

BAB II

KABEL TRANSMISI BAWAH TANAH 150kV

2.1 Pembahasan Umum

Saluran transmisi merupakan rantai penghubung antara pusat-pusat pembangkit tenaga menuju pusat beban melalui gardu induk dan distribusi. Berdasarkan cara pemasangannya saluran sistem transmisi dapat dibagi dalam tiga kelompok, yaitu: saluran udara (*overhead line*), saluran kabel bawah laut (*submarine cable*) dan saluran kabel tanah.

Pada sistem saluran kabel bawah tanah, penyaluran tenaga listrik melalui kabel-kabel dengan berbagai macam isolasi pelindungnya. Saluran kabel bawah tanah ini dibuat untuk menghindari resiko bahaya yang terjadi pada pemukiman padat penduduk tanpa mengurangi keindahan lingkungan.

Kebutuhan energi listrik yang terus bertambah seiring dengan semakin banyaknya pertokoan dan industri. Perkembangan tersebut akan lebih baik jika diiringi dengan berkembangnya penyediaan energi listrik yang cukup. Saluran distribusi melalui kabel bawah tanah telah banyak dilaksanakan terutama di kota-kota besar, keuntungan dari pemakaian saluran kabel bawah tanah adalah dalam penyalurannya aman bagi manusia, keandalan sistem tinggi, mudah dalam penyalurannya, dan pemandangan keindahan lingkungan tetap terjaga. Maka sistem saluran kabel bawah tanah merupakan salah satu pilihan yang paling baik di kota-kota besar. Sebab-sebab gangguan pada kabel bawah tanah banyak ragamnya, antara lain pekerjaan galian konstruksi, memburuknya isolasi, serta

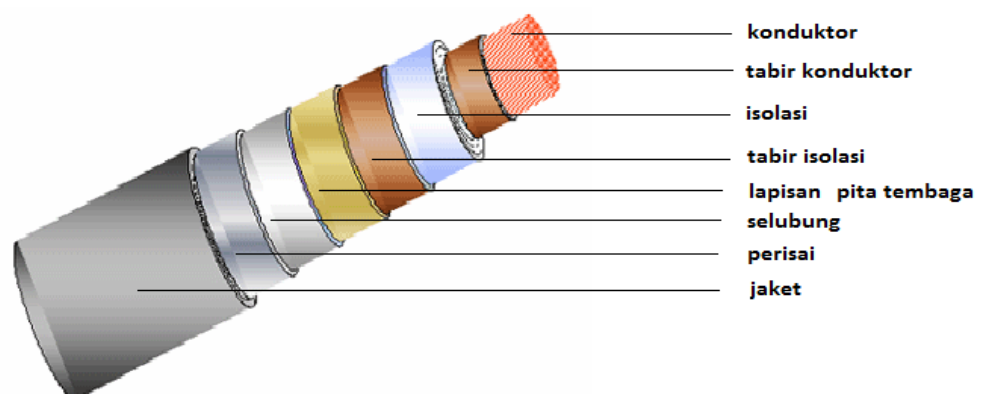
kurang sempurnanya pekerjaan sambungan. Saluran kabel bawah tanah perlu diproteksi dengan pemasangan PMT yang dilengkapi dengan rele-rele pengaman.

2.2 Kabel Transmisi Bawah Tanah

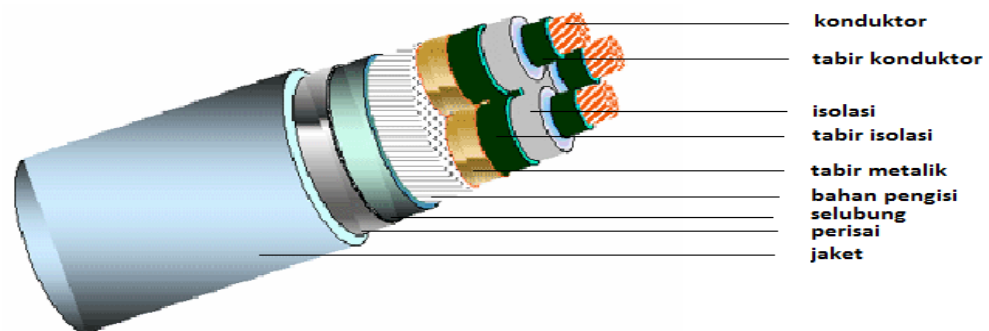
2.2.1 Klasifikasi Kabel Transmisi Bawah Tanah

Untuk penyaluran tenaga listrik dibawah tanah digunakan kabel tenaga (*power cable*). Jenis kabel tenaga banyak sekali, namun demikian dapat diklasifikasikan menurut kelompok-kelompok berikut; kelompok menurut kulit pelindungnya (*armor*), kelompok menurut konstruksinya, dan kelompok menurut penggunaannya.

Dilihat dari jumlah intinya, kabel dapat dibedakan menjadi dua, yaitu kabel tanah berinti tunggal (*single core cable*), pada dasarnya kabel ini dapat dipakai untuk segala tegangan yang umumnya adalah tegangan tinggi. Dan kabel tanah berinti tiga (*tree core cable*).



Gambar 2.1 Konstruksi Kabel Tegangan Tinggi Berinti Tunggal



Gambar 2.2 Konstruksi Kabel Tegangan Tinggi Berinti Tiga

a) Bagian utama

Bagian utama merupakan bagian yang harus dimiliki oleh kabel tegangan tinggi, diantaranya:

1. Penghantar (conductor)
2. Isolasi (insulation)
3. Tabir (screen)
4. Selubung (sheath)

1. Jenis-jenis penghantar

Bentuk penampang inti pada penghantar, yaitu:

1. Pejal.
2. Pilin (*stranded*) untuk ukuran konduktor besar.
3. Berongga, terutama untuk tempat minyak pendingin dan dipakai pada kapasitas penyaluran yang besar. Ada yang berongga satu dan ada yang berongga banyak.

Bahan penghantar yang banyak dipakai untuk kabel tenaga listrik adalah:

- Tembaga, dengan kemurnian 99,99%, yaitu:
 - Kawat tembaga polos (plain wire) tanpa lapisan
 - Kawat tembaga berlapis timah putih (tinned cooper wire)

2. Jenis-jenis isolasi

Isolasi kabel tanah tegangan tinggi tidak saja berfungsi sebagai penyekat (isolator) atau pengaman, tetapi juga berfungsi sebagai pelengkap atau pendukung kerja transmisi tenaga listrik pada saluran kabel tanah itu sendiri. Isolasi kabel tanah umumnya terdiri dari jenis isolasi kertas, karena meresap minyak dan campuran biasanya digunakan pada kabel minyak isolasi sintesis dan isolasi mineral.

Isolasi berfungsi untuk mencegah terjadinya aliran listrik dari penghantar beroperasi ke tanah atau penghantar lainnya yang berdekatan dan juga agar tahan terhadap tegangan tertentu antara satu penghantar dengan penghantar lainnya.

Isolasi harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

1. Ketahanan dielektrik tinggi
2. Tahanan jenis yang tinggi
3. Dapat bekerja dalam temperatur rendah atau temperatur tinggi
4. Tidak menyerap air/uap air (non hygroskopis)

5. Mudah dibengkokkan (fleksibel)
6. Tidak mudah terbakar
7. Sanggup menahan tegangan implus listrik yang tinggi

Dalam satu jenis isolasi tidak mungkin memiliki semua sifat-sifat diatas. Jadi pemilihan jenis bahan isolasi yang akan dipakai didasarkan pada pertimbangan dengan maksud dan tujuan yang akan dipakai.

Jenis-jenis isolasi yang banyak digunakan adalah:

➤ 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. Sifat-sifat kertas sebagai bahan isolasi :

- Faktor rugi dielektrik antara 0,0009-0,004
- Temperatur kerja 65⁰ C
- Ketahanan dielektrik 80 kV/mm
- Mengisap uap air/cairan

Untuk memperbaiki sifat-sifat isolasi kertas harus diresapi (impregnated) dengan minyak isolasi atau kompon khusus. Penggunaan minyak adalah minyak mineral askarel/campuran resin. Minyak isolasi/kompon harus bebas asam dan mempunyai sifat kimia yang stabil dan mempunyai kekentalan tinggi pada waktu temperatur kerja guna mencegah pengeringan.

➤ Isolasi sintetis

❖ Elastomer

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

1. Tahan terhadap minyak
2. Tidak terpengaruh terhadap perubahan cuaca
3. Dapat bekerja baik pada temperatur rendah maupun tinggi

❖ Thermoplastik

Bahan thermoplastic yang digunakan untuk isolasi kabel adalah:

- PVC (polyvinyl chloride)

Sifat-sifat PVC yang menguntungkan adalah tidak terpengaruh oleh uap air, asam dan alkali, tahanan jenisnya dan kekuatan mekanisnya tinggi. Sedangkan sifat-sifat PVC yang merugikan adalah faktor rugi dielektrik yang besar.

- PE (polyethylene)

Keuntungan dari PE adalah mempunyai sifat dielektrik yang baik dan tidak mengisap air/cairan. Sedangkan

kekurangan dari bahan PE adalah mudah terbakar karena tidak dapat bekerja 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 demikian akan didapat bahan tahan panas atau dapat bekerja pada temperatur yang lebih tinggi.

- XLPE (cross-linked polyethylene)

Saat ini isolasi XLPE adalah jenis isolasi yang sangat luas pemakaiannya karena sifat mekanis yang cukup baik dan tidak mengisap air.

Keuntungan pemakaian XLPE :

1. Tahan panas, sehingga tidak mudah meleleh
2. Temperatur kerja tinggi (90°C)
3. Tahan isolasi yang tinggi (10^{19} ohm-cm)
4. Umur kabel relatif lebih lama

Kerugian pemakaian XLPE :

1. Bila dipakai pada tegangan tinggi, proses penuaan yang mengurangi umur lebih cepat terjadi

2. Bila terdapat gelombang udara atau partikel didalam isolasi XLPE, maka akan menimbulkan kegagalan isolasi.

3. Jenis-jenis tabir (screen)

Untuk tegangan kerja tinggi, setiap inti kabel dilengkapi dengan suatu lapisan yang disebut dengan tabir (screen). Tabir ini berfungsi untuk mendapatkan medan listrik yang sama rata (homogen). Karena itu tabir ini terbuat dari bahan semikonduktif.

a. Tabir konduktif / metalik

Tabir (screen) konduktif adalah lapisan netral di luar isolasi yang berbahan tembaga berbentuk pita dan kawat. Lapisan ini dihubungkan dengan ground.

Fungsi dari tabir (screen) konduktif diantaranya:

1. Untuk mendapatkan distribusi medan yang radial
2. Menjamin pentanahan sepanjang rangkaian bagian luar kabel untuk mengamankan manusia terhadap bahaya tegangan sentuh listrik
3. Mengalirkan arus kapasitif yang timbul dalam isolasi karena adanya tegangan fasa ke tanah
4. Mengalirkan arus gangguan hubung singkat ke tanah sampai pentanahan yang paling dekat

b. Tabir semi konduktif

Tabir semi konduktif adalah lapisan yang melingkupi setiap inti kabel. Tabir (screen) ini dibuat bahan semi konduktor.

Fungsi tabir (screen) semikonduktif diantaranya

1. Untuk mendapatkan distribusi medan listrik yang seragam sehingga tidak terjadi penumpukan tegangan pada celah-celah elemen penghantar
2. Mencegah terjadinya corona discharge antara penghantar dan isolasi (celah-celah penghantar)

Letak pemasangan lapisan tabir (screen) yaitu :

1. Dipasang diantara tabir konduktif dan isolasi (outer semi conductive compound atau insulator screen), atau dikenal sebagai tabir luar
2. Dipasang diantara isolasi dan hantaran-hantaran (inner semi conductive compound atau conductor screen), atau dikenal sebagai tabir dalam

4. Jenis-jenis selubung

Selubung berfungsi untuk melindungi inti kabel dari pengaruh luar dan juga berfungsi sebagai:

1. Pelindung terhadap korosi
2. Penahan gaya mekanis
3. Pelindung/pengaman terhadap gaya listrik

4. Mencegah keluarnya minyak pada kabel kertas yang diserapi minyak (impregnated paper) dan mencegah masuknya uap air/cairan ke dalam kabel.

Bahan selubung dapat dibagi menjadi tiga golongan:

- a. Selubung logam, seperti timbal, aluminium
- b. Selubung karet (sintetis), seperti karet silikon (silicon rubber), polychloroprene
- c. Selubung plastik, seperti PVC

b) Bagian pelengkap

Bagian pelengkap merupakan bagian yang berfungsi untuk memperkuat / memperbaiki sifat-sifat kabel atau melindungi kabel, bagian-bagian tersebut diantaranya :

1. Bantalan (bedding)
2. Perisai (armour)
3. Bahan pengisi (filler)
4. Sarung kabel (jacket serving)

1. Jenis-jenis bantalan

Bantalan berfungsi untuk kedudukan perisai (armour) dan mencegah proses elektrolisa, sehingga tidak merusak bagian dalamnya. Beberapa bahan dari bantalan diantaranya:

- a. pita kapas (cotton tape)
- b. pita kertas (paper tape)

c. jute (serat goni)

Sebelum dipasang, bahan bantalan harus dikeringkan dan direndam dalam minyak atau kompon kedap air. Adanya kompon kedap air, maka bantalan akan mempunyai sifat sebagai berikut :

1. tidak bereaksi dengan selubung dan perisai
2. tidak mudah berubah dengan adanya perubahan temperatur
3. melekat dengan sempurna pada selubung dan perisai
4. tidak mudah sobek jika terkena getaran

2. Jenis-jenis perisai

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

➤ Perisai pita baja (steel tape armour)

Didalam pemasangan pita baja biasanya terdiri dari dua lapisan, dimana setiap lapisan terdiri dari beberapa pita kemudian dipasang sedemikian rupa sehingga lapisan kedua akan menutupi celah-celah yang ditinggalkan oleh lapisan sebelumnya. Perisai ini dipasang pada bantalan. Tetapi perisai baja mempunyai kekurangan yaitu dengan adanya lapisan pita baja maka kabel tidak fleksibel.

➤ Perisai kawat baja (steel wire armour)

Perisai kawat baja dipergunakan untuk kabel yang mempunyai tegangan mekanis yang tinggi dan fleksibel. Didalam pemasangannya perisai kawat baja hanya dipasang satu lapis untuk menjaga agar perisai kawat baja tetap pada kedudukannya, maka dipasang juga pita baja yang mengikatnya melingkari kawat baja tersebut. Kabel dengan perisai kawat baja dipergunakan pada:

1. Kabel tanah
2. Kabel laut
3. Kabel pada pemasangan tegak

➤ Perisai alumunium (alumunium armour)

3. Jenis-jenis bahan pengisi (filler)

Bahan pengisi berfungsi untuk memisahkan selubung dengan tabir (screen) logam. Hal ini untuk menghindarkan kemungkinan selubung luka akibat goresan tabir (screen) logam. Untuk kontruksi kabel berinti tiga atau lebih (multi-core) bila setelah pemasangan ketiga intinya maka ada ruang/celah yang tertinggal sehingga diperlukan suatu bahan yang dapat mengisi ruangan tersebut, sehingga didapatkan bentuk kabel yang bulat. Bahan yang mengisi celah ini dinamakan bahan pengisi (filler).

4. Jenis-jenis sarung kabel

Sarung kabel berfungsi sebagai bantalan bagi perisai, sarung kabel dipasang di atas perisai (armour) dan juga sebagai komponen yang berhubungan langsung dengan tanah. Beberapa bahan sarung kabel (jacket serving) antara lain:

- Paling banyak digunakan adalah jute (serat goni)
- Pada kabel XLPE, pelindung luarnya terbuat dari PVC

2.2.2 Persyaratan Mekanis Kabel

a) Kekuatan (strength)

Berat kabel selama pemasangan atau penggunaannya di tambah dengan perlengkapan lain yang bersangkutan, akan menentukan kekuatan kabel yang di inginkan. Presentasi berat kabel terletak pada berat armournya. Untuk mendapatkan ratio strength atau berat kabel yang tinggi dapat di lakukan dengan jalan menggunakan logam yang mempunyai strength tinggi dengan memperhatikan sifat lentur.

b) Torsi kabel

Armour atau bagian strength antara lain dari kawat yang dililit dengan sudut tertentu terhadap axis kabel. Untuk mendapatkan fleksibilitas yang diinginkan untuk armour, sudut tersebut adalah sebesar 18-20°, lilitan armour tersebut menyebabkan torsi yang condong memutar kabel kearah yang berlawanan dengan arah lilitan armour. Jadi kabel armour akan mengalami putaran karena beban,

yaitu jika beban di berikan secara tiba-tiba seperti ketika ujung kabel menyentuh dasar tanah, maka torsi yang ditimbulkan akan memaksa kabel untuk membelit. Untuk memperkecil pengaruh ini pada penggunaan yang nyata, maka kabel dengan armour ganda yang dililitkan berlawanan adalah jalan yang terbaik untuk saling meniadakan. Dengan demikian besarnya torsi pada armour bagian dalam tidak sama dengan bagian luarnya. Torsi yang seimbang dengan strength yang terjamin, dapat di berikan dengan menggunakan kawat-kawat ukuran kecil dan dengan jumlah besar pada armour bagian luar.

c) Diameter kabel

Diameter pembelokan untuk kabel armour ditentukan oleh panjang kawat yang dililit sebagai armour, ukuran dari masing-masing kawat, dan tegangan kawat yang didapat berdasarkan pengalaman. Jari-jari pembelokan minimum yang direkomendasikan untuk kabel tenaga yang berarmour adalah dua belas kali diameter luar kabel tersebut. Untuk kabel yang digulung (pada drum) dan yang menggunakan katrol untuk mengangkat kabel, maka untuk drumnya adalah sekitar empat ratus kali diameter kawat armour yang terbesar.

d) Perisai (armour)

Dalam suatu perencanaan kabel tanah akan selalu mengandung penggunaan beberapa jenis logam pada anyaman perisai atau armour. Jika kelembaban bisa menembus pembungkus luar, maka hal ini

penting sekali bahwa logam-logam yang berlainan jenis hendaknya diisolasi satu dengan lainnya, sehingga akan menjaga logam-logam tersebut dari peristiwa galvanis.

Apabila terjadi sambaran petir dan atau arus lompatan disekitarnya, maka tegangan potensial tanah disuatu tempat akan naik beberapa ribu volt dari pada tempat lain disekitarnya, sehingga akan terjadi kenaikan beda potensial pada kabel. Ketika tegangan tersebut naik, maka ada kemungkinan dapat menembus pembungkus yang dipisahkan oleh pelindung dari logam.

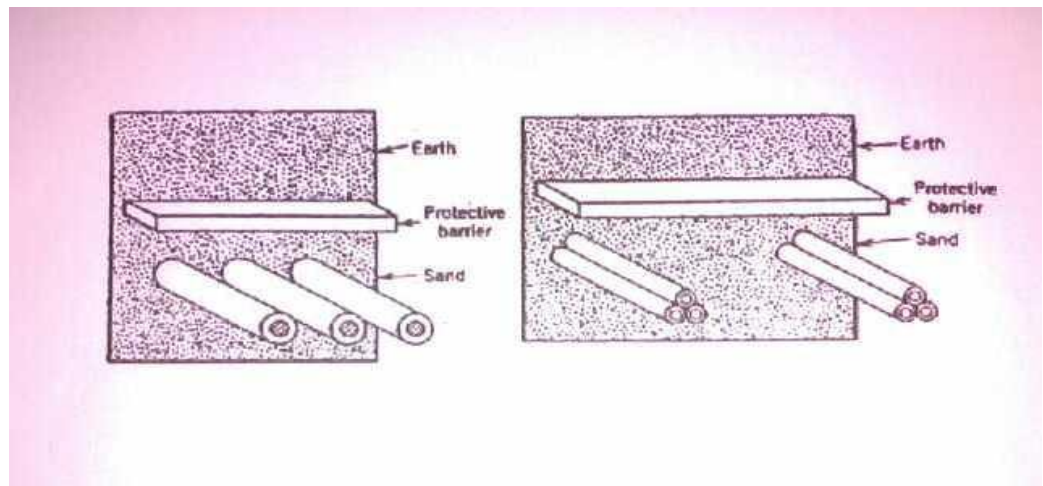
2.3 Pemasangan Kabel Transmisi Bawah Tanah

Dalam tehnik peletakan kabel didalam tanah harus di lakukan dengan cara sedemikian rupa sehingga kabel tersebut cukup terlindung terhadap kerusakan mekanis dan kimiawi yang mungkin timbul di tempat kabel bawah tanah tersebut.

2.3.1 Teknik Peletakan Kabel Transmisi Bawah Tanah

a) Cara peletakan langsung

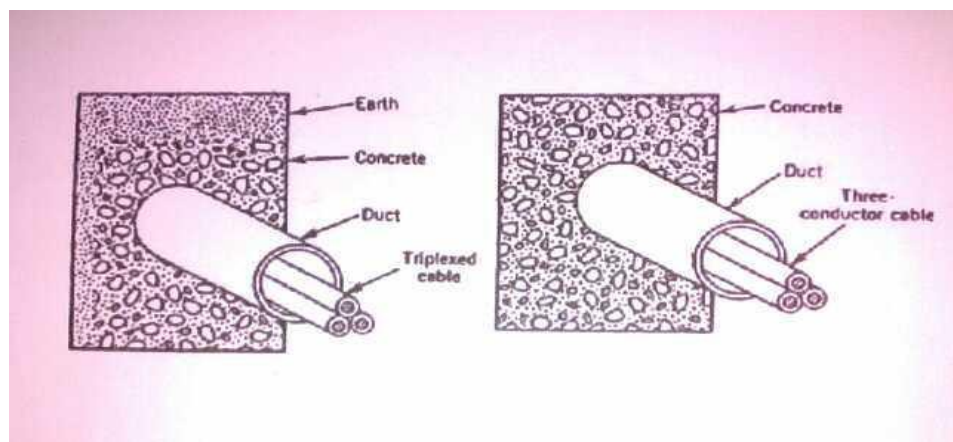
Kabel ditanam langsung dalam tanah, dimana kabel ini lebih dahulu ditaruh di dalam pipa tanah genting atau pipa beton, kemudian baru ditanam dalam tanah. Kabel ini ditanam antara 1 hingga 2.5 meter apabila dikhawatirkan adanya tekanan-tekanan mekanis, misalnya yang melintasi jalan, serta kira-kira 0.6 meter ditempat lain yang kemungkinan tidak terkena tekanan mekanis.



Gambar 2.3 Peletakan Dengan Cara Peletakan Langsung

b) Sistem Pipa

Sebelum ditanam dalam tanah, kabel dimasukkan dalam pipa-pipa beton bertulang atau asbes-semen, atau PVC keras, yang ditanam dan dihubungkan dengan lubang kerja (man hole) yang berfungsi sebagai tempat penyambungan kabel dan perbaikan pada saat terjadi kerusakan. Kabel ditarik dalam pipa-pipa ini yang kemudian dihubungkan melalui lubang-lubang kerja tersebut.



Gambar 2.4 Peletakan Dengan Sistem Pipa

c) **Sistem terusan tertutup**

Pada sistem ini kabel ditempatkan dalam terowongan yang melalui lubang-lubang kerj. Cara ini dipakai bila jumlah kabelnya melebihi 20 buah. Pada umumnya kabel-kabel diletakkan bersama dengan kabel telekomunikasi (telepon), pipa air, saluran pembuangan, dan pipa-pipa gas di dalam satu terowongan. Di dalam terowongan dipasang berbagai instalasi, yaitu untuk pembuangan air, penerangan listrik, ventilasi, dan lain-lain.

Sistem peletakan kabel dipilih berdasarkan pertimbangan ekonomi, termasuk perluasan dikemudian hari, serta aspek pemeliharaannya. Untuk jalan-jalan yang tidak keras (jalan kerikil, jalan aspal biasa), jalan yang sempit dan pemasangan sementara, atau ada belokan dimana kabel hendak diletakkan maka cara peletakan langsung adalah yang paling tepat, sebaliknya bila tidak ada lintasan (route) lain, maka sistem terowonganlah yang dipergunakan. Dalam sistem peletakan langsung dan sistem pipa untuk mendapatkan tahanan panas yang rendah dari medium disekitar kabel, maka penambahan backfill sangat diperlukan. Backfill adalah suatu jenis pasir yang mempunyai tahanan panas yang rendah, baik dalam keadaan basah maupun kering.

Keuntungan penambahan backfill dalam pemasangan kabel adalah :

- Panas dapat lebih cepat disalurkan ke luar
- Arus yang mengalir pada kabel relatif lebih besar
- Untuk besar arus yang sama maka umur kabel akan lebih lama

Sedangkan kerugian dalam pemakaian tanah isian (backfill) adalah :

- Biaya pemasangan lebih tinggi
- Penyediaan tanah isian (backfill) sepanjang jalur penanaman kabel

2.3.2 Syarat-Syarat Penanaman Kabel Transmisi Bawah Tanah

Penanaman kabel tanah harus memperhatikan syarat-syarat yang telah ditentukan sebagai berikut:

a) Penentuan jalur lintasan kabel

- ✓ Kabel-kabel sebaiknya ditanam pada tanah umum (Negara), di bawah trotoar.
- ✓ Membelokkan arah kabel dengan aturan, jari-jari belokkan adalah sekurang-kurangnya 15 kali diameter kabel bagian luar.

b) Lebar galian

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

- Lebar galian minimum 0.40 meter, dan jika kabel yang akan digelar lebih dari satu maka lebar galiannya harus disesuaikan. Untuk penggalaran kabel sebanyak 6 buah, lebar galiannya adalah 1.6 meter.
- Untuk jalur penggalian lebih dari satu harus diberikan isolasi pelindung menggunakan batu yang diletakkan antara kabel dan dipasang miring.

c) Kedalaman galian

Kedalaman galian yang disyaratkan bertujuan untuk menghindari kerusakan kabel akibat kesalahan mekanis. Berikut ini syarat kedalaman galian kabel, diantaranya:

- Kedalaman penggalian kabel harus cukup.
- Dasar lubang galian harus diratakan dan diberi lapisan pasir setebal 0.1 m.
- Pada galian yang menyebrangi jalan aspal yang tidak dibuat terowongan kabel, maka kabel harus dimasukkan didalam pipa PVC sebagai pelindung kabel.

2.4 Gangguan Pada Kabel Transmisi Bawah Tanah

Penyebab gangguan yang umum terjadi pada saluran kabel tegangan tinggi adalah kerusakan pada isolasi kabel. Kerusakan dapat timbul karena pengaruh tekanan yang besar, desakan akar tanaman, getaran lapisan pelindung yang disebabkan oleh pengaruh luar, memburuknya isolasi, dsb, sehingga pada umumnya sifat gangguan adalah permanen, dan diperlukan perbaikan secara langsung pada lokasi kerusakan dengan memperbaiki penghantar yang mengalami gangguan atau kerusakan.

2.4.1 Penyebab Kerusakan Pada Kabel Transmisi Bawah Tanah

Gangguan kabel tanah bisa disebabkan oleh sebab dari dalam atau dari luar. Gangguan dari dalam dapat disebabkan karena kegagalan isolasi pada kabel tanah yang diakibatkan oleh pelapukan peristiwa elektrokimia, proses kimia,

internal discharge, dan ketidakstabilan termal. Pelapukan yang terjadi pada isolasi kabel disebabkan oleh salah satu atau kombinasi peristiwa diatas. Sedangkan gangguan dari luar dapat terjadi karena kerusakan mekanis akibat pekerjaan (penggalian) di dekat lintasan kabel. Alasan-alasan yang menjadi sebab rusaknya kabel karena pengaruh luar adalah :

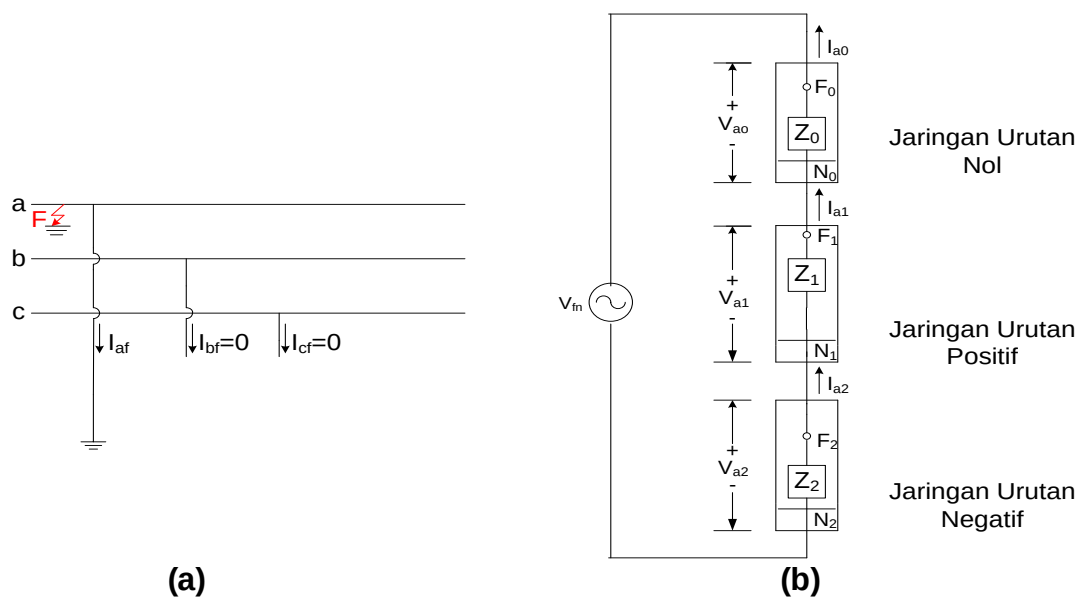
- Kondisi selubung kabel, hal ini juga menyebabkan masuknya kelembaban ke dalam kabel
- Pergerakan tanah yang menyebabkan putusnya kabel
- Kerusakan akibat getaran, hal ini dapat mematahkan mantel timah
- Pekerjaan yang tidak baik, seperti belokan yang terlalu tajam terutama pada pengerjaan sambungan.

2.4.2 Jenis-Jenis Gangguan Pada Saluran Kabel Transmisi Bawah Tanah

Gangguan - gangguan pada sistem transmisi tegangan tinggi pada umumnya merupakan gangguan hubung singkat yang tidak simetris, seperti gangguan satu fasa ke tanah, dua fasa ke tanah, dan gangguan antar fasa. Pada umumnya gangguan tiga fasa akan menghasilkan arus gangguan yang paling besar, tetapi ada kalanya gangguan satu fasa tanah akan menghasilkan arus gangguan yang besar. Gangguan pada saluran kabel tegangan tinggi dapat disebabkan oleh kerusakan pada konduktor, bahan isolasi atau kadang-kadang terjadi dua-duanya. Akibatnya dapat terjadi kondisi sebagai berikut :

1. Gangguan satu fasa ke tanah

Gangguan satu fasa ke tanah adalah gangguan yang terjadi karena satu penghantar fasanya terhubung singkat ke tanah. Gambar 2.5 (a) menunjukkan gambaran umum dari gangguan satu fasa ke tanah pada titik F, gambar 2.5 (b) memperlihatkan rangkaian ekuivalen jaringan urutan.

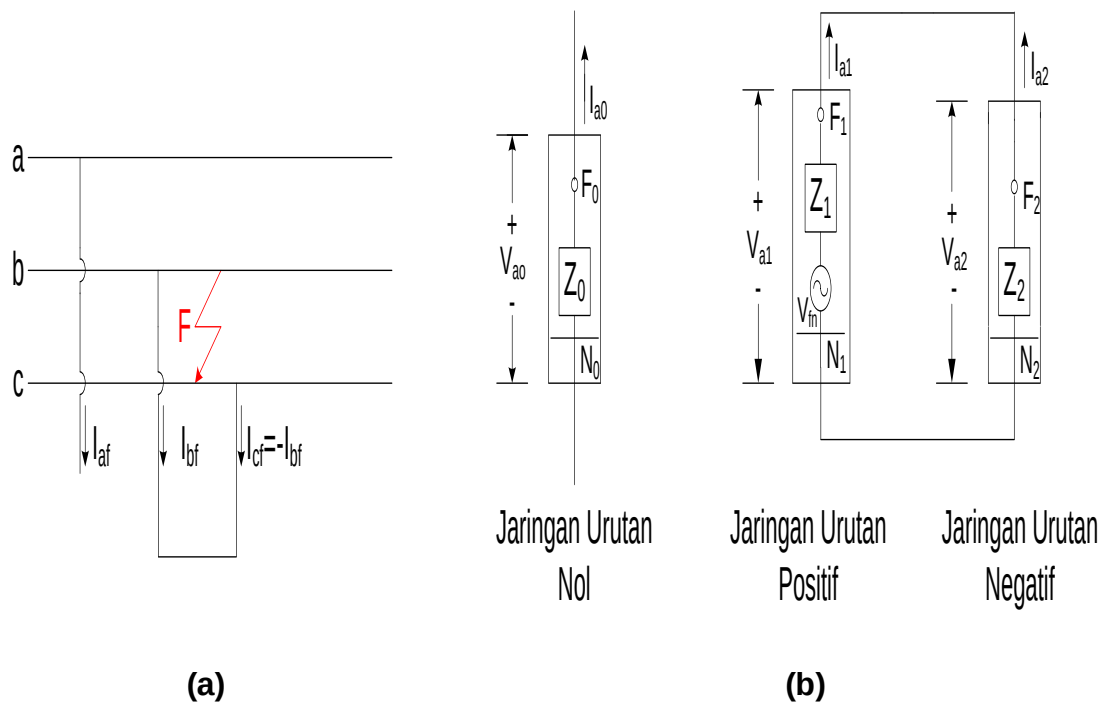


Gambar 2.5 Gangguan Satu Fasa ke Tanah : (a) Gambaran umum

(b) Rangkaian ekuivalen jaringan urutan

2. Gangguan antar fasa ke fasa

Gangguan antar fasa ke fasa adalah gangguan yang terjadi karena dua penghantar fasanya terhubung singkat. Gambar 2.6 (a) menunjukkan gambaran umum dari gangguan antar fasa ke fasa pada titik gangguan F. Gambar 2.6 (b) menunjukkan rangkaian ekivalen jaringan urutan.

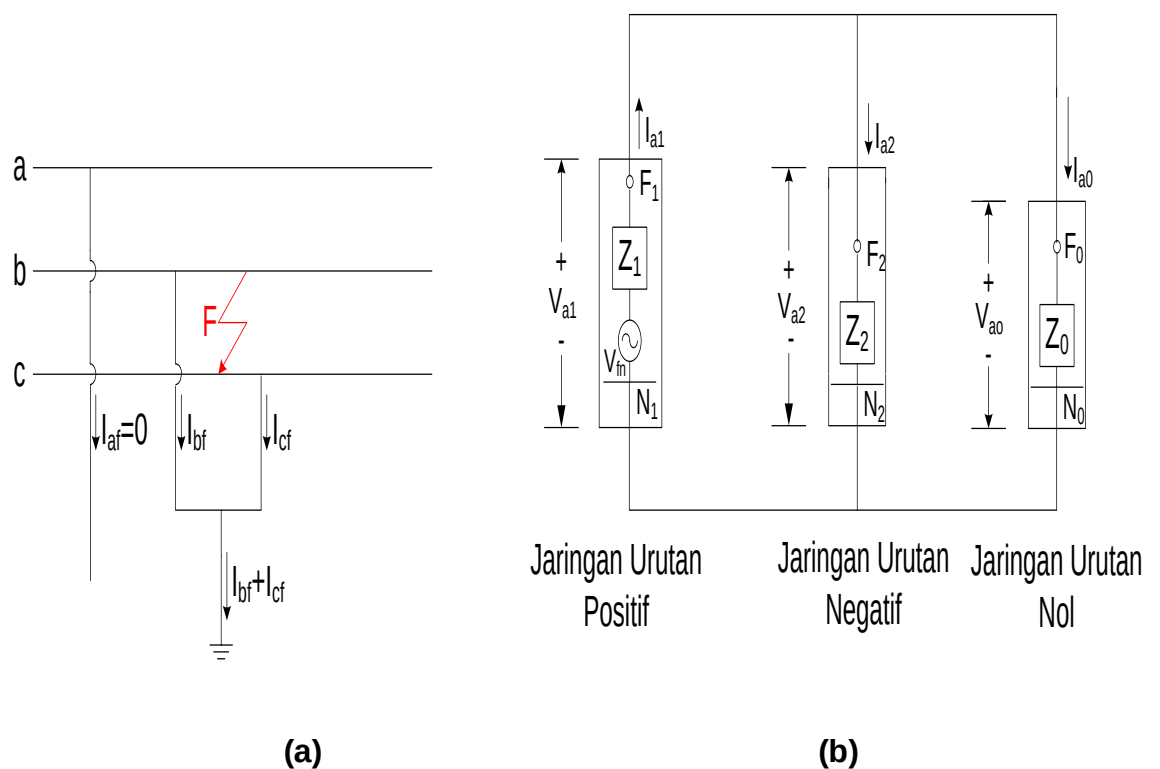


Gambar 2.6 Gangguan antara Fasa ke Fasa : (a) Gambaran umum

(b) Rangkaian ekivalen jaringan urutan

3. Gangguan dua fasa ke tanah

Gangguan dua fasa ke tanah adalah gangguan yang terjadi karena dua penghantar fasanya terhubung singkat ke tanah. Gambar 2.7 (a) menunjukkan gambaran umum dari gangguan dua fasa ke tanah pada titik gangguan F. Gambar 2.7 (b) menunjukkan hubungan dari rangkaian ekuivalen jaringan urutan.

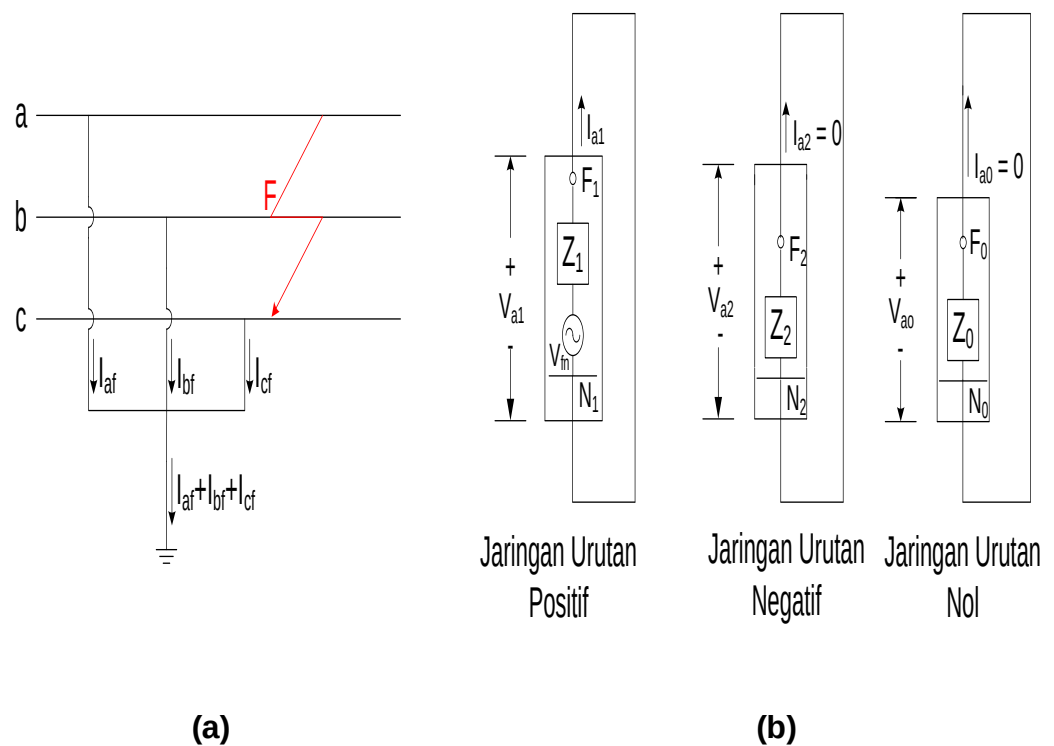


Gambar 2.7 Gangguan Fasa-Fasa ke Tanah : (a) Gambaran umum

(b) Rangkaian ekuivalen jaringan urutan

d) Gangguan Tiga Fasa

Gangguan tiga fasa adalah gangguan yang terjadi karena ketiga penghantar fasanya terhubung singkat. Gambar 2.8 (a) memperlihatkan gambaran umum dari gangguan tiga fasa seimbang pada gangguan di titik F. Gambar 2.8 (b) memperlihatkan rangkaian ekivalen jaringan urutan.



Gambar 2.8 Gangguan Tiga Fasa : (a) Gambaran umum

(b) Rangkaian ekivalen jaringan urutan