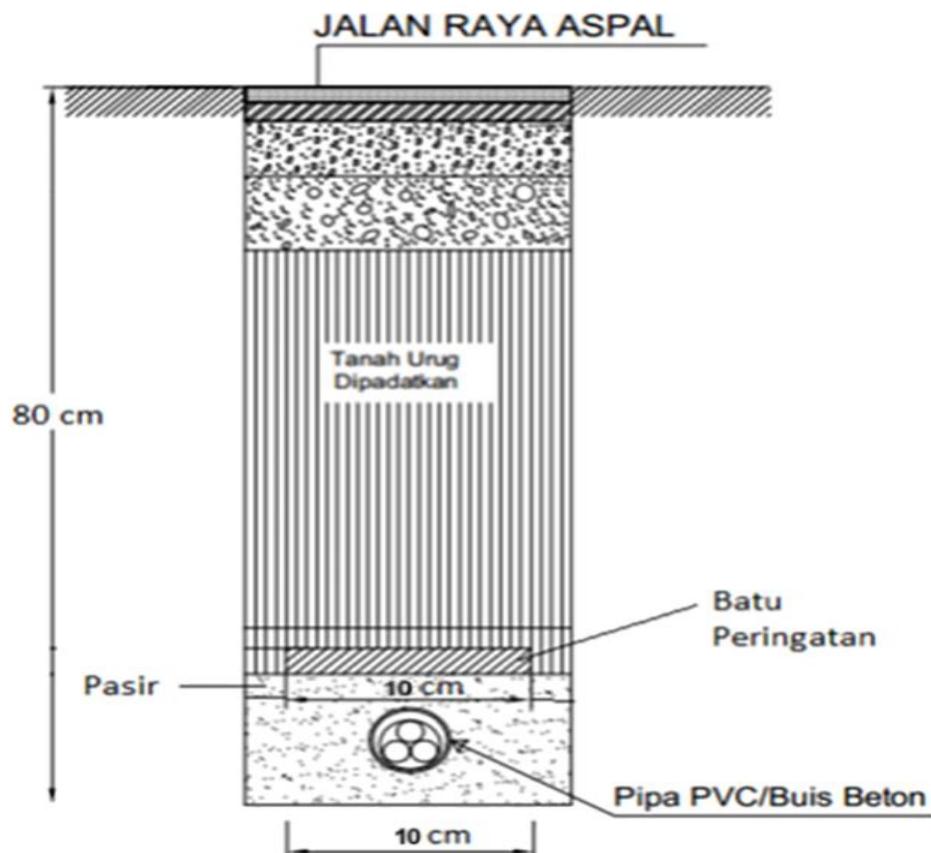
- Lebar galian minimum 0,40 meter, dan jika kabel yang digelar lebih dari satu, maka lebar galian harus disesuaikan.
- Untuk jalur penggalian lebih dari satu maka harus diberikan jarak minimum 260 cm atau diberikan isolasi pelindung menggunakan batu yang diletakkan antara kabel dan dipasang miring.

3. Kedalaman Galian

Kedalaman galian yang diisyaratkan bertujuan untuk menghindari kerusakan kabel akibat kesalahan mekanis, Berikut adalah kedalaman galian kabel, diantaranya :

- Kedalaman galian kabel harus cukup (80 cm).
- Dasar lubang galian dan setelah kabel ditanam harus dilapisi dan diberi lapisan pasir setebal 10 cm.

- Pada galian yang menyeberang jalan aspal yang tidak dibuat terowongan kabel, maka kabel harus dimasukan di dalam pipa PVC sebagai pelindung kabel, seperti yang digambarkan pada gambar 2.8..



Gambar 2.8 Perletakan Kabel Tanah

2.8 Pemasangan Kabel Tanah

Pekerjaan pemindahan atau pengangkutan kabel harus dilakukan hati-hati dan dilaksanakan sesuai ketentuan. Untuk jarak pemindahan pendek < 20 meter, haspel dapat digelindingkan dan didorong dengan Arah berlawanan gulungan kabel. Lintasan gulungan kabel harus dibersihkan

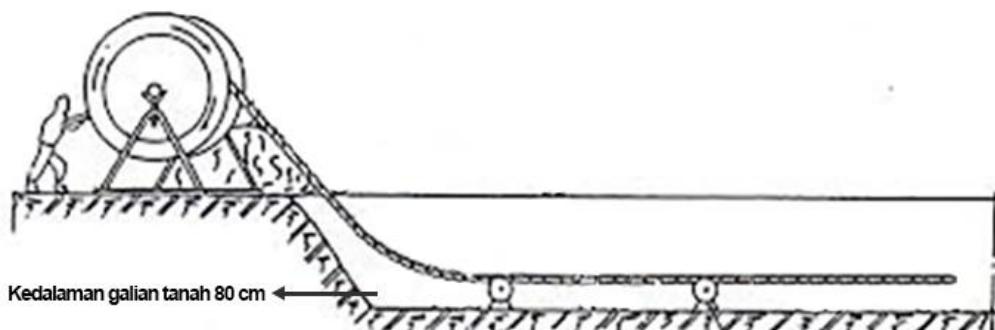
dari batu-batu dan hambatan lain. Untuk kondisi lintasan/struktur tanah yang lemah supaya digunakan plat besi setebal 6 s/d 10 mm. Untuk pengangkutan menggunakan kendaraan, kondisi haspel harus dalam keadaan baik. Bila ada kerusakan haspel harus diperbaiki dan bila tidak mungkin untuk diperbaiki kabel harus digulungkan pada haspel yang baru. Menaikan haspel kabel keatas truk harus dengan fork lift, kran ataupun derek bermotor. Didalam truk haspel harus diganjal dan diikat agar tidak menggelinding. Cara lain untuk pengangkutan adalah dengan menggunakan “trailer” kabel yang ditarik oleh mobil. Kemampuan peralatan atau kendaraan yang digunakan harus sesuai dengan berat kabel. Pengangkutan kabel dengan cara diuraikan terlebih dulu dari haspel untuk kemudian di silang diatas truk pengangkut; sangat tidak direkomendasikan. Kalaupun terpaksa harus dilaksanakan, misalnya akibat panjang kabel yang akan diangkut tidak mencapai 300 m (panjang penuh kabel pada 1 haspel) penaikan dan peletakan diatas truk harus hati-hati dan membentuk sling dengan radius 2 m. Penurunan kabel tidak boleh dilakukan dengan cara menjatuhkan kabel dari atas truk. Penurunan dapat dilakukan dengan cara yang sama seperti pada waktu penurunan. Bila kabel yang akan diangkut panjang kurang dari 25 meter, pengangkutan-pengangkutan dapat dilakukan tanpa haspel, kabel dapat dibuat dalam bentuk melingkar atau spiral dan lingkaran satu dengan yang lainnya sekurang-kurangnya di tempat-tempat tertentu. Perhatikan agar jari-jari lingkaran lebih besar dari $15 \times$ diameter kabel.

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam penggelaran/penarikan kabel :

- Jumlah tenaga yang akan melaksanakan penarikan atau penggelaran kabel harus cukup minimal satu orang per 5 meter kabel.

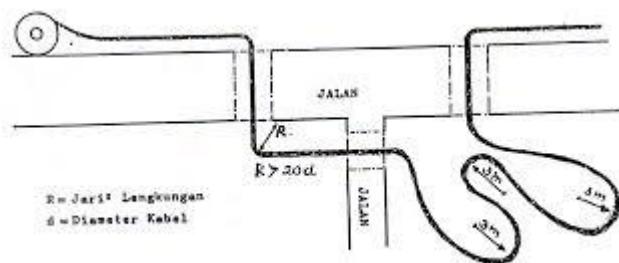
Jadi jika akan menggelar 1 rol haspel kabel yang panjangnya ± 300 m diperlukan tenaga minimal $300/3 = 100$ orang

- Sebelum dilakukan penarikan atau penggelaran kabel tanah haspel, harus diletakkan diatas dongkrak untuk memudahkan penarikan.
- Kabel dilepas dari rol haspelnya, ditarik dan digelar secara hati – hati jangan sampai melilit dan menyatu, dsb.



Gambar 2.9 Proses Penggelaran Kabel Tanah Tegangan Menengah

- Dalam melakukan penarikan kabel pada tikungan / belokan radius lengkungan kabel selama penggelaran harus selalu lebih dari 20 kali diameter kabelnya.



Gambar 2.10 Radius kelengkungan kabel tegangan menengah

Dalam melaksanakan penarikan kabel sedapat mungkin tanpa membuat selingan kabel. Jika selingan kabel tersebut harus dibuat berbentuk huruf S dimana jari-jari lengkungannya minimal $15 \times$ diameter kabel, tidak dibenarkan menyilang kabel seperti membuat angka 8 (delapan).