

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Beberapa penelitian yang sudah ada dan berhubungan dengan teknik terminasi kabel bawah tanah:

Puspita Tata Negara, Ahmad (2006) dalam Thesis yang berjudul **ANALISIS PENAMBAHAN DIELEKTRIK UNTUK MEREDUKSI TEKANAN LISTRIK (*ELECTRIC STRESS*) PADA TERMINASI KABEL XLPE 20 kV** manfaat dari thesis ini cara pemasangan Terminasi adalah alat yang dibutuhkan oleh ujung kabel tenaga tegangan menengah atau tegangan yang lebih tinggi dimana kabel akan dihubungkan dengan peralatan. Pada terminasi ini diperlukan pengupasan dan pemotongan bagian-bagian kabel sesuai dengan instruksi pemasangan terminasi, seperti pemotongan shield tembaga dan pengupasan screen isolasi. Pengerjaan ini menyebabkan pendistribusian medan listrik yang tidak homogen sehingga medan akan terkonsentrasi pada bagian ujung screen isolasi.

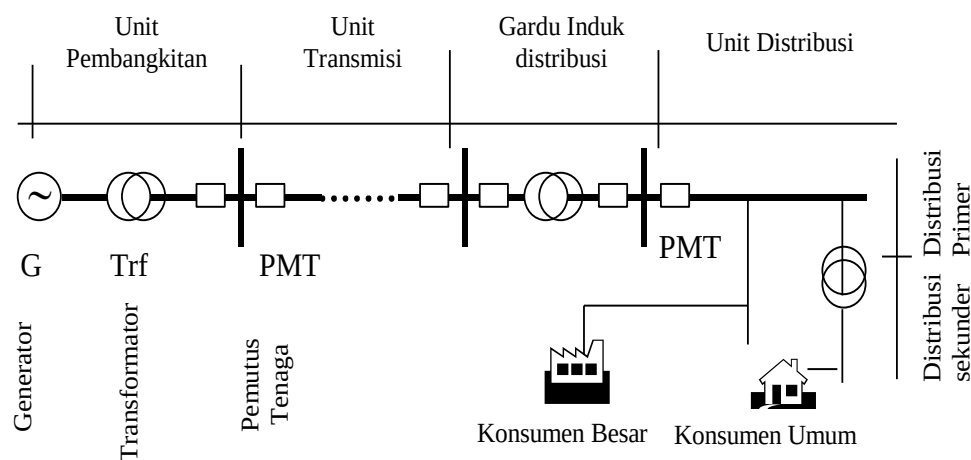
Muhammad Ibnu Hadi (2016) dalam Proyek Akhir yang berjudul **MENENTUKAN LOKASI TITIK GANGGUAN PADA KABEL TANAH TEGANGAN MENENGAH 20 kV** manfaat dengan menggunakan kabel bawah tanah konstruksi aman dan handal untuk mendistribusikan tenaga listrik tegangan menengah dengan tegangan kerja 20 kV, tetapi relatif lebih mahal untuk penyaluran daya yang sama karena posisi jaringan yang berada dibawah tanah. Penggunaan saluran kabel bawah tanah ini merupakan sarana untuk meningkatkan kualitas distribusi, dibandingkan dengan saluran udara tegangan menengah, penggunaan saluran kabel bawah tanah akan memperkecil resiko kegagalan operasi akibat faktor eksternal atau meningkatkan keamanan ketenaga listrikan. Cara mendeteksi gangguan kabel bawah tanah dengan menggunakan alat *Voltage detector* dengan cara alat ini dapet menentukan lokasi gangguan dan kondisi kabel bawah tanah.

Edy Mu'tasim Billah (2009) Dalam Thesis yang berjudul **APLIKASI STATISTIK PERMUDA PERAWATAN KABEL LISTRIK BAWAH TANAH** Dengan menggunakan pemodelan statistik, data-data pengukuran *Partial Discharge* (PD) pada kabel listrik tegangan menengah, dapat digunakan untuk memperkirakan umur kabel, dan kapan kabel tersebut dapat diganti. *Partial Discharge* (PD) sendiri adalah fenomena ketika terjadi kerusakan lokal pada insulasi kabel ketika kabel diberikan stress berupa tegangan tinggi tertentu. Tujuan Penelitian untuk menganalisis data *Partial Discharge* dari lapangan, dan memecahkan masalah pengukuran *Patial Discharge* yang kurang baik. Problem-problem yang dihadapi dalam transfer data pengukuran *Partial Discharge* saat ini antara lain kurangnya data yang diambil atau dicatat sehingga tidak cukup untuk analisis statistik, serta tipe-tipe komponen (kabel) yang belum didefinisikan secara jelas.

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Sistem Distribusi tenaga listrik merupakan salah satu bagian dari suatu sistem Distribusi tenaga listrik yang dimulai dari Pemutus Tenaga (PMT) *incoming* di Gardu Induk (GI) sampai dengan Alat Pengukur dan Pembatas (APP) di instalasi konsumen.



Gambar 2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik

Unit distribusi tenaga listrik dalam hal ini berfungsi untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik dari pusat-pusat suplai atau gardu induk ke pusat-pusat beban yang berupa gardu distribusi atau secara langsung mensuplai tenaga listrik ke konsumen dengan mutu yang memadai. Dengan demikian unit distribusi ini menjadi suatu sistem tersendiri karena unit ini memiliki komponen peralatan yang saling berkaitan dalam operasinya untuk menyalurkan tenaga listrik.

Sistem adalah perangkat unsur-unsur yang saling ketergantungan yang disusun untuk mencapai suatu tujuan tertentu dengan menampilkan fungsi yang ditetapkan. Perbedaan unit distribusi dapat dibedakan yaitu :

1. Distribusi primer

sering disebut dengan Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dengan tegangan operasi nominal 20 kV / 11,6 kV. Bentuk saluran distribusi yang umum digunakan di PT. PLN (Persero) adalah Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) dan Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM). Sistem distribusi primer dimulai dari sisi sekunder trafo step down pada Gardu Induk (GI) dan berakhir pada sisi primer trafo step down pada gardu distribusi. Perbedaan utama dalam penyalurannya adalah pada segi konstruksi, bahan, keandalan dan sisi ekonomis. Di sisi konstruksi SUTM penyaluran listrik melalui udara dan disangga dengan tiang sedangkan sistem SKTM penyaluran melewati Bawah tanah yang akan menuju pada sistem distribusi lain hingga ke konsumen. Pada dasarnya sistem tersebut sama dan bertujuan sebagai penyaluran listrik hingga konsumen, di sisi keandalan SKTM lebih handal karena berada dibawah tanah, tidak terpengaruh gangguan eksternal oleh pepohonan, cuaca dan nilai estetika. Sedangkan dari segi biaya SUTM jauh lebih murah.

2. Distribusi Sekunder

sering disebut sistem Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dengan tegangan operasi nominal 380 volt / 220 volt. Sistem distribusi sekunder dimulai dari sisi sekunder trafo step down pada gardu distribusi 20 kV dan berakhir pada sambungan rumah Tegangan Rendah (TR). Melalui jaringan distribusi ini disalurkan tenaga listrik kepada para pengguna atau pelanggan listrik. Ruang lingkup distribusi JTR langsung berhubungan dan berada pada lingkungan daerah berpenghuni, maka selain harus memenuhi persyaratan kualitas teknis pelayanan juga harus memenuhi persyaratan aman terhadap pengguna dan akrab terhadap lingkungan. Untuk kabel sambungan rumah saat ini telah menggunakan *twisted* kabel dengan inti penghantar dari material aluminium dan tembaga. Penyaluran pada sistem distribusi sekunder ada 2 yaitu Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR), Saluran Kabel Tegangan Rendah (SKTR).

Sistem distribusi tegangan menengah mempunyai tegangan kerja di atas setinggi-tingginya 35 kV. Sementara itu pada distribusi tegangan rendah mempunyai tegangan kerja setinggi-tingginya 1 kV.

Jaringan distribusi tegangan menengah berawal dari gardu induk atau pusat listrik. Pada beberapa tempat berawal dari pembangkit listrik. Bentuk jaringan dapat berbentuk radial atau tertutup. Jaringan distribusi tegangan rendah berbentuk radial murni.

Sambungan tenaga listrik adalah bagian paling hilir dari sistem distribusi tenaga listrik. Pada sambungan tenaga listrik tersambung alat pembatas dan pengukur (APP) yang selanjutnya menyalurkan tenaga listrik kepada pemanfaat.

2.2.2. Sistem Jaringan Tegangan Menengah

Konstruksi jaringan tenaga listrik tegangan menengah dapat dikelompokkan sebagai berikut :

1. Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM)

Saluran Udara Tegangan Menengah (SUTM) berfungsi menyalurkan daya listrik dari gardu induk ke gardu-gardu distribusi atau pelanggan tegangan menengah dan dari gardu-gardu distribusi atau pelanggan tegangan menengah dan gardu-gardu distribusi ke gardu distribusi lain melalui saluran udara tegangan menengah dengan tegangan kerja 20 kV. Saluran udara tegangan menengah adalah sarana untuk menyalurkan daya listrik yang dipasang diudara dan ditempatkan di atas tiang biasanya menggunakan jenis penghantar telanjang yaitu A3C (*All Aluminium Alloy Conductor*). Penggunaan penghantar telanjang harus memperhatikan faktor-faktor yang terkait dengan keselamatan ketenaga listrikan, seperti jarak aman minimum antar fasa penghantar bertegangan 20 kV atau dengan pohon dan dengan jangkauan manusia, untuk menghindari dari terjadinya gangguan yang dapat mengurangi keandalan penyaluran tenaga listrik.

2. Saluran Kabel Tegangan Menengah (SKTM)

Saluran kabel tegangan menengah adalah konstruksi kabel bawah tanah yang aman dan andal untuk mendistribusikan tenaga listrik tegangan menengah dengan tegangan kerja 20 kV, tetapi relatif lebih mahal untuk penyaluran daya yang sama karena posisi jaringan yang berada dibawah tanah. Penggunaan saluran kabel bawah tanah ini merupakan sarana untuk meningkatkan kualitas distribusi, dibandingkan dengan saluran udara tegangan menengah, penggunaan saluran kabel bawah tanah akan memperkecil resiko kegagalan operasi akibat faktor eksternal atau meningkatkan keamanan ketenagalistrikan.

Saluran kabel tegangan menengah memiliki kabel yang berupa kawat yang berisolasi XLPE sehingga tahan terhadap tegangan tertentu antara satu penghantar dengan penghantar lainnya, maupun penghantar dengan tanah yang dibungkus suatu pelindung, sehingga terhindar dari pengaruh keadaan dan gangguan dalam tanah.

Dalam jaringan distribusi yang merupakan bagian dari sistem penyaluran tenaga listrik terhadap peralatan-peralatan yang menunjang kelangsungan penyaluran daya, semua komponen termasuk kabel bawah tanah. Sistem distribusi bawah tanah harus mampu beroperasi walaupun semuanya terendam dalam air, baik untuk sewaktu-waktu ataupun untuk beberapa tempat terus menerus, karena itu diperlukan suatu persyaratan dan sistem isolasi yang khusus untuk melindungi peralatan dari kelembapan.

Keuntungan penggunaan kabel bawah tanah dibandingkan dengan jaringan udara adalah :

Keuntungan penggunaan kabel bawah tanah

1. Tidak tampak, sehingga tepat untuk penggunaan dikawasan perkotaan yang menuntut estetika lebih tinggi.
2. Lebih aman dari bahaya tegangan sentuh.
3. Kemungkinan terjadinya gangguan oleh alam relatif kecil.

Kerugian penggunaan kabel bawah tanah

1. Sulit untuk mendeteksi letak gangguan bila terjadi gangguan.
2. Harga kabel dari keseluruhan sistem lebih mahal (biaya investasi mahal).
3. Sulit dalam pengerjaan jointing dan terminasi.

2.2.3. Komponen-Komponen Kabel Bawah Tanah

1. Penghantar

Fungsi Penghantar adalah sebagai penghantar arus listrik pada kondisi normal, arus beban lebih dan pada saat terjadi hubung singkat

Tabel 2.1 Jenis Penghantar

Jenis penghantar	Kandungan logam (gr/cm)	Tahanan suhu 20°C (Ω .mm ² /km)
Tembaga	8.89	17.241
Alumunium	2.703	28.264

2. Lapisan Semikonduktif

a. Semikonduktif bagian dalam (*Inner Semiconductive*)

Fungsi :

- 1). Menyamaratakan medan listrik (*electrical stress*) dipertemuan antara penghantar & lapisan semikonduktif bagian dalam.
- 2). Memastikan permukaan penghantar menjadi rata (*smooth*), untuk menghindari konsentrasi medan listrik dipermukaan penghantar.

b. Semikonduktif bagian luar (*Outer Semiconductive*)

Fungsi :

- 1). Menyamaratakan medan listrik (*electrical stress*) dipertemuan antara insulasi XLPE & lapisan semikonduktif bagian luar.
- 2). Memastikan permukaan insulasi XLPE terhubung dengan lapisan pelindung elektris (*screen*) & penghubung dengan potensial pembumian.

3. Isolasi XLPE = *Cross Linked Poly Ethylene*

Fungsi :

Menahan tegangan tembus pada saat beroperasi normal maupun saat terjadi gangguan surja.

4. Pelindung Elektris (*Metallic Screen*)

Material : Kawat tembaga dengan pengikat pita tembaga, atau pita tembaga yang dililitkan.

Fungsi :

- Pelindung elektris, agar tidak ada medan listrik disekeliling inti kabel.
- Penghantar pembumian terkait arus hubung singkat.
- Memiliki kontribusi sebagai pelindung mekanis inti kabel.

5. Pelindung Mekanis (*Armour*)

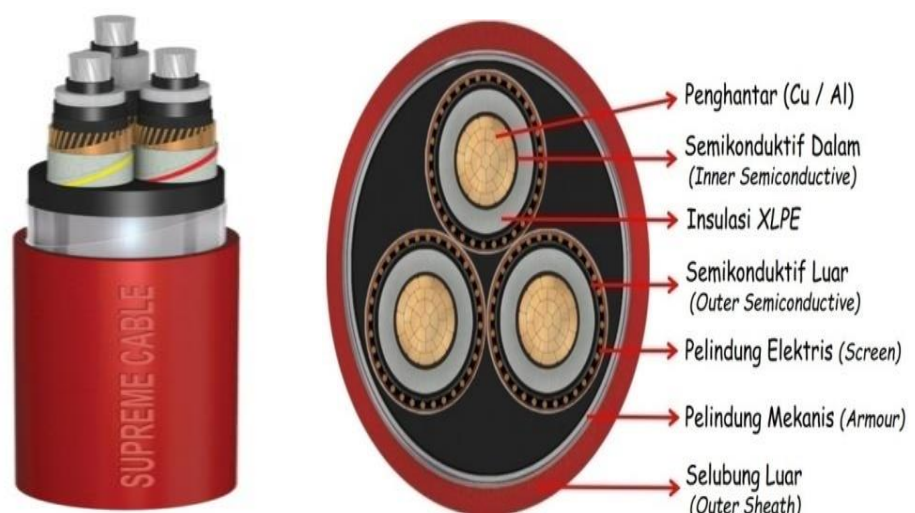
Material : pita baja galvanis atau kawat baja galvanis.

Fungsi : Perlindungan terhadap benturan mekanis (*armour*).

6. Selubung luar (*Outer Sheath*)

Fungsinya untuk :

- Mengisolasi lapisan armour dari media sekeliling kabel.
- Mengamankan lapisan perisai dari korosi.
- Mengurangi dari bahaya penyalaran api.
- Indikasi pelindung luar kabel, berwarna merah



Gambar 2.2 Konstruksi Kabel Tanah NA2XSEYBY 3X150 cm

2.2.4. Penandaan Kabel Bawah Tanah

Untuk kabel yang dibuat berdasrka SPLN, kabel harus diberi penandaan, dari penandaan ini kabel dapat langsung diketahui jenis kabel tersebut.

Kode penandaan kabel sebagai berikut:

Tabel 2.2 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 sektor-sektor

2.2.5. Fungsi Kabel Tanah

Fungsi kabel tanah adalah untuk menyalurkan tenaga listrik dari suatu tempat ketempat lain atau dari suatu gardu ke gardu lain dengan melalui kabel yang ditanam didalam tanah.

Pada saat ini kabel tanah telah banyak digunakan di Indonesia, terutama dengan berkembangnya jaringan distribusi bawah tanah. Fungsi dari kabel tanah ini adalah sebagai saluran atau penghantar

tenaga listrik yang ditanam didalam tanah. Karena banyaknya jenis kabel maka perlu diadakan pembatasan yaitu hanya pada terminasi indoor kabel bawah tanah tegangan menengah 20 kV yang akan dibicarakan karena terminasi kabel tersebut banyak dipakai di Indonesia.

2.2.6. SOP Pemasangan Terminasi *Indoor*

PETUGAS YANG TERLIBAT :

- Asman Distribusi
- Supervisor Operasi
- Pelaksana Lapangan
- Jointer Pabrikan
- Pengatur TM dan Pengatur APD
- Pengawas

PERALATAN KERJA :

- Radio HT Komunikasi
- Kunci Gardu
- Camera Digital
- Kotak Ujung
- Rambung-Rambung Pengaman
- Megger
- Kain lap /majun
- Tambang plastik
- Kendaraan Unit

PERLENGKAPAN K3:

- Alat Pelindung Diri (APD)
- Helm kerja
- Sepatu alas karet tahan tegangan 20 kV
- Sarung tangan kulit
- Pakaian Kerja

MATERIAL :

- Kabel TM 20 kv
- Alat-Alat terminasi
- Semen Putih
- Gypsum

PEROSSEDUR KERJA :

1. Pengawas mendata jenis dan ukuran kabel SKTM yang akan dipasang. Terminasi dilakukan untuk pasang baru atau terjadi gangguan kabel, timbulnya korona jamur, isolasi ujung kabel terbakar, kondisi kabel yang sudah tua.
2. Pengawas menghubungi pabrikan terminasi untuk menyiapkan peralatan terminasi sesuai rencana kerja, dan terminasi dilaksanakan dengan orang yang sudah bersertifikat atau biasa disebut *Jointer*.
3. Pengawas PLN bersama pelaksana menuju lokasi gardu.
4. Pengawas meyakinkan bahwa kondisi gardu dalam keadaan padam / tidak bertegangan.
5. Pelaksana wajib menggunakan APD sesuai standar sebelum melaksanakan pekerjaan.
6. Sebelum melaksanakan pemasangan pelaksana memasang pagar pengaman jika pelaksanaan digardu portal pinggir jalan, tenda pengaman dan baliho (identitas pelaksana pekerjaan).
7. Pengawas memastikan dop kabel (penutup ujung kabel) yang akan dipasang dalam keadaan tertutup dan bersih.
8. *Jointer* mengukur tahanan isolasi kabel keujung-ujung kabel serta menandai urutan fasa kabel.
9. *Jointer* melaksanakan pemasangan sesuai instruksi manual *book* pada terminasi yang sudah disediakan oleh pabrikan terminasi misal Cellpack.
10. Pengawas meyakinkan bahwa pekerjaan pemasangan sudah sesuai urutan antar fasa-fasa
11. Lakukan perbaikan untuk menahan kabel terminasi dengan urutan :
 - a. Pasang seng plat besi untuk menahan kabel
 - b. Lapsi seng dengan semen putih gipsun warna putih untuk menahan kabel.

12. Tutup pintu *indoor*.
13. Normalkan kebal Gardu yang sudah dipasang terminasi.
14. Selesai pelaksanaan terminasi, material bekas pemasangan terminasi dibuang (tidak boleh dipergunakan kembali).
15. Pengawas melaksanakan tagging koordinat terminasi sebagai tanda apabila kemudian hari terjadi gangguan lagi pada segmen *indoor*.
16. Pengawas mendokumentasikan kegiatan pemasangan terminasi dan mengisi berita acara