

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian mengenai mengidentifikasi lokasi *partial discharge* pada assesment kabel XLPE sktm 20KV. telah banyak dilakukan sebelumnya .Beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya terkait *partial discharge* tersebut dijadikan sebagai acuan (referensi) dalam pengembangan pembahasan proyek akhir ini. Hal ini dilakukan bertujuan untuk menentukan batasan-batasan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini.

(Pungki Oktharia Hermawan, 2009) melakukan penelitian tentang Analisis *partial discharge* pada pengujian kabel XLPE satu inti dan tiga inti. Dalam penelitian ini diperoleh hasil analisa bahwa pada pengujian yang dilakukan didapatkan bahwa tidak ada pola hubungan antara ukuran kabel dengan nilai *partial discharge* terukur baik pada kabel XLPE satu inti dan tiga inti

(Renville Sapulete, 1996) melakukan penelitian tentang pengaruh internal *partial discharge* kabel terhadap kegagalan isolasi kabel diperoleh hasil bahwa untuk kabel XLPE 20KV, bila internal *partial discharge* menapai nilai antara 8200 pC dan 8300 pC akan segera terjadi kegagalan isolasi kabel tersebut Sejalan dengan beberapa penelitian diatas maka pada penelitian ini akan dianalisa kembali sebab-sebab *partial discharge* dan menentukan lokasi *partial discharge* pada kabel XLPE dengan menggunakan alat OWTS pada sistem 20 KV serta bagaimana pengaruhnya terhadap pendistribusian energi listrik.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Sistem Proteksi Saluran Distribusi

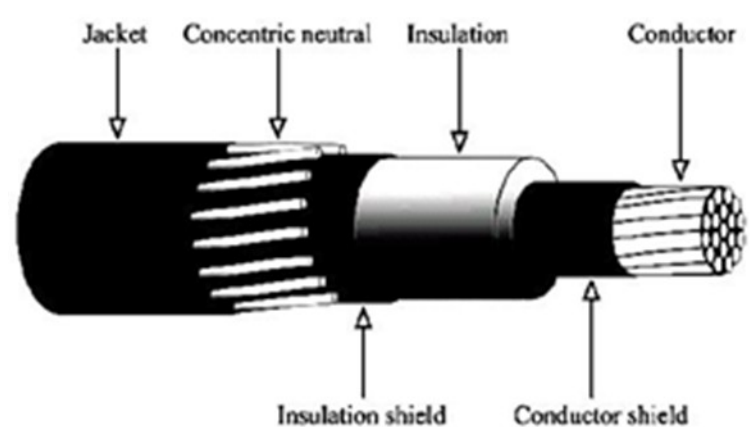
Saluran kabel bawah tanah (*underground cable*) merupakan saluran

distribusi yang menyalurkan energi listrik melalui kabel yang ditanam di dalam tanah. Kategori saluran distribusi ini lebih banyak digunakan untuk pemasangan di dalam kota yang banyak terdapat bangunan-bangunan tinggi. Saluran ini berada di dalam tanah sehingga tidak mengganggu keindahan lingkungan kota, tidak membahayakan manusia dan juga tidak mudah terjadi gangguan akibat kondisi cuaca atau kondisi alam lainnya. Namun di sisi lain saluran kabel bawah tanah juga memiliki kekurangan yaitu dari segi ekonomis. Saluran ini membutuhkan penghantar yang lebih besar, isolasi yang harus lebih tebal, selubung dan pelindung sepanjang kabel, sambungan yang relatif lebih banyak serta pemasangannya ke dalam tanah membuat biaya pembuatan saluran distribusi ini jauh lebih mahal dibandingkan dengan saluran udara. Selain itu sangat sulit menentukan titik gangguan dan perbaikannya.

2.2.2 Kabel saluran bawah tanah

Pada Sistem listrik dari saluran distribusi bawah tanah dengan kabel banyak ragamnya. Dahulu, sistemnya di Jepang adalah sistem tiga-fasa tiga kawat dengan netral yang tidak ditanahkan. Sekarang, sistem pembumiannya adalah dengan tahanan tinggi atau dengan reactor kompensasi, untuk mengkompensasikan arus pemuat pada kabel guna menjamin bekerjanya rele serta guna membatasi besarnya tegangan lebih. Di Eropa sistem pembumian dengan reactor banyak dipakai, sedang di Amerika sistem pembumian langsung atau sistem pembumian dengan tahanan yang kecil banyak digunakan. Juga di Jepang sekarang banyak terlihat sistem Amerika yang terakhir itu dipakai, terutama untuk saluran kabel diatas 66 kV. Dalam sistem kelistrikan saluran distribusi merupakan rantai penghubung antara pusat-pusat pembangkit tenaga menuju pusat beban melalui gardu induk transmisi dan distribusi. Berdasarkan cara pemasangannya saluran sistem distribusi 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 seperti kabel bawah laut 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. Inti dari suatu kabel adalah penghantar fase, berikutnya pelindung penghantar, isolator kabel, selanjutnya pelindung isolator, netral dan terakhir lapisan pembungkus. Kebanyakan kabel distribusi adalah penghantar tunggal. Jenis kabel yang biasanya digunakan ada dua jenis, yaitu kabel netral konsentris (*concentric neutral cable*) dan kabel daya (*power cable*). Kabel netral konsentris biasanya mempunyai penghantar aluminium, isolasi dan netral konsentris, gambar 2.1 berikut menunjukkan jenis kabel dengan netral konsentris.



Gambar 2.1 Kabel Netral Konsentris

2.2.3 Kode penandaan kabel

Untuk kabel yang dibuat berdasar SPLN, kabel harus diberi

penandaan, dari penandaan ini kabel dapat langsung diketahui jenis kabel tersebut.

Kode penandaan kabel sebagai berikut:

Tabel 2.1. Kode penandaan kabel

Huruf Kode	Komponen
N	Inti terbuat dari bahan tembaga
NA	Inti terbuat dari bahan alumunium
2X	Isolasi XLPE (polietilen ikat silang)
S atau SE	Lapisan logam tembaga pada masing-masing inti
C	Penghantar tembaga konsentris
CE	Penghantar tembaga konsentris pada masing-masing inti
Y	Selubung dalam PVC
2Y	Selubung luar PE (polietilen)
Y	Selubung luar PVC
FGb	Perisai kawat baja galvanis pipih
RGb	Perisai kawat baja galvanis bulat
B	Perisai pita baja galvanis
Cm	Penghantar dipilin bulat dipadatkan
rS	Penghantar bulat terdiri dari sector-sektor

2.2.4 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 pengaruh lain yang terdapat didalam tanah.

Penggunaan Saluran Kabel 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.

2.2.5 Jenis isolasi kabel

Untuk melakukan pemilihan isolasi yang sesuai dengan kebutuhan, diperlukan evaluasi atas data-data sebagai berikut : (Ngapuli, 1988:03).

- a. Tahanan isolasi Merupakan ukuran terhadap kebocoran isolasi, sehingga turut menentukan besarnya kerugian dielektrik atau efisiensi dari pada suatu saluran transmisi/distribusi. Faktor yang biasanya dinyatakan dengan tahanan jenis isolasi. Bahan isolasi umumnya mempunyai koefesien suhu negatif, yaitu tahanan isolasi turun dengan naiknya suhu. Karena itu persyaratan tahanan jenis isolasi biasanya diberikan pada suhu kerja bahan tersebut.
- b. Faktor daya merupakan perbandingan antara daya aktif dan daya sebenarnya. Jadi merupakan ukuran secara langsung atas

efisiensi saluran transmisi/ distribusi.

- c. Konstanta dielektrik merupakan karakteristik bahan isolasi yang menentukan kerugian dielektrik sebagai fungsi frekuensi.
- d. Ketahanan terhadap air ketahanan terhadap korona dan ionisasi
- e. Menentukan ketahanan isolasi terhadap tegangan tinggi dalam frekuensi daya atau dalam bentuk impuls.
- f. Fleksibilitas mekanis.
- g. Kondisi disekitar tempat instalasi.
- h. Biaya (kabel, alat penyambung buat instalasi).

2.2.6 isolasi kabel

a. Isolasi kertas

Kabel tanah berisolasi kertas dapat digunakan untuk tegangan tinggi sampai 400 KV, baik untuk kabel minyak bertekanan rendah (*low pressure oilfilled– LPOF*) yang terpadu dalam satu kabel (*self contained*) dan kabel berisolasi kertas yang dimasukkan kedalam pipa, lalu diisi dengan minyak bertekanan tinggi (*high pressure oil filed – LPOF*).

Kertas sebagai isolasi dapat berupa kertas kering maupun kertas yang diresapi minyak. Pada saat dibuat dipabrik (*oil impregnated paper*), dimana kekuatan dielektrik kertas itu tergantung pada ketebalan, kepadatan ketahanan terhadap air (impermeabilitas), kekuatan tarik (*tensile strength*), kemuluran. Permittivitas relative, faktor disipasi dan kekuatan tembus listriknya.

Peresapan kertas dengan minyak pada kabel tegangan tinggi (diatas 30 KV), dimaksudkan untuk menghindari agar serat-serat kertas tidak pecah karena terbentuknya kantong-kantong udara (*void*) atau gas dalam kertas isolasi yang dapat berkembang dan mengerut menjadi bagian-bagian yang tidak sama, dengan bertambahnya panas pada siklus beban. Tekanan pada kantong udara ini adalah tinggi, sehingga terjadi pelepasan muatan

(*discharge*) yang menimbulkan panas dan dapat menghanguskan kertas. Dengan kata lain kertas sebagai isolasi mengalami "*partial discharge*" yang mengakibatkan kegagalan isolasi (*break down insulation*).

b. Isolasi campuran diresapi Minyak

Pada hakekatnya kabel dengan jenis isolasi campuran dan diresapi minyak adalah kabel yang berisolasi kertas yang diresapi minyak pada saat dibuat (*oil impregnated paper*), dimana didalam kabel tersebut dialiri dengan minyak yang bertekanan minyak. Dalam hal ini yaitu berfungsi sebagai: isolasi listrik yang memperkuat dielektrik pada kertas isolasi dan media pendingin kabel.

Kabel (isolasi) kertas yang diresapi minyak (*oil impregnated*) biasanya digunakan untuk saluran transmisi bawah tanah, meskipun untuk tegangan dibawah 35 kV kabel plastik atau kabel butyl juga dipakai. Sebagai penghantar biasanya digunakan kawat tembaga berlilit (*annealed stranded*), meskipun kawat aluminium berlilit (karena ringan) juga dipakai untuk kabel udara. Sebagai pembungkus sering digunakan timah hitam, meskipun aluminium sekarang juga disukai, bukan saja untuk kabel udara, tetapi juga untuk kabel minyak. Sebagai kulit pelindung digunakan pita baja untuk kabel tiga-kawat yang ditaruh langsung dan kawat baja untuk kabel tiga-kawat yang ditaruh didasar laut . Kawat tembaga,kawat baja tahan karat dan kawat aluminium digunakan bila kabel satu-kawat dipasang dengan tarikan.

c. Isolasi PVC

Merupakan jenis kabel yang berkawat satu atau lebih, berisolasi dan berselubung PVC, tegangan nominal 500 volt. Kabel NYM biasanya digunakan untuk instalasi biasa di dalam gedung, dalam ruang kering maupun lembab dan di atas atau di bawah semen. Di samping itu, karena kemampuan mengalirkan arus yang lebih besar, pada umumnya dapat

digunakan kabel XLPE dengan ukuran penghantar satu tingkat di bawah kabel kertas.

d. Isolasi XLPE

Dari segi isolasi, sekarang orang mulai menggunakan XLPE yang memiliki ketahanan kerja lebih baik, meskipun harganya mahal dibandingkan dengan isolasi sintetis jenis lain. XLPE mempunyai karakteristik paling baik, tetapi pada umumnya isolasi sintetis mempunyai kelebihan di bandingkan dengan isolasi kertas

2.2.7 Kabel XLPE

Kabel tanah *cross-linked polyethylene* atau lebih dikenal dengan kabel XLPE merupakan jenis kabel yang banyak digunakan saat ini sebagai kabel saluran distribusi dibawah tanah. Penggunaan ini kemungkinan akan kerja peningkatan meningat akan adanya peningkatan mengingat akan adanya peningkatan rasio elektrifikasi, serta keunggulan – keunggulan yang ditawarkan oleh kabel XLPE ini.

Disisi lain, keunggulan – keunggulan yang diberikan isolasi XLPE ini dalam tugasnya sebagai kabel saluran bawah tanah akan menjadikan kabel XLPE sebagai pilihan utama untuk sat ini. Dengan keunggulan seperti daya tahan suhu yang tinggi, daya tahan akan stress mekanikal ataupun oksidasi dan reaksi kimia yang baik, dan keunggulan lainnya.

Isolasi XLPE digunakan pada kabel yang bertegangan mencapai 110 KV atau bisa digunakan pada kabel tegangan menengah. Keuntungan dari isolasi XLPE adalah:

1. Suhu kerja lebih tinggi sehingga dapat dialiri arus yang lebih tinggi.
2. Bobot yang ringan.
3. Bisa digunakan pada frekuensi tinggi.

Adapun permasalahan yang terdapat pada isolasi PE (XLPE) adalah

lebih sensitif terhadap pelepasan muatan (*partial discharges*), serta umur bahan yang tidak terlalu lama. Apabila sering terjadi pelepasan muatan maka disini akan terjadi suatu kegagalan pada isolasi tersebut, yaitu mengalirnya muatan pada isolasi. Hal ini tidak diinginkan, karena ini sangat berpengaruh terhadap umur bahan. Bentuk kegagalan yang dominan adalah kegagalan thermal, yang dipengaruhi oleh suhu dari kabel tersebut akibat dialiri oleh tegangan, khususnya tegangan bolak-balik.

2.2.8 Kegagalan sambungan SKTM

Kegagalan kabel SKTM yang dimana kebanyakan berada pada *acesories* kabel bukan pada kabel. Ada beberapa alasan mengapa *acesories* dari kabel yang lebih rentan mengalami kegagalan :

1. Mereka mengalami tekanan mekanik dan thermal lebih tinggi
2. Dilakukan penyambungan dilapangan sehingga sangat tinggi kemungkinan terdapat kecacatan.
3. Tidak dilakukan pengetesan ketahanan seperti yang dilakukan pada kabel baru.
4. Kualitas dari hasil penyambungan berdasarkan dari kemampuan dan pengalaman pekerja dilapangan.



Gambar 2.2 Cavities in the shrink type cable joints



Gambar 2.3 *Cavities in resin insulation*



Gambar 2.4 *Joint insulation contamination*

2.2.9 Faktor kegagalan kabel

a. *Operational Stress*

Pada sistem kabel beban selalu berubah-ubah yang menyebabkan perubahan suhu dan hasil dari bergeser (*transversal strengths*) pada sistem kabel. Hasil dari tekanan axial pada sambungan kabel, *accessories* dapat bergeser dan menyebabkan meningkatnya stresses di dalam kabel. Kemungkinan dapat terjadi pada instalasi joint kabel dan juga perubahan beban dan arus hubung singkat didalam sistem kabel dapat menyebabkan mechanical stress pada konektor pada *jointing* kabel. Jika kabel mengalami *mechanical stress* dapat menyebabkan penurunan kemampuan dari konektor di

joint kabel, hal ini akan meningkatkan suhu pada kabel. Selain itu perubahan beban harian dapat mengakibatkan kabel memuai dan menyusut

b. Univormental Sterss

Kondisi lingkungan sangat mempengaruhi kondisi kabel yang dapat menyebabkan gangguan kabel. Kelembapan tanah, tanah yang berpolusi dan tekanan pada tanah beberapa contoh dari environmental stresses. Jika kabel berada di tanah yang lembab dapat menyebabkan mechanical stresses pada kabel tersebut, Hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada pelindung dari air dan menyebabkan penurunan dari kualitas insulation.

c. Human Handing

Saat menyambung antar kabel dilakukan dilapangan hal ini dapat menyebabkan kegagalan kabel disebabkan adanya benda asing (debu atau kotoran) yang menempel di dalam sambungan kabel.