

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Rahman Ardito, program studi Sarjana Teknik Elektro Mercubuana (2007). Dalam tesisnya yang berjudul "Pendeteksi Gangguan Kabel Tanah Tegangan Menengah 20 KV Dengan Metode Akustik". Membahas mengenai penentuan titik gangguan kabel tanah secara cepat dan tepat dapat dilakukan dengan mengirimkan gelombang impuls tegangan tinggi yang akan meledak dititik gangguan dan suara yang dihasilkan dideteksi, sehingga didapat titik gangguan secara tepat.

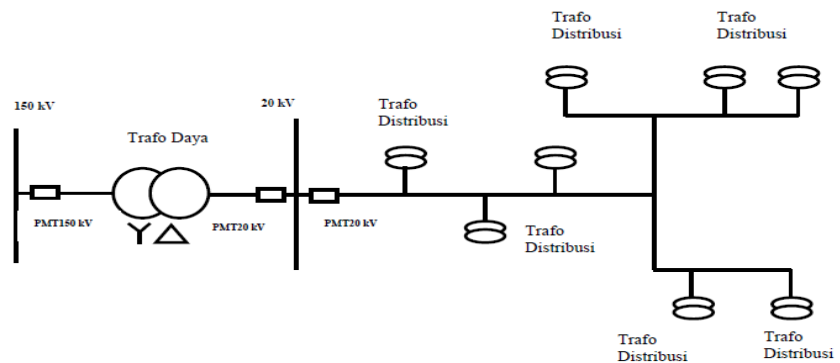
Eric Howenteng (Ed) 2008. *Dinamika Mandiri Electric*, edisi1 vol.2 dalam jurnal yang berjudul "*Cable Fault Location*". Membahas mengenai langkah sistematis dalam penentuan titik lokasi gangguan kabel tanah.

2.2. Sistem Jaringan Primer

Sistem jaringan primer adalah sistem jaringan yang terletak antara garduinduk distribusi dengan gardu distribusi. Di Indonesia tegangan jaringan primer ini,secara bertahap diseragamkan menjadi tegangan primer 20 KV. Secara umum dapat dikatakan bahwa ada tiga struktur jaringan yaitu:

2.2.1. Jaringan Radial

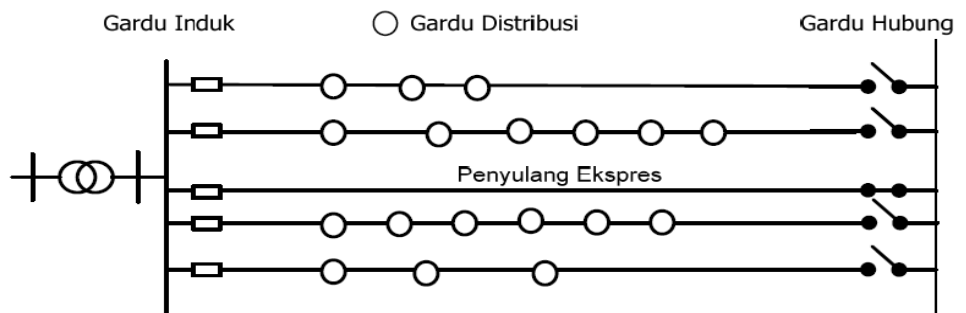
Sistem jaringan radial adalah bentuk jaringan yang paling sederhana yang menghubungkan beban-beban ketitik sumber, biayanya relatifmurah. Pada struktur radial ini tidak ada alternatif pasokan sumber olehkarena itu tingkat kehandalannya relatif rendah dan struktur jaringan radialini merupakan bentuk yang paling banyak dipakai.



Gambar 2.1. Jaringan Radial

2.2.2. Jaringan Spindle

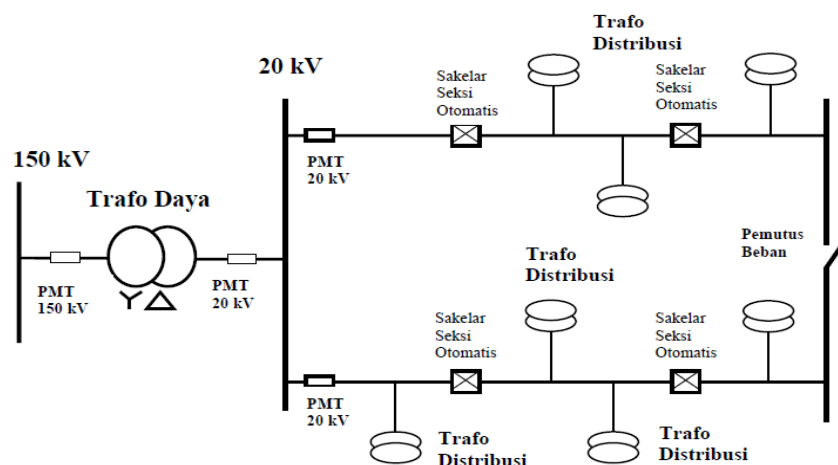
Sistem jaringan spindle ini merupakan perluasan dari jaringan primer radial dengan membuat semua penyulang yang keluar dari gardu induk menuju kesatu titik pertemuan sehingga membentuk titik lingkaran yang terbuka pada titik pertemuan tersebut dengan kata lain semua penyulang ini sudah direncanakan berakhir disuatu titik yang disebut titik refleksi atau Gardu Hubung (GH). Pada jaringan ini selalu ada penyulangcadangan khusus yang lebih dikenal dengan penyulang Ekspres. Penyulang Ekspres ini tidak mencatu gardu-gardu distribusi tetapi merupakan penyulang penghubung antara gardu induk dengan gardu hubung dengan maksud untuk menjaga kelangsungan pemasokan tenaga listrik kepada pelanggan.



Gambar 2.2. Jaringan Spindel

2.2.3. Jaringan Loop

Pada jaringan sistem *Loop* (Jaringan Lingkaran) dimungkinkan alternatif penyuplaian dari gardu-gardu distribusi sehingga dengan demikian tingkat kehandalannya relatif lebih baik dari bentuk radial dan jaringan ini mempunyai kemungkinan dua penyaluran, yaitu dari sumber pengisian yang sama atau dari sumber pengisian yang lain.



Gambar 2.3 Jaringan loop

2.3. Jaringan Tegangan Menengah

Jaringan tegangan menengah (JTM) merupakan saluran distribusi primer yang berfungsi untuk menyalurkan tenaga listrik dari gardu induk ke gardu-gardu distribusi konsumen tegangan menengah. Berdasarkan konstruksinya, JTM terbagi kedalam dua jenis, yaitu Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM) dan Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM).

2.3.1. Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM)

merupakan jaringan kabel yang berisolasi yang ditanam di dalam tanah sepanjang jaringan. Jaringan penghantar SKTM menggunakan kabel berinti tunggal atau berinti tiga dan memiliki keandalan penyaluran yang tinggi.



Gambar 2.4. Saluran kabel tanah tegangan menengah

2.3.1. Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)

Saluran Udara Tegangan Menengah merupakan jaringan kawat tanpa isolasi yang terentang diudara yang disangga oleh tiang penyangga. Jaringan SUTM dapat dibangun dengan sistem fasa tiga atau fasa tunggal.



Gambar 2.5. Saluran udara tegangan menengah

2.4. Kabel Tanah

Kabel tanah ialah satu atau beberapa bagian hantaran yang berisolasi,berpelindung mekanis dan berselubung luar yang dalam penggunaannya ditanam/dipasang di dalam tanah. (PLN Operasi & Pemeliharaan Jaringan Distribusi, 1995:01)

Kabel Tanah adalah salah satu/beberapa kawat yang diisolasikan, sehingga tahan terhadap tegangan tertentu antara penghantar yang satu dengan penghantar yang lain ataupun penghantar dengan tanah serta dibungkus dengan pelindung, sehingga terhindar dari pengaruh-pengaruh kimia lain yang ada dalam tanah. Oleh karena kabel tanah tersebut beroperasi dalam tanah, maka komponen termasuk kabel harus mampu beroperasi secara terus menerus karena memiliki persyaratan isolasi yang khusus untuk melindunginya dari segala bentuk kelembaban serta pengaruh-pengaruhlain yang terdapat didalam tanah.

Penggunaan Saluran Kabel Tanah Tegangan Menengah (SKTM) dinilai mampu menciptakan keindahan dan kenyamanan tata kota meskipun investasi yang diperlukan relatif tinggi, pemeliharaan cukup rumit, namun pemilihan penggunaan SKTM tetap akan diperlukan terutama dari segi estetika dan pembebasan tanah.

Instalasi (pemasangan) kabel dalam tanah dapat dilakukan dengan penanaman langsung atau melalui saluran pelindung. Instalasi kabel tanah dengan penanaman langsung, yaitu kabel secara langsung, tanpa menggunakan saluran pelindung (duct atau pipa), ditanam di dalam tanah. Kondisi pemasangan kabel mempengaruhi kemampuan membawa arusnya.

Kondisi pemasangan ini antara lain meliputi susunan peletakan kabel, pentanahan selubung logam (sheath)/pelindung (shield), jarak antar kabel, kedalaman penanaman, dan kondisi tanah.

2.4.1. Fungsi Kabel Tanah

Kabel tanah digunakan untuk menyalurkan tenaga listrik dari satu tempat ke tempat lain dari gardu induk ke gardu distribusi dan disalurkan ke konsumen dengan menggunakan saluran bawah tanah. Pemakaian terbanyak dari kabel tanah pada sistem distribusi adalah pada daerah yang padat penduduknya dan yang membutuhkan penyaluran keandalan yang tinggi.

Sesuai dengan buku SPLN edisi 1:6 2010 kabel bawah tanah diletakkan di bawah pasir atau tanah halus, bebas dari batu-batuan, di atas galian tanah yang stabil, kuat, rata, dengan ketentuan tebal lapisan pasir atau tanah halus tersebut tidak kurang dari 5 cm di sekelilingi kabel tanah tersebut.

2.4.2. Keuntungan Dan Kerugian Kabel Tanah

1. Keuntungan Kabel Tanah

Keuntungan yang dapat diperoleh dari suatu jaringan bawahan tanah adalah bebasnya kabel dari gangguan pohon, sambaran petir maupun dari gangguan manusia. Kabel-kabel bawah tanah yang digunakan pun banyak sekali jenisnya selain disebabkan bahan-bahan isolasi plastik yang terus berkembang maka selalu saja ada tambahan jenis-jenis kabel baru. Keuntungan pemakaian kabel bawah tanah adalah :

- a. Tidak terpengaruh oleh cuaca buruk, bahaya petir, badai, tertimpa pohon, dsb.
- b. Tidak mengganggu pandangan, bila adanya bangunan yang tinggi.
- c. Dari segi keindahan, saluran bawah tanah lebih sempurna dan lebih indah dipandang.
- d. Mempunyai batas umur pakai dua kali lipat dari saluran udara.

- e. Ongkos pemeliharaan lebih murah, karena tidak perlu adanya pengecatan.
- f. Tegangan drop lebih rendah karena masalah induktansi bisa diabaikan.
- g. Tidak ada gangguan akibat sambaran petir, angin topan dan badai.
- h. Keandalan lebih baik.
- i. Tidak ada korona.
- j. Rugi-rugi daya lebih kecil.
- k. Menciptakan keindahan tata kota.

2. Kerugian Kabel Tanah

Adapun kerugian atau kelemahan dari penggunaan jaringan kabel bawah tanah ialah sebagai berikut :

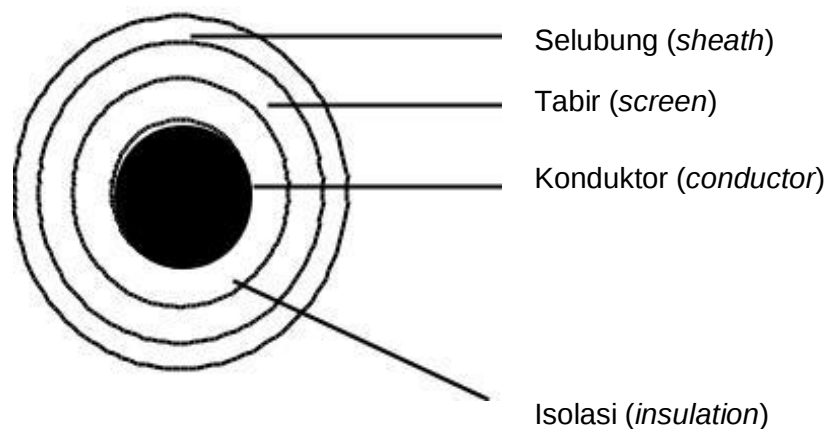
- a. Harga kabel yang relatif mahal.
- b. Gangguan yang terjadi bersifat permanen.
- c. Tidak fleksibel terhadap perubahan jaringan.
- d. Waktu dan biaya untuk menanggulangi bila terjadi gangguan lebih lama dan lebih mahal.
- e. Biaya investasi pembangunan lebih mahal dibandingkan dengan saluran udara.
- f. Saat terjadi gangguan hubung singkat, usaha pencarian titik gangguan tidak mudah (susah).
- g. Perlu pertimbangan-pertimbangan teknis yang lebih mendalam di dalam perencanaan, khususnya untuk kondisi tanah yang dilalui.
- h. Hanya tidak dapat menghindari bila terjadi bencana banjir, desakan akar pohon, dan ketidakstabilan tanah.
- i. Biaya pemakaian lebih besar atau lebih mahal.
- j. Sulit mencari titik kerusakan bila ada gangguan.

2.5. Bagian Bagian Kabel Tanah

Sebagai penghantar, konstruksi kabel ada dua bagian yaitu :

2.5.1. Bagian Utama

Bagian Utama yaitu bagian yang harus ada pada setiap kabel antara lain :



Gambar 2.6. Bagian utama dari kabel

1. Penghantar (Konduktor)

Fungsi dari penghantar adalah untuk memindahkan energi listrik dari satu tempat ke tempat lain. Faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam memilih penghantar antara lain : konduktifitas bahan, kekuatan mekanis, koefisien muai panjang, modulus elastisitas, dan koefisien muai panjang. Pada umumnya untuk penghantar dipakai dari bahan tembaga atau aluminium dan umumnya dalam bentuk stranded (kecuali untuk ukuran-ukuran kecil).

2. Isolasi Kabel Tanah

Isolasi merupakan faktor penting pada sistem tenaga listrik. Secara umum isolasi harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

- a. Ketahanan dielektrik (*dielectric strength*) tinggi
- b. Tahanan jenis (*resistivity*) yang tinggi
- c. Dapat bekerja dalam temperatur rendah dan tinggi
- d. Tidak menghisap air/uap air (*non hygrokopic*)
- e. Mudah dibengkokkan (*fleksibel*)
- f. Tidak mudah terbakar

Beberapa jenis-jenis isolasi kabel tanah yaitu :

1) Kabel dengan Isolasi Kertas

Umumnya bahan dasar kertas adalah kayu yang melalui proses kimia, dimana kertas terdiri dari serat-serat panjang berbentuk pipa rambut yang halus. Sifat-sifat kertas sebagai bahan isolasi :

- a) Faktor rugi dielektrik antara 0,0009 sampai 0,004
- b) Temperatur kerja 65°C
- c) Ketahanan dielektrik 80 KV/mm
- d) Menghirup uap air atau cairan

Untuk memperbaiki sifat-sifat isolasi, kertas harus diserapi dengan minyak isolasi atau kompon khusus. Didalam penggunaan minyak adalah minyak mineral askarel atau campuran resin. Minyak isolasi harus bebas asam dan mempunyai sifat kimia yang stabil, mempunyai kekentalan rendah pada waktu peresapan dan kekentalan tinggi pada waktu temperatur kerja, guna mencegah pengeringan.

Fungsi minyak isolasi adalah sebagai bahan isolasi diantara lapisan-lapisan kertas, sehingga kertas tidak akan menghisap uap air. Walaupun tidak dikembangkan lagi sampai sekarang isolasi kertas masih banyak dipergunakan pada kabel tegangan menengah.

Kekurangan dari isolasi kertas ini adalah sifat elektriknya sangat dipengaruhi oleh kehadiran air. Untuk itu

kertas yang akan dipergunakan sebagai isolasi mutlak harus dikeringkan terlebih dahulu dalam vakum diimpregnasi minyak.

Pemilihan ketebalan kertas ditentukan oleh tegangan kerja, diameter konduktor dan syarat mekanis lainnya. Pengurangan ketebalan kertas, memberikan hasil yang baik pada tegangan tembus akibat pengurangan panjang gap minyak yang dihasilkan, tetapi dengan dikembangkannya jenis isolasi XLPE maka kedudukan isolasi kertas sedikit demi sedikit mulai digantikan dengan isolasi XLPE.

2) Kabel dengan Isolasi XLPE (*Cross Link Poly Ethylene*)

Kabel jenis ini bersifat *thermesetting* dan mempunyai temperatur kerja lebih baik dan bahan dasarnya yaitu *polyethylene* (Pe). Beberapa sifat utama dari isolasi XLPE dibanding dengan bahan isolasi lainnya adalah :

- a) Temperatur perlunakan yang tinggi dan distorsi panas yang kecil
- b) Kekuatan mekanis yang tinggi
- c) Karakteristik listrik yang baik
- d) Mempunyai daya tahan terhadap bahan pelarut dan kimia.

Dari beberapa sifat tersebut XLPE sudah mulai banyak digunakan oleh PT. PLN karena keuntungan menggunakan kabel jenis ini adalah :

- a) Sangat mudah penanganannya
- b) Suhu kerja lebih tinggi sehingga dapat dialiri arus relatif besar.
- c) Mempunyai sifat-sifat fisik dan elektrik yang sangat baik

- d) Tidak mempunyai instalasi tambahan misalnya tangki tambahan atau alarm
- e) Dapat dipasang ditempat yang naik turun tanpa menimbulkan kesulitan.

Penyebab utama kerusakan kabel berisolasi XLPE yang ditanam langsung didalam tanah ialah kerusakan mekanis yang terjadi pada waktu instalasi penyambungan yang kurangbaik. Sebab lain adalah water treening yang mengakibatkan terbentuknya rongga-rongga dalam isolasi kabel sehingga kemampuan kabel menjadi berkurang.

3) Kabel Tanah Termoplastik Tanpa Perisai (PVC)

Yang termasuk kabel tanah termoplastik tanpa perisai adalah kabel NYY dan NYM. Pada prinsipnya susunan NYY ini sama dengan susunan NYM hanya tebal isolasi dan selubung luarnya serta jenis kompon PVC yang digunakan berbeda, warna selubung luarnya hitam. Untuk kabel tegangan rendah, tegangan nominalnya 0,6/1 KV dimana 0,6 KV adalah tegangan nominal terhadap tanah, 1 KV adalah tegangan nominal antar penghantar. Diameter luar kabel dengan dua urat atau lebih dan dengan luar penampang penghantar besar akan menjadi besar sekali kalau digunakan penghantar bulat. Karena itu, untuk ukuran-ukuran besar umumnya mulai 50 mm² keatas digunakan penghantar bentuk sektor.

4) Kabel Tanah Termoplastik Berperisai

Kabel tanah termoplastik berperisai yang paling banyak digunakan di Indonesia adalah NYFGbY dan NYRGbY.

Konstruksi NYRGbY terdiri dari penghantar tembaga tanpa lapisan timah putih dengan isolasi PVC. Jumlah

uratnya kebanyakan tiga atau empat. Urat-urat ini dibelit jadi satu kemudian diberi lapisan pembungkus inti dari karet atau plastik lunak dan perisai kawat baja bulat berlapis seng.

Perisai kawat baja ini diikat dengan spiral pita baja berlapis seng untuk melindungi perisainya terhadap korosi, kabelnya diberi selubung luar PVC berwarna hitam. Perisai dari kawat baja itu juga berfungsi sebagai pelindung elektrostatik yang baik, sehingga dapat mengurangi gangguan terhadap frekuensi nada.

Konstruksi kabel NYFGbY seperti kabel NYRGbY hanya untuk perisai tidak digunakan kawat baja bulat, tetapi kawat baja pipih berlapis seng. NYRGbY lebih tahan terhadap tarikan dari pada kabel NYFGbY.

NYFGbY dan NYRGbY biasanya pada bawah tanah, diair, disungai dan dimana daerah yang mempunyai gangguan mekanis.

3. Tabir (*Screen*)

Dalam perkembangan konstruksi kabel, tabir (*Screen*) dibagi menjadi dua macam berdasarkan jenis bahannya :

a) Tabir semikonduktif

Untuk tegangan kerja yang tinggi setiap inti kabel dilengkapi dengan suatu lapisan yang disebut tabir (*screen*). Tabir ini berfungsi untuk meratakan distribusi tegangan (potensial). Pemasangan lapisan tabir adalah antara selubung (*sheath*) dengan isolasi tetapi untuk kabel sintetis dipasang juga antara isolasi dan penghantar. Fungsi dari tabir semikonduktif antara isolasi dan hantaran adalah Untuk mendapatkan distribusi medan listrik yang radial dan seragam sehingga tidak

terjadi penumpukan tegangan pada celah-celah penghantar dan isolasi serta mencegah terjadi korona *discharge* antara penghantar dan isolasi (celah-celah elemen penghantar).

b) Tabir Konduktif

Tabir konduktif adalah lapisan netral diluar isolasi untuk kabel tegangan menengah dan kabel tegangan tinggi dan lapisan ini dihubungkan dengan *ground*. Lapisan tabir ini dipasang antara lapisan semikonduktif dan perisai atau pada lapisan semikonduktif dan selubung. Fungsi tabir konduktif adalah menjamin pentanahan sepanjang rangkaian bagian luar kabel untuk mengamankan sentuhan manusia terhadap bahaya listrik, mengalirkan arus-arus kapasitif yang timbul dalam isolasi karena adanya tegangan fasa ke tanah, dan mengalirkan dalam hal gangguan fasa tanah arus hubung singkat sampai tempat pentanahan yang paling dekat.

4. Selubung (*Sheath*)

Bahan selubung dapat dibagi menjadi tiga golongan :

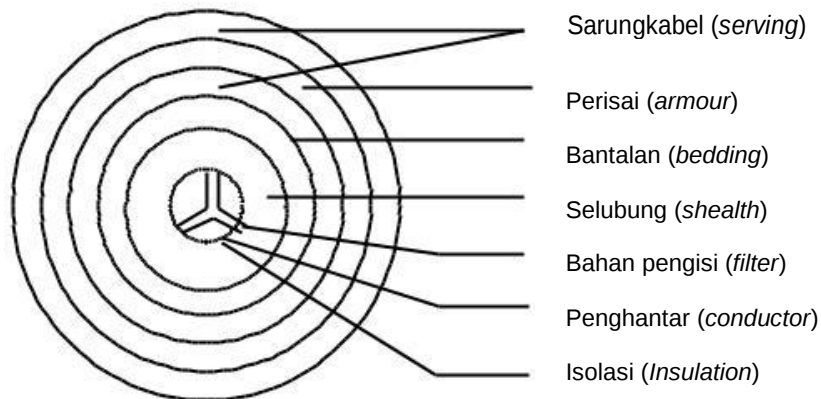
- a. Selubung logam misalnya timbel alumunium
- b. Selubung karet (sintetis) misal karet silikon
- c. Selubung plastik misal PVC

Fungsi selubung sebagai berikut :

- a. Melindungi inti kabel dari pengaruh luar
- b. Melindungi terhadap korosi
- c. Menahan gaya mekanis
- d. Melindungi/mengamankan terhadap gaya listrik dari luar
- e. Mencegah masuknya uap air secara vertikal

2.5.2. Bagian Pelengkap

Bagian pelengkap yaitu bagian yang hanya di pergunakan untukmemperkuat (memperbaiki) sifat – sifat kabel tenaga atau untukmelindungi kabel tenaga antara lain yaitu :



Gambar 2.7. Bagian Pelengkap dari kabel

1. Bantalan (*Bedding*)

Bantalan berfungsi untuk kedudukan perisai (*armour*) dan mencegah proses elektrolisa sehingga tidak merusak bagian dalamnya. Bantalan diletakkan dibawah perisai. Pada kabel isolasi kertas bantalan dilengkapi dengan kompon kedap air. Adanya kompon kedap air menyebabkan bantalan mempunyai sifat-sifat:

- a. Tidak bereaksi dengan perisai dan selubung namun tetap melekat dengan sempurna pada perisai dan selubung
- b. Tidak mudah berubah dengan adanya perubahan temperatur
- c. Tidak mudah sobek bila ada getaran

2. Perisai (*Armour*)

Karena ketahanan mekanis yang kurang sempurna maka diperoleh suatu lapisan yang berfungsi melindungi isolasi dari

kerusakan mekanis yang disebut perisai (*Armour*). Secara umum perisai dapat digolongkan menjadi dua jenis :

a. Perisai pita baja

Perisai jenis ini memberikan pengamanan yang cukup terhadap pukulan dan goresan tetapi tidak cukup pengamanan kaku atau longitudinal/membujur. Didalam pemasangan pita baja biasanya terdiri dari dua lapisan, dimana setiap lapisan terdiri dari dua pita kemudian dipasang sedemikian rupa sehingga lapisan kedua akan menutupi celah-celah yang ditinggalkan lapisan sebelumnya. Kekurangan perisai pita baja ini adalah kabel tidak fleksibel.

b. Perisai kawat baja

Perisai kawat baja digunakan untuk kabel yang mempunyai tegangan mekanis yang tinggi dan fleksibel. Di dalam pemasangannya perisai kawat baja hanya dipasang satu lapisan. Untuk menjaga agar perisai kawat baja pada tempat kedudukannya maka dipasang juga pita kawat baja yang mengikatnya melingkari kawat baja itu.

3. Bahan Pengisi (*Filler*)

Pada kabel berinti tiga masih terdapat celah setelah pemasangan ketiga intinya dengan demikian diperlukan suatu bahan yang dapat mengisi ruang itu agar diperoleh bentuk kabel yang bulat dan bahan pengisi berfungsi pula untuk memisahkan isolasi dengan tabir logam sehingga melindungi isolasi dari kemungkinan luka karena goresan tabir logam. Bahan yang mengisi celah inilah yang disebut bahan pengisi (*filler*). Bahan pengisi yang banyak dipakai pada bahan isolasi kertas ialah jute sedangkan kabel isolasi XLPE menggunakan PVC.

4. Sarung Kabel (*Serving*)

Pada kabel berisolasi kertas, sarung kabel adalah suatu lapisan bahan serat yang diresapi dengan kompon kedap air. Serving kabel biasanya adalah diatas armour. Fungsinya selain sebagai bantalan bagi armour juga sebagai komponen yang berhubungan langsung dengan tanah. Bahan serving kabel yang banyak digunakan adalah serving goni (pete). Pada kabel berisolasi XLPE, serving kabel tersebut dari PVC. Sebagian bahan-bahan termoplastik, PVC mempunyai sifat-sifat yang menguntungkan antara lain tidak mudah terbakar, kekuatan mekanis yang tinggi dan tidak menyerap air.

2.6. Jarak Aman Konstruksi Kabel Tanah

Karena menyangkut fasilitas PEMDA seperti jalan raya,trotoar atau instalasi pengguna lainnya (Telekom/PAM),dikawasan perkotaan pekerjaan konstruksi SKTM untuk sistem distribusi harus dilaksanakan dengan ketentuan/seijin PEMDA setempat. Sebagaimana ditetapkan dalam SNI 04-0225-2000 tentang Peraturan Umum Instalasi Listrik, jarak aman antara instalasi bawah tanah lain ditetapkan sebagai berikut :

Tabel 2.1. Kontruksi Kabel Tanah

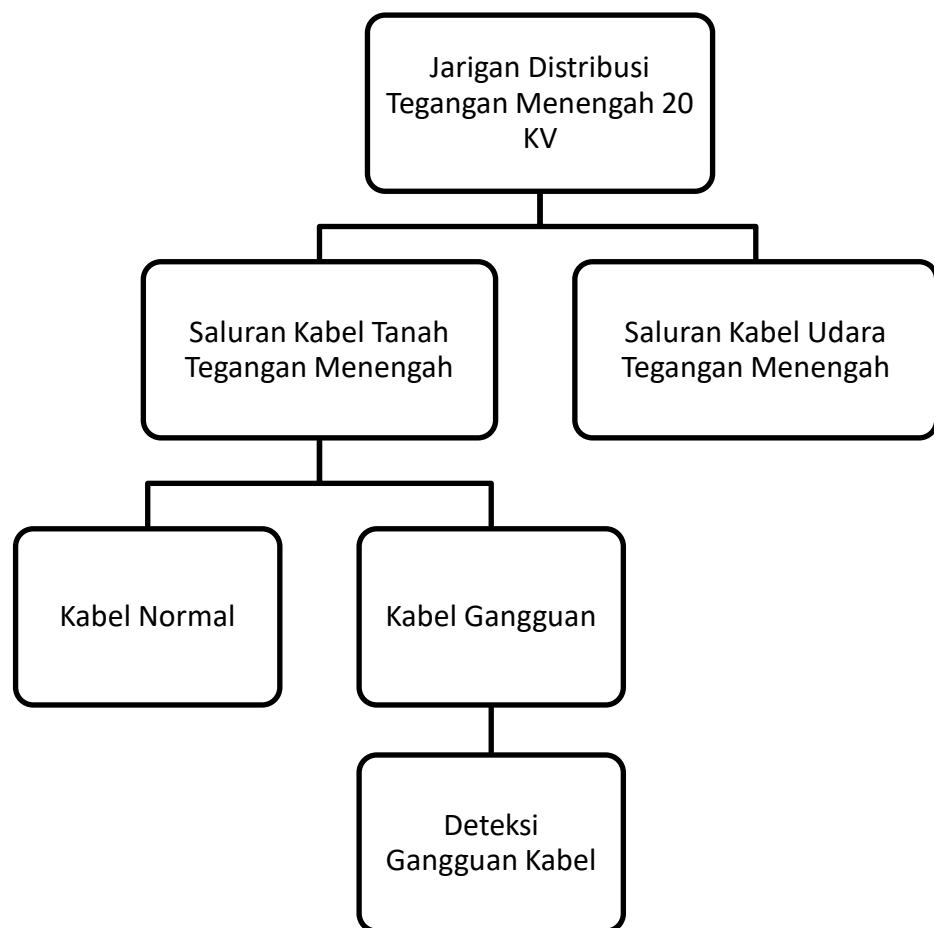
No	Kondisi	Jarak aman instalasi/perlakuan
1.	Persilangan antar SKTM 20 kV	Harus berjarak 30 cm dan diberi penyekat lempengan plat beton 6cm
2.	Persilangan/sejajar dengan kabel tanah telekomunikasi	>30 Cm Kabel Kabel listrik harus di bawah kabel telekomunikasi dan dilindungi pipa beton belah, atau lempengan minimum tebal 6 cm dan dilebihkan 0,5 meter pada sisi kiri kanan persilangan, Bila kabel telkom sejajar dengan kabel TM sepanjang selama sejajar harus dimasukkan dalam pipa beton belah / pelat beton atau sejenis.

3.	Persilangan dengan Pipa air PAM/Gas	>30 Cm Kabel Kabel listrik harus di bawah saluran pipa PAM/Gas dan dilindungi pipa beton belah, atau lempengan minimum tebal 6 cm dan dilebihkan 0,5 meter pada sisi kiri kanan persilangan, Bila saluran pipa PAM/Gas sejajar dengan kabel TM sepanjang selama sejajar harus dimasukkan dalam pipa beton belah / pelat beton atau sejenis.
4.	Persilangan/Sejajar dengan rel kereta api.	Kabel harus berjarak minimal 2 meter dari rel kereta api. Jika persilangan, kabel harus dimasukkan dalam pipa baja diameter > minimal 4" dan dilebihkan 2 meter dari rel kereta, dengan kedalaman 2 meter dibawah rel kereta api.
5.	Persilangan dengan jalan raya atau jalan lingkungan.	Kedalaman minimal kabel adalah 0,80 m, Kabel harus di masukkan kedalam Pipa baja atau PVC 4", yang dilebihkan minimal 0,5 meter sisi kiri kanan bahu jalan. Untuk jalan lingkungan, bilamana saat konstruksi jalan tersebut dapat digali sementara, pipa baja/ PVC dapat dipasangkan ½ bilah
6.	Persilangan dengan saluran/bangunan air irigasi	Persilangan dibawah; Kabel harus ditanam dengan Jarak minimal kabel tanah dari bangunan air adalah 0,3 meter dan harus dimasukkan kedalam pipa beton/logam dengan diameter > 4" dan dilebihkan 0,5 meter pada kedua sisi perlintasan. Pada kedua tepi saluran air dimana kabel tanah ditanam harus diberi tanda . Jika harus menyeberangi, harus menggunakan jembatan kabel berpelindung baja.
7.	Persilangan/Sejajar dengan SKTR.	Kabel SKTM harus diletakan dibawah SKTR dengan jarak minimal 30 cm baik untuk persilangan atau sejajar

Bila saat instalasi kondisi lapangan tidak memungkinkan untuk pemenuhan jarak aman tersebut diatas, pelaksanaan akhir harus ditambahkan penguatan struktur pelindung dan dengan sepengetahuan

PEMDA. Jenis Konstruksi SKTM bawah tanah pada garis besarnya dibedakan atas sistem tanam langsung (*direct buried cable*) menggunakan pipa saluran/*ducting* atau terowongan (*tunneling cable*). Dasar pemilihan jenis konstruksi ini secara ringkas dapat dilihat sebagai berikut.

2.7. Kerangka Pemikiran



Gambar 2.8. Kerangka Pemikiran