

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 KV adalah bagian dari sistem transmisi tenaga listrik. Saluran ini sangatlah mungkin terganggu akibat adanya sambaran petir yang dapat mengakibatkan kenaikan tegangan yang dapat merusak peralatan listrik yang digunakan sebagai pendukung penyaluran tenaga listrik.

Apalagi di samosir yang merupakan daerah tropis yang berintensitas petir cukup tinggi. Untuk menghindari/ meminimalisir hal tersebut, maka harus ada media untuk melindungi penghantar tersebut, yaitu dengan kawat tanah yang dipasang sepanjang SUTT 150 KV, dan terhubung langsung dengan tower yang digrounding (diketanahkan). Pembumian adalah suatu hal yang penting pada tower SUTT 150 KV. Besarnya harga tahanan pembumian tower SUTT 150 KV harus sesuai dengan ketentuan yang diperbolehkan untuk menjamin keterandalan sistem bila terjadi tegangan lebih akibat petir tadi. Pada pemasangan pembumian tower SUTT 150 KV, pasti memiliki standar pembumian yang sesuai dengan ketentuan, baik kedalaman maupun jarak antar elektrode yang digunakan dan sebagainya. Sebagaimana diketahui, pembumian ditanam dalam tanah, dalam kurun waktu yang tertentu kemungkinan terjadi perubahan dalam besarnya tahananannya sangatlah besar. Proses pengukuran secara berkala tahanan pembumiannya, haruslah dilakukan dengan teliti dan tidak boleh asal – asalan yang dapat berakibat fatal nantinya. Untuk memperoleh pembumian yang sesuai standar, diperlukan pengukuran tahanan pembumian yang akurat. Dalam tugas akhir ini, akan dilakukan pengukuran menggunakan batang elektroda untuk memperoleh nilai suatu tahanan yang rendah dengan panjang, jarak, maupun jumlah batang yang diubah - ubah agar sesuai dengan standar yang telah ditetapkan, yaitu 5 ohm. Latar belakang yang telah diuraikan diatas membuat saya melakukan penelitian dengan judul Studi Analisa Tahanan Pembumian SUTT 150 kV jalur transmisi Gardu Induk Tele – Gardu Induk Parbaba

Dari latar belakang sebelumnya dapat dibentuk rancangan penelitian diantaranya :

1.2 RUMUSAN MASALAH

1. Bagaimana kondisi tahanan pembumian kaki menara SUTT 150 KV Transmisi Tele - Parbaba ?

2. Bagaimana cara menentukan nilai resistansi yang baik pada pembumian menara transmisi SUTT 150 kv Tele - Parbaba
3. Bagaimana nilai tahanan pembumian kaki menara SUTT 150 kv dapat berubah ubah?
4. Analisa tahanan elektroda ke tanah

1.3 TUJUAN PENULISAN

Adapun tujuan penulisan ini adalah sebagai saran untuk memperbaiki nilai pembumian yang sudah tidak sesuai dengan standart pembumian saluran transmisi udara 150 kv setelah dilakukan pengujian dengan pengukuran dan untuk memperoleh perbandingan perubahan nilai pembumian yang ada di saluran udara 150 kv gardu induk tele – gardu induk parbaba

1.4 BATASAN MASALAH

Batasan masalah pada proposal ini adalah :

1. Sistem pembumian yang diteliti hanya menggunakan ground rod (elektroda batang), tidak membahas tentang bahan dari elektroda yang lainnya digunakan di menara besi/tembaga.
2. Seluruh skema pengukuran yang dibuat menyerupai skema yang biasa di lakukan petugas PLN dalam mengukur nilai tahanan pembumian menara 150 kV
3. Pengukuran pembumian dilakukan tergantung pada jenis tanah

1.5 METODOLOGI PENULISAN

-Studi literatur : yakni dengan mempelajari buku buku referensi yang tersedia dari media cetak maupun internet dan juga melalui catatan kuliah dalam mendukung penulisan tugas akhir ini

- Pengambilan data : adapun pengambilan data dilakukan dengan mengambil data data dari SUTT 150 Kv yang berlokasi di samosir di daerah parbaba

- Diskusi interaktif : Melakukan diskusi dalam bentuk Tanya jawab pada staff PLN gardu Induk Parbaba, dan melakukan pengamatan langsung pada jaringan distribusi SUUT 150 K

1.6 KONTRIBUSI PENELITIAN

Adapun kontribusi penelitian pada penulisan ini yakni membuat mahasiswa mengetahui akan system cara kerja Grounding pada jaringan distribusi tegangan tinggi

1.7 SISTEMATIKA PENULISAN

BAB I : PENDAHULUAN

Terdiri dari latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, metodologi penulisan dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi tentang dasar teori yang berhubungan dengan sistem transmisi, komponen-komponen sistem transmisi, menara, konduktor, isolator, dan grounding.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini berisi gambaran umum tempat penelitian, data penelitian, prosedur/tahapan penelitian serta metode penelitian yang digunakan untuk menganalisis

BAB IV : ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang semua hasil penelitian yang dilakukan dan pembahasannya yang meliputi perhitungan – perhitungan

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Berisikan tentang kesimpulan dan sarana dari hasil penulisan

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT)

Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) adalah sarana di atas tanah untuk menyalurkan tenaga listrik dari Pusat Pembangkit ke Gardu Induk (GI) atau dari GI ke GI lainnya yang terdiri dari kawat / konduktor yang direntangkan antara tiang-tiang melalui isolator– isolator dengan sistem tegangan tinggi (30kV, 70kV dan 150kV). Bisa dikatakan juga bahwa Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) dan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) adalah sarana

yang terbentang di udara untuk menyalurkan tenaga listrik dari Pusat Pembangkit ke Gardu Induk (GI)/ Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) atau dari GI /GITET ke GI/GITET lainnya yang disalurkan melalui konduktor yang direntangkan antara tiang – tiang (*tower*) melalui insulator – insulator dengan sistem suatu tegangan tinggi (30 kV, 70 kV, 150 kV) atau tegangan ekstra tinggi (275kV, 500 kV).

2.2 Komponen dan Pondasi Saluran Udara Tegangan Tinggi

Komponen utama dari Fungsi Konstruksi dan Pondasi pada sistem transmisi SUTT & SUTET adalah Tiang. Tiang adalah konstruksi bangunan yang kokoh untuk menyangga merentang konduktor penghantar dengan ketinggian dan jarak yang aman bagi manusia dan lingkungan sekitarnya dengan sekat insulator.

Bagian – bagian utama dari SUTT antara lain:

1. tower atau tiang transmisi.
2. isolator.
3. kawat penghantar.
4. dan kawat tanah.

2.2.1 Tower atau Tiang Transmisi

Tower atau tiang transmisi adalah bagian penting untuk menopang saluran transmisi. Tiang dari segi bentuk atau konstruksinya dibagi menjadi empat macam, antara lain:

- a. Tiang konstruksi baja, bahan terbuat dari baja profil, susunan sedemikian rupa sehingga menjadi suatu menara yang sudah diperhitungkan kekuatannya yang disesuaikan dengan kebutuhan. Tiang model ini sering disebut dengan tower karena bentuk konstruksinya.
- b. Tiang manesman, terbuat dari bahan pipa baja, ukuran panjangnya , diameter, dan ketebalan dari pipa baja yang akan digunakan harus disesuaikan dengan kebutuhan.
- c. Tiang beton bertulang, terbuat dari bahan beton.
- d. Tiang kayu, terbuat dari bahan kayu ulin dan kayu besi yang yang termasuk jenis kayu awet atau tahan lama, sedangkan jenis rasamala, kruing, dan damar laut, sebelum digunakan harus dilakukan pengawetan terlebih dahulu agar awet dan tahan lama

1. Tiang menurut fungsi

1. Tiang penegang (*tension tower*)

Tiang penegang disamping menahan gaya berat juga menahan gaya tarik dari konduktor-konduktor saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) atau Ekstra Tinggi (SUTET). Tiang penegang terdiri dari :

a. Tiang sudut (*angel tower*)

Tiang sudut adalah tiang penegang yang berfungsi menerima gaya tarik akibat perubahan arah saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) atau Ekstra Tinggi (SUTET).

b. Tiang akhir (*dead end tower*)

Tiang akhir adalah tiang penegang yang direncanakan sedemikian rupa sehingga kuat untuk menahan gaya tarik konduktor-konduktor dari satu arah saja. Tiang akhir ditempatkan pada ujung saluran udara tegangan tinggi (SUTT) atau Ekstra Tinggi (SUTET) yang akan masuk ke switch yard Gardu induk.

2. Tiang Penyangga (*suspension tower*)

Tiang penyangga untuk mendukung / menyangga dan harus kuat terhadap gaya berat dan peralatan listrik yang ada pada tiang tersebut.

3. Tiang penyekat (*selection tower*)

Yaitu tiang penyekat antara sejumlah tower penyangga dengan sejumlah tower penyangga lainnya karena alasan kemudahan saat pembangunan (penarikan konduktor), umumnya mempunyai sudut belokan yang kecil.

4. Tiang transposisi

Adalah tiang penegang yang berfungsi sebagai tempat perpindahan letak susunan fasa pada konduktor-konduktor saluran udara tegangan tinggi (SUTT) atau saluran udara Ekstra tinggi (SUTET).

5. Tiang Portal (*gantry tower*)

Yaitu tower berbentuk portal digunakan pada persilangan antara dua saluran transmisi

yang membutuhkan ketinggian yang lebih rendah untuk alasan tertentu (bandara, tiang crossing). Tiang ini dibangun dibawah saluran transmisi eksisting.

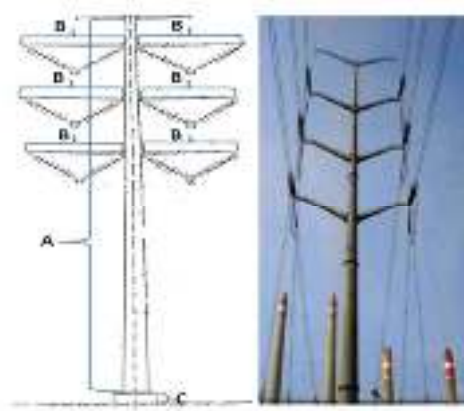
2. Tiang menurut bentuk

1) Tiang Pole

Konstruksi SUTT dengan tiang beton atau tiang baja, pemanfaatannya digunakan pada perluasan SUTT dalam kota yang padat penduduk dan memerlukan lahan relatif sempit.

Berdasarkan materialnya terbagi menjadi dua macam yakni :

- a. Tiang Pole Baja
- b. Tiang pole beton

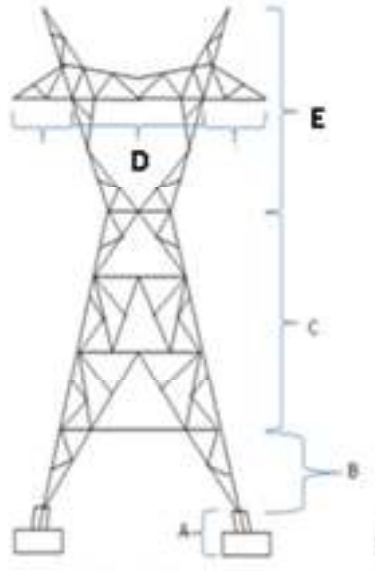


Gabmar 2.1 konstruksi tiang pole

2) Tiang Kisi Kisi (*lattice tower*)

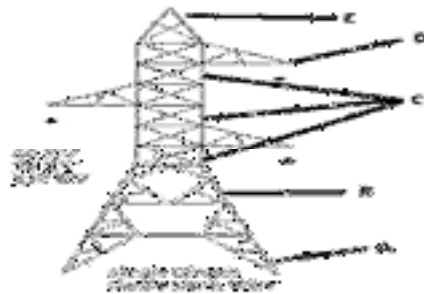
Terbuat dari baja profil, disusun sedemikian rupa sehingga merupakan suatu menara yang telah diperhitungkan kekuatannya disesuaikan dengan kebutuhannya. Berdasarkan susunan / konfigurasi penghantarnya dibedakan menjadi 3 (tiga) kelompok besar yaitu:

- a. Tiang Delta (*Delta tower*)



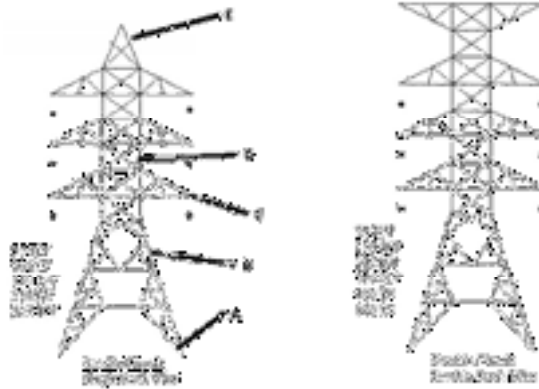
Gambar 2.2 Konstruksi tiang Delta

b. Tiang Zig-Zag (*zig-zag tower*)



Gambar 2.3 Konstruksi tiang zig-zag

c. Tiang piramida (*pyramid tower*)



Gambar 2.4 Konstruksi tiang piramida

Pemilihan jenis tower atau tiang yang digunakan , tergantung pada beberapa faktor, antara lain :

- a. Lokasi atau keadaan medan yang akan dilewati saluran
- b. Biaya pembangunan tower atau tiang
- c. Biaya perawatan tower atau tiang
- d. Bahan tower atau tiang yang didapatkan
- e. Perkiraan lama pemakaian

saluran Jenis tower atau tiang yang banyak digunakan dalam penyaluran transmisi 150 KV adalah bangunan menara baja atau yang biasanya disebut dengan tower SUTT 150 KV. Hal ini dikarenakan jenis tower tidak begitu memerlukan pengawasan, biaya perawatan kecil, dan dapat bertahan lama.

2.2.2 Insulation (Isolasi)

Insulation berfungsi untuk mengisolasi bagian yang bertegangan dengan bagian yang tidak bertegangan/ ground, baik saat normal continous operation dan saat terjadi surja (termasuk petir) didalam saluran transmisi. Sesuai fungsinya, insulator yang baik harus memenuhi sifat:

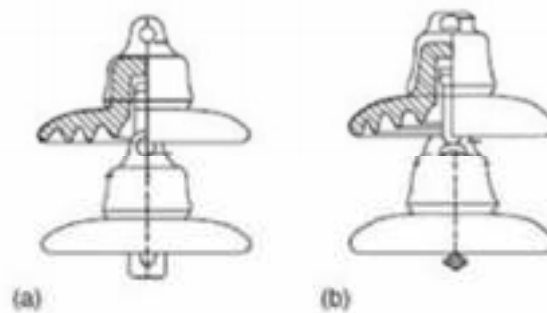
1. Karakteristik elektrik Insulator mempunyai ketahanan tegangan impuls petir pengenal dan tegangan kerja, tegangan tembus minimum sesuai tegangan kerja dan merupakan bahan isolasi yang diapit oleh logam sehingga merupakan kapasitor. Kapasitansinya diperbesar oleh polutan

maupun kelembaban udara di permukaannya. Apabila nilai isolasi menurun akibat dari polutan maupun kerusakan pada insulator, maka akan terjadi kegagalan isolasi yang akhirnya dapat menimbulkan gangguan.

2. Karakteristik mekanik Insulator harus mempunyai kuat mekanik guna menanggung beban tarik konduktor penghantar maupun beban berat insulator dan konduktor penghantar.

Menurut bentuknya, insulator terdiri dari :

- a. Insulator Piring Dipergunakan untuk insulator penegang dan insulator gantung, dimana jumlah piringan insulator disesuaikan dengan tegangan sistem.



Gambar 2.5 Insulator piring (a) tipe clevis (b) tipe ball-and-socket

Insulator yang biasanya digunakan pada SUTT terbuat dari bahan porselen atau gelas , berfungsi untuk isolasi tegangan listrik antara kawat penghantar dengan tiang. Jenis insulator adalah jenis insulator piring, yang digunakan sebagai insulator penegang dan insulator gantung, dengan jumlah piringan insulator yang disesuaikan dengan tegangan sistem SUTT. Satu piringan insulator digunakan untuk isolasi sebesar 15 KV, jika SUTT 150 KV maka jumlah piringan insulator butuh 10 piringan.



Gambar 2.6 insulator ceramic dan insulator kaca

2.2.3 Konduktor

Bare Conductor OHL (Termasuk ACSR, TACSR dan ACCC)

Sebagai media pembawa arus pada SUTT/ SUTET dengan kapasitas arus sesuai spesifikasi atau ratingnya yang direntangkan lewat tiang-tiang SUTT/ SUTET melalui insulator-insulator sebagai penyekat konduktor dengan tiang. Pada tiang tension, konduktor dipegang oleh strain clamp/ compression dead end clamp, sedangkan pada tiang suspension dipegang oleh suspension clamp. Bahan konduktor yang dipergunakan untuk saluran energi listrik perlu memiliki sifat sifat sebagai berikut:

1. Konduktivitas tinggi
2. Kekuatan tarik mekanik tinggi
3. Berat jenis yang rendah
4. Ekonomis
5. Lentur/ tidak mudah patah

Biasanya konduktor pada SUTT/ SUTET merupakan konduktor berkas (stranded) atau serabut yang dipilin, agar mempunyai kapasitas yang lebih besar dibanding konduktor pejal dan mempermudah dalam penanganannya.

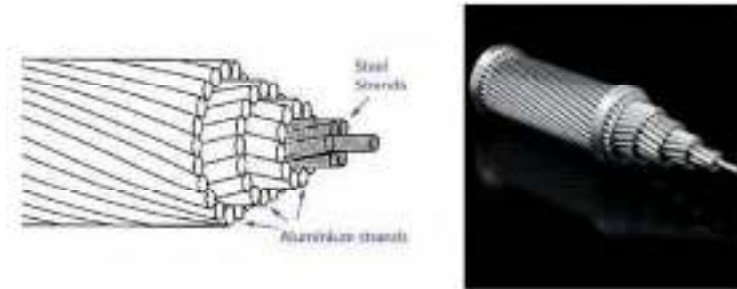
Jenis-jenis konduktor berdasarkan bahannya:

1. Konduktor Jenis Tembaga (BC: Bare copper) Konduktor ini merupakan penghantar yang baik karena memiliki konduktivitas tinggi dan kekuatan mekanik yang cukup baik.

2. Konduktor jenis aluminium Konduktor dengan bahan aluminium lebih ringan daripada konduktor jenis tembaga, konduktivitas dan kekuatan mekaniknya lebih rendah. Jenis-jenis konduktor aluminium antara lain:

- a. Konduktor ACSR (Aluminium Conductor Steel Reinforced) Konduktor jenis ini, bagian dalamnya berupa steel yang mempunyai kuat mekanik tinggi, sedangkan bagian luarnya berupa aluminium yang mempunyai konduktivitas tinggi. Karena sifat elektron lebih menyukai bagian luar konduktor daripada bagian sebelah dalam konduktor, maka pada sebagian besar SUTT maupun SUTET menggunakan konduktor jenis ACSR. Untuk daerah yang udaranya

mengandung kadar belerang tinggi dipakai jenis ACSR/AS, yaitu konduktor jenis ACSR yang konduktor steelnya dilapisi dengan aluminium.



Gambar 2.7 konduktor jenis ACSR

b. Konduktor jenis TACSR (Thermal Aluminium Conductor Steel Reinforced) Pada saluran transmisi yang mempunyai kapasitas penyaluran / beban sistem tinggi maka dipasang konduktor jenis TACSR. Konduktor jenis ini mempunyai kapasitas lebih besar tetapi berat konduktor tidak mengalami perubahan yang banyak, tapi berpengaruh terhadap sagging.



Gambar 2.8 konduktor jenis TACSR

b. Konduktor jenis ACCC Konduktor jenis ini, bagian dalamnya berupa composite yang mempunyai kuat mekanik tinggi, dikarenakan tidak dari bahan konduktif, maka bahan ini tidak mengalami pemuaian saat dibebani arus maupun wtegang. Untuk konduktor jenis ini tidak mengalami korosi cocok untuk daerah pinggir pantai, sedangkan bagian luarnya berupa aluminium yang mempunyai konduktivitas tinggi. Konduktor jenis ini dipilih karena memiliki karakteristik high conductivity & low sag conductor



Gambar 2.9 konduktor jenis ACCC

2.3 Proteksi pembumian Saluran udara tegangan tinggi (SUTT)

Indonesia merupakan negara dengan wilayah yang mempunyai kerapatan sambaran petir cukup tinggi, dengan demikian kemungkinan jaringan transmisi mengalami gangguan petir cukup besar. Telah banyak cara yang digunakan untuk menghindarkan atau mengurangi terputusnya aliran daya listrik akibat sambaran petir misalnya memasang arrester, dan sebagainya. Tahanan kaki menara yang rendah dapat diperoleh dengan menggunakan satu atau lebih batang pembumian (*ground rod*) dan atau sistem *counterpoise*. Tergantung dari tahanan jenis tanah di mana menara tersebut berada.

Pengertian proteksi transmisi tenaga listrik adalah proteksi yang dipasang pada peralatan listrik pada suatu transmisi tenaga listrik sehingga proses penyaluran tenaga listrik dari tempat pembangkit tenaga listrik (*power plant*) sehingga saluran distribusi listrik (*substation distribution*) dapat disalurkan sampai pada konsumen penggunaan listrik dengan aman. Proteksi transmisi tenaga listrik diterapkan pada transmisi tenaga listrik agar jika terjadi gangguan peralatan yang berhubungan dengan transmisi tenaga listrik tidak mengalami kerusakan. Ini juga termasuk saat terjadi perawatan dalam kondisi menyala. Jika proteksi bekerja dengan baik, maka pekerja dapat melakukan pemeliharaan tersebut terjadi gangguan, maka pengamanan-pengamanan yang terpasang harus bekerja demi mengamankan sistem dan manusia yang sedang melakukan perawatan.

Transmisi tenaga listrik terbagi dalam beberapa kategori, kategori yang pertama adalah transmisi dengan tegangan sebesar 500 KV. Ini merupakan transmisi yang sangat tinggi, karena di Indonesia masih menggunakan sistem 500kV. Kategori yang kedua adalah transmisi dengan tegangan sebesar 150 kV. Dan yang ketiga adalah transmisi 75 kV. Untuk dibawah 75 kV selanjutnya dinamakan dengan distribusi tenaga listrik. Proteksi berbeda dengan pengamanan. Jika

pengaman suatu sistem berarti sistem tersebut tidak merasakan gangguan sekalipun. Sedangkan sistem proteksi atau pengaman sistem, sistem merasakan gangguan tersebut namun dalam waktu yang sangat singkat dapat diamankan. Sehingga sistem tidak mengalami kerusakan akibat gangguan yang terlalu lama. Gangguan pada transmisi tenaga listrik dapat berupa :

- a. Gangguan yang bersifat temporer Gangguan temporer adalah gangguan yang berlangsung singkat dan bisa hilang dengan sendirinya. Penyebab gangguan ini bisa terjadi karena sambaran petir, burung, atau dahan pohon yang menyentuh kawat fasa SUTT dalam waktu singkat yang dapat menyebabkan terjadinya loncatan api yang bisa menimbulkan hubung singkat.
- b. Gangguan yang bersifat permanen Gangguan permanen adalah gangguan yang berlangsung lama dan tidak dapat hilang dengan sendirinya. Gangguan ini baru bisa diatasi setelah gangguannya dihilangkan. Gangguan ini bisa disebabkan karena terdapat kerusakan peralatan, sehingga gangguan ini baru hilang setelah kerusakan ini diperbaiki atau karena ada sesuatu yang mengganggu secara permanen, misalnya kawat putus atau dahan yang menimpa kawat fasa SUTT. Gangguan temporer yang terjadi berkali-kali dapat menyebabkan timbulnya kerusakan peralatan yang akhirnya dapat menyebabkan gangguan yang bersifat permanen.

Proteksi transmisi tenaga listrik diberlakukan di semua transmisi tenaga listrik namun, untuk pemasangannya hanya berada di gardu induk. Pemasangannya ke saluran masuk ke gardu induk dan di saluran keluar gardu induk. Sehingga jika jaringan transmisi terjadi gangguan, maka kerusakannya minimal kecuali kawat tanah. Kawat tanah dipasang di atas kawat fasa yang berfungsi untuk melindungi kawat fasa dari sambaran petir sehingga pemasangannya berada diseluruh jaringan transmisi tenaga listrik.

SUTT & SUTET merupakan instalasi penting yang menjadi target mudah (*easy target*) bagi sambaran petir karena strukturnya yang tinggi dan berada pada lokasi yang terbuka. Sambaran petir pada SUT/SUTET merupakan suntikan muatan listrik. Suntikan muatan ini menimbulkan kenaikan tegangan pada SUT/SUTET, sehingga pada SUTT/SUTET timbul tegangan lebih berbentuk gelombang impuls dan merambat ke ujung ujung SUTT/SUTET.

Jika tegangan lebih atau surja petir tiba di Gardu Induk (GI), maka tegangan lebih tersebut akan merusak isolasi peralatan gardu induk. Oleh karena itu perlu dibuat alat pelindung agar tegangan surja yang tiba di gardu induk tidak melebihi kekuatan isolasi peralatan gardu induk.

Komponen-komponen yang termasuk dalam fungsi proteksi petir adalah semua komponen pada SUTT & SUTET yang berfungsi dalam melindungi saluran transmisi dari sambaran petir, yang terdiri dari :

1. Konduktor tanah (*Earth wire*)

Konduktor tanah atau *earth wire* adalah media untuk melindungi konduktor fasa dari sambaran petir. Konduktor ini dipasang diatas konduktor fasa dengan sudut perlindungan yang sekecil mungkin, dengan anggapan petir menyambar dari atas konduktor. Namun jika petir menyambar dari samping maka dapat mengakibatkan konduktor fasa tersambar dan dapat mengakibatkan terjadinya gangguan

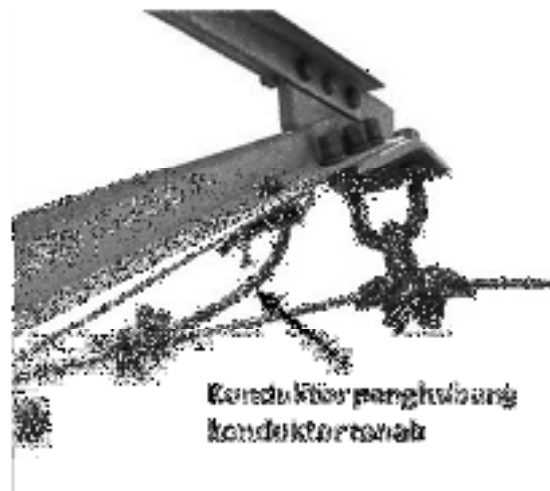


Gambar 2.10 Posisi dari konduktor tanah

Konduktor tanah terbuat dari baja yang sudah digalvanis, maupun sudah dilapisi dengan aluminium. Jumlah konduktor tanah pada SUTT maupun SUTET paling sedikit ada satu buah diatas konduktor fasa, namun umumnya dipasang dua buah. Pemasangan satu buah konduktor tanah untuk dua penghantar akan membuat sudut perlindungan menjadi besar sehingga konduktor fasa mudah tersambar petir. Pada tipe penegang, pemasangan konduktor tanah dapat menggunakan klem penegang dengan press dan klem penegang dengan mur baut. Sedangkan pada tipe penyangga digunakan suspension clamp untuk memegang konduktor tanah.

2. Konduktor penghubung konduktor tanah

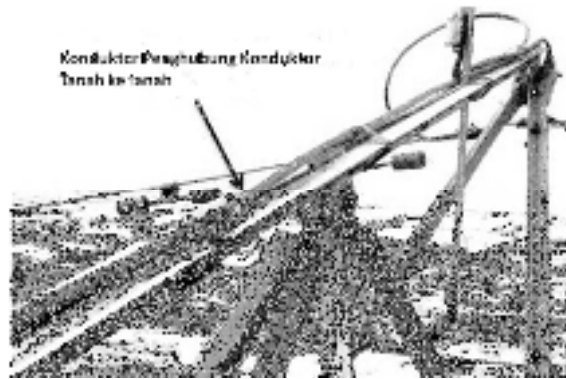
Untuk menjaga hubungan konduktor tanah dengan tiang, maka pada Ujung travers konduktor tanah dipasang konduktor penghubung yang dihubungkan ke konduktor tanah. Konduktor penghubung terbuat dari konduktor tanah yang dipotong dengan panjang dan disesuaikan dengan kebutuhan. Konduktor penghubung pada tipe penegang dipasang antara tiang dan konduktor tanah serta antara klem penegang konduktor tanah. Hal ini dimaksudkan agar arus gangguan petir dapat mengalir langsung pada tiang maupun antar konduktor tanah. Sedangkan pada tipe penyangga, konduktor penghubung dipasang pada tiang dan disambungkan ke konduktor tanah dengan klem jembatan ataupun dengan memasangnya pada *suspension clamp* konduktor tanah.



Gambar 2.11 konduktor penghubung konduktor tanah

3. Konduktor Penghubung Konduktor tanah ke tanah

Pada tiang SUTT & SUTET yang berlokasi di daerah petir tinggi biasanya dipasang konduktor penghubung dari konduktor tanah ke tanah. Bahan yang dipakai untuk konduktor penghubung umumnya sama dengan bahan konduktor tanah. Konduktor penghubung ini berfungsi agar arus petir yang menyambar konduktor tanah maupun tiang SUUT/SUTET dapat langsung disalurkan ke tanah dengan pertimbangan bahwa nilai hambatan konduktor lebih kecil dibandingkan nilai hambatan tiang.



Gambar 2.12 konduktor penghubung konduktor tanah ke tanah

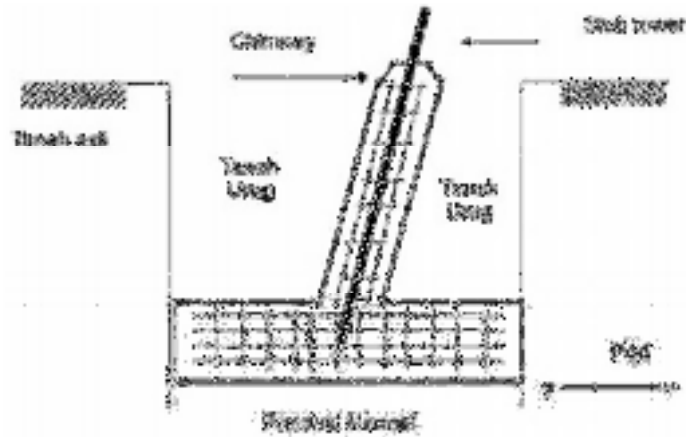
2.4. Pondasi Lattice Tower

Pondasi adalah konstruksi beton bertulang untuk mengikat kaki tower (stub) dengan bumi. Jenis pondasi tower beragam menurut kondisi tanah tempat tapak tower berada dan beban yang akan ditanggung oleh tower. Pondasi tower yang menanggung beban tarik (tension) dirancang lebih kuat / besar daripada tower tipe suspension. Jenis pondasi:

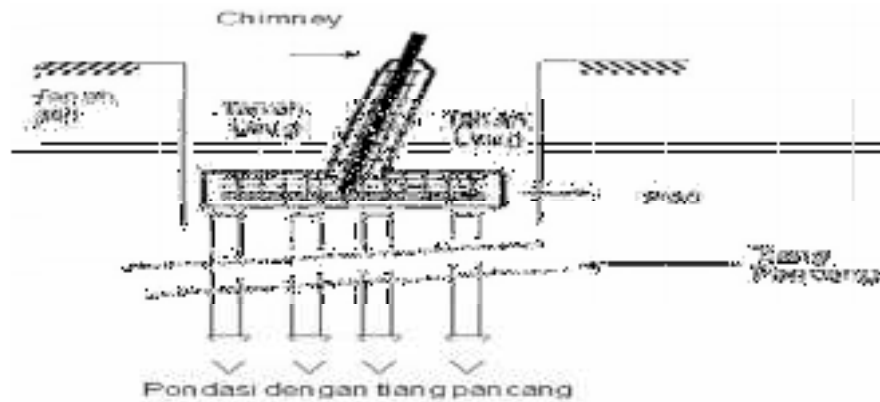
- Normal, dipilih untuk daerah yang dinilai cukup keras tanahnya.
- Spesial: Pancang (fabrication dan cassing), dipilih untuk daerah yang lembek/tidak keras sehingga harus diupayakan mencapai tanah keras yang lebih dalam.
- Raft, dipilih untuk daerah berawa/ berair.
- Auger, dipilih karena mudah pengerjaannya dengan mengebor dan mengisinya dengan semen.
- Rockdrilled, dipilih untuk daerah berbatuan.

Stub adalah bagian paling bawah dari kaki tower, dipasang bersamaan dengan pemasangan pondasi dan diikat menyatu dengan pondasi. Bagian atas stub muncul dipermukaan tanah sekitar 0,5 sampai 1 meter dan dilindungi semen serta dicat agar tidak mudah berkarat. Pemasangan stub paling menentukan mutu pemasangan tower, karena harus memenuhi syarat:

- Jarak antar stub harus benar
- Sudut kemiringan stub harus sesuai dengan kemiringan kaki tower
- Level titik hubung stub dengan kaki tower tidak boleh beda 2 mm (milimeter).



Gambar 2.13 Pondasi normal



Gambar 2.14 Pondasi spesial (pancang)

Halaman tower adalah daerah tapak tower yang luasnya diukur dari proyeksi keatas tanah galian pondasi. Biasanya antara 3 hingga 8 meter di luar stub tergantung pada jenis tower.

Kaki tower (leg)

Leg adalah kaki tower yang terhubung antara stub dengan tower body. Pada tanah yang tidak rata perlu dilakukan penambahan atau pengurangan tinggi leg. Tower Body harus tetap sama tinggi permukaannya.

- Pengurangan leg ditandai: -1; -2; -3
- Penambahan leg ditandai: +1; +2; +3



Gambar 2.15 Kaki tower

2.5 Sistem Penumian SUTT 150 kV

Petir merupakan kejadian alam di mana terjadi loncatan muatan listrik antara awan dengan bumi. Loncatan muatan listrik tersebut diawali dengan mengumpulnya uap air di dalam awan. Petir yang menyambar saluran transmisi menimbulkan gelombang berjalan dimana gelombang ini saling berinterferensi dan tegangannya bisa cukup tinggi untuk menimbulkan flashover pada isolator.

Sistem penumian merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam pengamanan pada suatu sistem jaringan distribusi. Sistem penumian adalah sistem hubungan penghantar yang menghubungkan sistem, badan peralatan, dan instalasi dengan bumi atau tanah sehingga dapat mengamankan manusia dari sengatan listrik dan mengamankan komponen-komponen instalasi dari bahaya tegangan atau arus abnormal. Material grounding dapat berupa batang tembaga lempeng tembaga atau kerucut tembaga, semakin luas permukaan material grounding yang di tanam ke tanah maka resistansi akan semakin rendah atau semakin baik.

Secara umum tujuan penumian adalah :

- a. Membawa arus listrik ke bumi dalam keadaan normal dan terjadi gangguan tanpa melewati batas pengoperasian dan peralatan atau menimbulkan dampak yang terus menerus pada peralatan.
- b. Untuk menjamin bahwa manusia dan hewan disekitar peralatan yang dibumikan terlindung dari bahaya kejutan listrik.

Agar sistem penumian dapat bekerja efektif, maka harus memenuhi persyaratan – persyaratan sebagai berikut :

- a. Membuat jalur impedansi rendah ke tanah untuk pengamanan personil dan peralatan, menggunakan rangkain yang efektif.
- b. Dapat melawan dan menyebarkan gangguan berulang dan arus akibat surja hubungan (surge currents)
- c. Menggunakan bahan tahan korosi terhadap berbagai kondisi kimiawi tanah, untuk meyakinkan kontinuitas penampilannya sepanjang umur peralatan yang dilindungi.
- d. Menggunakan sistem mekanik yang kuat namun mudah dalam pelayanan.

Dalam sebuah instalasi listrik, ada empat bagian yang harus dibumikan yaitu :

- a. Semua bagian instalasi yang terbuat dari logam (menghantarkan listrik) dan dapat dengan mudah disentuh manusia. Hal ini diperlukan agar potensial dari logam yang mudah disentuh manusia selalu sama dengan potensial tanah sehingga tidak berbahaya bagi manusia yang menyentuhnya.
- b. Bagian pembuangan muatan listrik (bagian bawah) dari lightning arrester. Hal ini diperlukan agar lightning arrester dapat membuang muatan listrik yang diterimanya dari petir ke tanah dengan lancar.
- c. Kawat petir yang ada pada bagian atas saluran transmisi. Kawat petir ini sesungguhnya juga berfungsi sebagai lightning arrester karena letaknya yang ada di sepanjang saluran transmisi, maka semua kaki tiang transmisi harus dibumikan agar petir yang menyambar kawat petir dapat disalurkan ke tanah dengan lancar melalui kaki tiang saluran transmisi.
- d. Titik netral dari transformator atau titik netral dari generator. Hal ini diperlukan dalam kaitannya dengan keperluan proteksi khususnya yang menyangkut gangguan hubung tanah.

Bagian – bagian dari pentanahan tower SUTT 150 KV terdiri dari lima macam, diantaranya sebagai berikut:

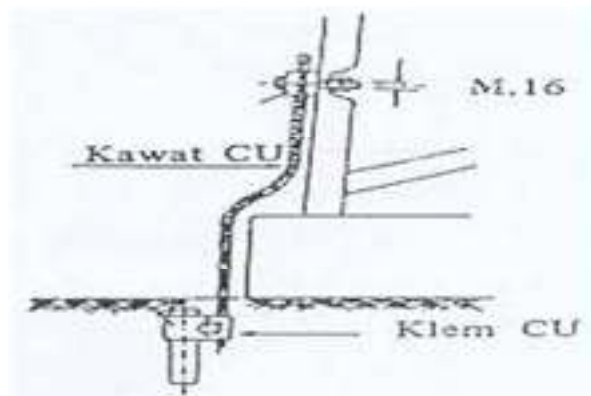
1. Elektrode pentanahan (grounding electrode), yaitu logam seperti pipa/plat tembaga, pipa galvanis yang ditanam cukup dalam di bawah tanah (sebaiknya mencapai air tanah).
2. Rel pentanahan (ground bus), yaitu suatu rel jaringan pentanahan tempat elektrode – elektrode terhubung, sehingga seluruh elektrode menjadi satu. Rel pentanahan dapat berbentuk

jaring. Rel pentanahan hanya digunakan pada tempat yang sulit untuk mendapatkan nilai hambatan pentanahan yang baik setelah menggunakan ground rod. Bahan yang digunakan untuk ground bus adalah jenis kawat tembaga atau kawat baja GSW (Ground Steel Wires).

3. Penghantar pentanahan (grounding conductor), yaitu kawat yang menghubungkan atau dengan kaki tower ground rod ground bus SUTT. Bahan menggunakan kawat tembaga atau Grounding conductor kawat baja GSW (Ground Steel Wires).

4. Klem pentanahan, yaitu klem terbuat dari plat untuk kontak antara ground rod dengan grounding conductor atau ground bus. Klem pentanahan menggunakan plat, seperti baja yang dilapisi dengan lapisan bimetal tembaga.

5. Baut, digunakan sebagai kontak antara dengan kaki grounding conductor tower. Menggunakan baut antara lain nomor 16, 17, 19, atau 21. Gambar Pentanahan/arde tower SUTT 150 KV ditunjukkan pada gambar 2.16



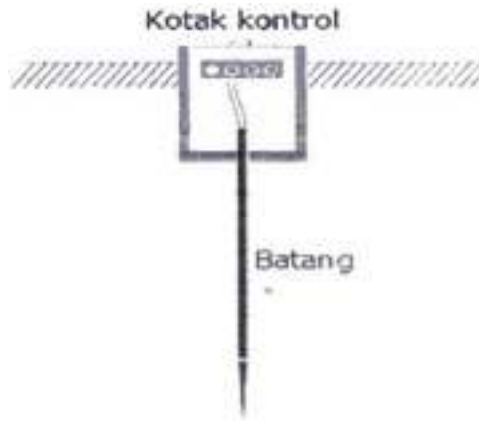
Gambar 2.16 pembumian Tower SUTT 150 kV secara umum

Jenis dan bentuk elektrode pembumian dapat berupa:

Elektrode pita atau strip, yaitu elektrode yang dibuat dari penghantar berbentuk pita atau berpenampang bulat, atau juga penghantar pilin yang umumnya ditanam secara dangkal. Elektrode ini bisa juga ditanam pada sebagai pita lurus, radial, melingkar, jala-jala, atau kombinasi dari bentuk tersebut, Jenis dan bentuk elektroda antara lain:

1. Elektroda batang Elektroda jenis ini paling sering digunakan karena relatif murah dan biasa mencapai lapisan tanah yang memiliki tahanan jenis rendah. Parameter elektroda batang meliputi: panjang, diameter dan bahan elektroda. Bahan elektroda yang biasa digunakan terbuat dari tembaga murni atau tembaga yang berlapis baja. Elektroda yang terbuat dari tembaga murni relatif cocok untuk kondisi tanah yang mempunyai kadar garam tinggi. Elektroda berlapis baja

digunakan untuk daerah dengan gejala korosi yang sering terjadi. Elektroda ini mempunyai kemampuan hantaran arus yang lebih kecil dibandingkan dengan elektroda tembaga murni. Dalam pemasangannya, elektroda batang biasa dilengkapi dengan bahan anti karat sebagai pelindung. Bahan anti karat tidak akan menurunkan impedansi keseluruhan karena tidak ada kontak langsung dengan tanah.



Gambar 2.17 Elektroda batang

Rumus tahanan pentanahan elektroda batang

$$R_G = R_R = \rho / 2\pi L_R [\ln (4L_R / A_R) - 1] \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

- RG = Tahanan pembumian (ohm)
- RR = Tahanan Pembumian untuk batang tunggal (ohm)
- P = Tahanan jenis tanah (ohm-meter)
- LR = panjang elektroda (meter)
- AR = diameter elektroda (meter)

2. Elektroda pita

Elektroda pita digunakan untuk memperendah impedansi surja Menara, komponen frekuensi tinggi dari surja petir. Elektroda jenis ini digunakan pada daerah yang mempunyai tahanan jenis tanah yang tinggi dan memperendah resistansi kaki menara. Elektroda jenis pita dapat dibedakan menjadi jenis kontinyu dan jenis radial.

- a) Jenis kontinyu Terdiri atas sebuah elektroda kawat horizontal yang ditanam di bawah saluran transmisi dari ujung ke ujung atau sepanjang bagian tertentu dan dihubungkan ke kawat pentanahan (Overhead Ground Wire) pada masingmasing tiang penyangga.

- b) Jenis radial Terdiri dari beberapa elektroda kawat horizontal dengan panjang lengan sama dan antar lengan dipisahkan dengan sudut yang sama. Berdasarkan pertimbangan karakteristik fungsi surja petir, penggunaan elektroda ini lebih menguntungkan.
- c) Elektroda pelat yaitu elektroda berupa pelat yang ditanam tegak lurus dalam tanah



Gambar 2.18 Elektroda Pita

$$R_G=R_w= \rho/\pi L_w [\ln(2L_w/ \sqrt{d_w Z_w}) + 1,4w/ \sqrt{A_w} - 5,6] \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana

RW = Tahanan dengan kisi – kisi (grid) kawat (ohm)

P = Tahanan jenis tanah (Ohm-meter)

LW = panjang total grid kawat (m)

dW = Diameter kawat (m)

AW = Luasan yang dicakup oleh grid (m²)

ZW= kedalaman penanaman (m)

3. Elektroda Plat

Elektroda plat merupakan elektroda dari bahan pelat logam (utuh atau berlubang) atau dari kawat kasa. Pada umumnya elektroda ini ditanam cukup dalam. Elektroda ini digunakan apabila diinginkan tahanan pentanahan yang kecil dan yang sulit diperoleh dengan menggunakan jenis-jenis elektroda yang lain.



Gambar 2.19 Elektroda pelat

Rumus tahanan pentanahan untuk elektroda bentuk plat:

$$R = \rho / 4,1L (1 + 1,84 b/t) \dots \dots \dots (2.3)$$

Di mana :

R = Tahanan pembumian pelat (Ohm)

ρ = tahanan jenis tanah (Ohm –meter)

L = Panjang elektroda pelat (m)

b = Lebar pelat (m)

T = kedalaman pelat tertanam dari permukaan tanah

2.6 Ada beberapa hal yang dapat mempengaruhi nilai pembumian pada tiang sutet

1. Panjang ground rod Hambatan pentanahan tower SUTT 150 KV bisa berkurang dengan menambahkan panjang ground rod. Tapi hubungan ini tidak langsung akan mencapai satu titik di mana penambahan panjang ground rod hanya akan mengurangi hambatan pentanahan dalam yang jumlah sedikit, dalam hal ini ground rod paralel digunakan. Penggunaan ground rod paralel, persamaan diatas tetap bisa digunakan untuk menghitung hambatan pentanahan tower, bila variable dirubah menjadi A dan jari – 24 jari tiap ground rod sama. Harga A adalah kelipatan ground rod yang tergantung pada penempatan masing- masing ground rod.
2. Diameter ground rod Berdasarkan persamaan diatas, jika semakin besar diameter ground rod, maka semakin besar hambatan pentanahannya. Hal ini dikarenakan luas kontak antara ground rod dengan tanah sekitar menjadi lebih besar
3. Faktor paling dominan mempengaruhi tahanan sistem pentanahan adalah tahanan jenis tanah dimana elektroda pentanahan ditanam. Harga tahanan jenis tanah pada daerah kedalaman yang terbatas tergantung beberapa faktor, yaitu :
 - a. Jenis tanah.

Tabel 2.1 Tahanan Jenis Tanah

NO	Jenis tanah	Tahanan Jenis (ohm.m)
1	Tanah rawah	10 s.d. 40
2	Tanah liat dan Ladang	20 s.d. 100
3	Pasir basah	50 s.d. 200
4	Kerikil basah	200 s.d. 3.000
5	Pasir dan kerikil kering	<10.000
6	Tanah berbatu	2.000 s.d. 3.000
7	Air laut dan tawar	10 s.d. 100

Sumber : PUIL 2000

- b. Lapisan tanah (berlapis-lapis dengan tahanan jenis berlainan atau sama)
- c. Kelembaban tanah.
- d. Temperatur.

Tabel 2.2 Efek Temperatur Terhadap Resistivitas Tanah

No	Temperatur (°C)	Resistivitas (Ohm.cm)
1	-5	70.000
2	0	30.000
3	0	10.000
4	10	8.000
5	20	7.000
6	30	6.000
7	40	5.000
8	50	4.000

Sumber : IEEE STD 142-1991

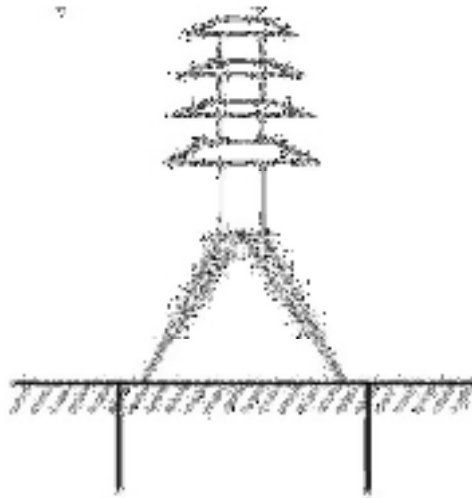
Tahanan jenis tanah bervariasi menurut jenis tanahnya dikarenakan perbedaan konduktivitas dari masing-masing unsur penyusun tanah. Tanah dengan kelembaban tinggi akan memiliki tahanan jenis tanah yang rendah. Dengan memberi air atau membasahi tanah adalah metode konvensional untuk menurunkan tahanan jenis tanah dengan meningkatkan kelembaban tanah. Harga tahanan jenis tanah pada kedalaman yang terbatas sangat bergantung dengan keadaan cuaca. Untuk mendapatkan tahanan jenis rata-rata untuk perencanaan maka diperlukan penyelidikan atau pengukuran dalam jangka waktu tertentu. Biasanya tahanan tanah juga bergantung dari tingginya permukaan tanah dari permukaan air konstan. Metode untuk mengurangi tahanan jenis tanah akibat pengaruh musim, dilakukan dengan menanamkan elektroda pentanahan sampai mencapai kedalaman di mana terdapat air tanah yang konstan.

2.7 Metode Sistem Pembumian SUTET 150 kV

Ada beberapa metode sistem pembumian yaitu dijelaskan sebagai berikut :

1. Pembumian dengan driven ground

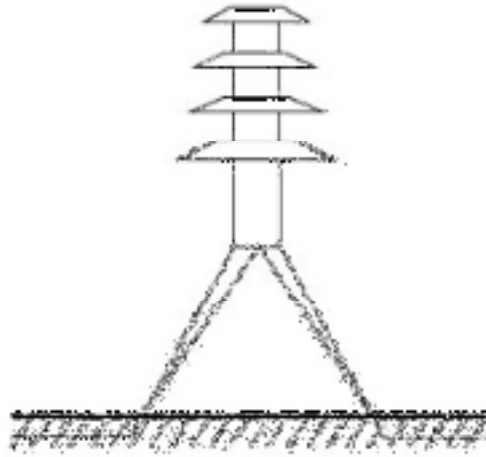
Pembumian dengan driven ground adalah pembumian yang dilakukan dengan cara menancapkan batang elektroda ke tanah, seperti gambar 2.20



Gambar 2.20. Pembumian dengan driven ground

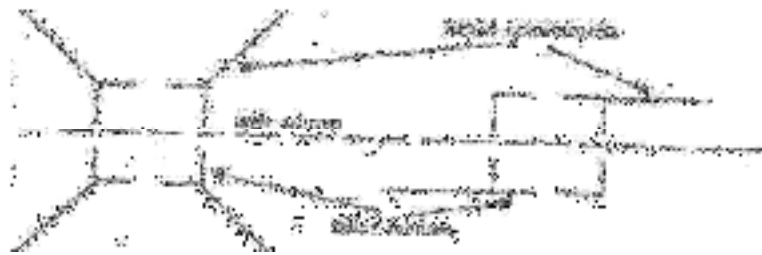
2. Pembumian dengan counterpoise

Pembumian dengan counterpoise adalah pembumian yang dilakukan dengan cara menanam kawat elektroda sejajar atau radial, beberapa cm dibawah tanah (30 cm – 90 cm), seperti gambar 2.21



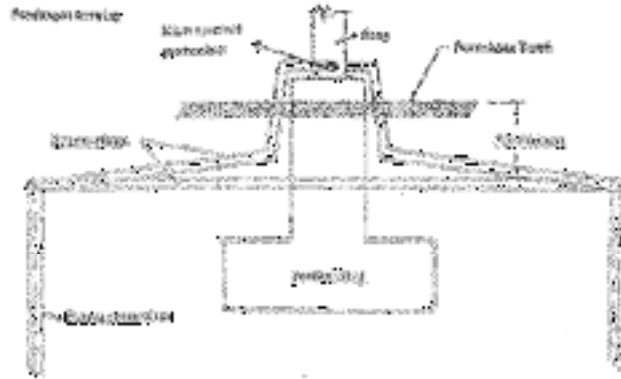
Gambar 2.21 Pembumian dengan counterpoise

Pembumian counter poise biasanya digunakan apabila resistansi tanah terlalu tinggi dan tidak dapat dikurangi dengan cara pembumian driven ground, biasanya karena resistivitas tanah terlalu tinggi, seperti gambar 2.22.



Gambar 2.22. Pembumian menara dengan counterpoise

3. Pentanahan untuk tiang manesman ditunjukkan pada gambar 2.23



Gambar 2.23 pbumian untuk tiang manesman

Metode yang digunakan pada tower SUTT adalah dengan menggunakan metode driven ground atau driven ground yang dikombinasikan dengan kawat pentanahan membentuk ground bus, untuk memperoleh hambatan pbumian di bawah 10 ohm. Panjang ground rod sudah ditentukan yaitu 240 cm berbahan tembaga atau baja dengan diameter 5/8 inchi. Kawat penghubung tower dengan ground rod yang digunakan adalah jenis kawat baja atau GSW (Ground Steel Wires) berdiameter 55 mm. Penanaman ground rod sedalam 1,8 m ke dalam tanah, serta penanaman ground bus sedalam 60 cm di bawah permukaan tanah.

2.8 Alat Ukur Yang Digunakan Pada Pengukuran Pbumian Menara Sutet

Alat ukur yang digunakan dalam mengukur pbumian menggunakan Earth Tester. Earth Tester adalah alat untuk mengukur nilai resistansi dari grounding, Besarnya tahanan tanah sangat penting untuk diketahui sebelum dilakukan pbumian dalam sistem pengaman dalam instalasi listrik.

Besar tahanan tanah sangatlah penting untuk diketahui sebelum dilakukan pbumian dalam sistem pbumian instalasi listrik. Untuk mengetahui besar tahanan tanah pada suatu area digunakan alat ukur earth tetster, baik itu analog maupun digital. Hasil pengukuran secara analog sering terjadi kesalahan dalam pembacaan hasil pengukurannya. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka dirancanglah suatu alat ukur tahanan tanah digital yang memiliki kemudahan dalam pembacaan nilai tahanan yang diukur

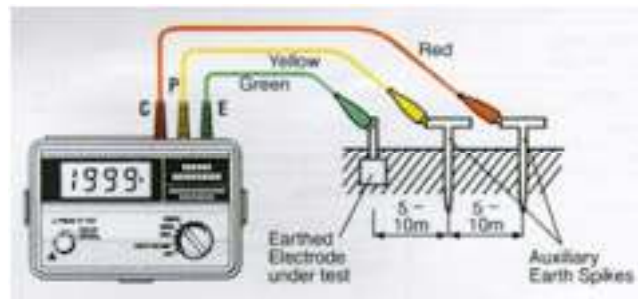




Gambar 2.24 Earth Tester Digital

Perancangan alat ukur earth tester menggunakan tiga batang elektroda yaitu elektroda E (Earth), elektroda P (Potensial), dan elektroda C (Current). Tujuan penggunaan elektroda adalah untuk mengetahui sejauh mana tahanan dapat mengalir arus listrik. Dalam alat ukur tahanan tanah terdapat beberapa bagian penyusunannya, antara lain rangkaian osilator, rangkaian tegangan input, rangkaian arus input, mikrokontroler dan rangkaian penampil.

Langkah langkah penggunaan Earth Tester



Gambar 2.25 penggunaan earth tester

1. Periksa kondisi kabel grounding BC yang akan di ukur. Bila kotor bersihkan dahulu permukaan kabel tersebut dengan lap bersih/kertas amplas, agar jepitan kabel probe dapat menyentuh langsung bagian permukaan tembaga yang sudah bersih dan untuk mencegah terjadinya kesalahan pembacaan alat ukur.
2. Periksa kondisi dan perlengkapan penunjang alat ukur digital earth tester resistance digital.
3. Earth tester mempunyai tiga kabel diantaranya adalah kabel merah, kabel kuning, kabel hijau.

4. Hubungkan kabel ke earth tester dengan warna yang sudah ditentukan pada alat ukur yang sudah ditentukan pada alat ukur dan tancapkan ketanah dengan masing – masing jarak 5 – 10 meter dari pembumian atau grounding.
5. Lakukan pengukuran grounding (tahanan pembumian) dengan memutar knob alat ukur Pada posisi 200 ohm atau 2000 ohm tergantung dari kondisi tanah pada area setempat yang akan di ukur.
6. Kemudian tekan tombol push button untuk mengetahui resistansi grounding dan akan muncul pada penampil alat ukur earth tester.
7. Selesai, nilai resistansi akan diketahui. Pilihlah resistansi grounding pada nilai kurang dari 1 ohm, bila jarum menunjukkan di bawah angka 1 ohm maka grounding kisaran nol koma yang merupakan standard kebumian (grounding ideal) dan sebaliknya kalau jarum menunjukkan diatas 1 ohm berarti pembumian kurang bagus.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempa

Penelitian ini dlakukan kurang lebih selama satu minggu yang dimulai dari tanggal 7 Juni 2021 sampai dengan 9 juni 2021, yang berada di 3 lokasi di Daerah Pangururan , Kabupaten samosir, Sumatera Utara.

3.2. Instrumen Penelitian

Dalam penelitian ini alat yang ukur digunakan selama penelitian adalah sebagai berikut :

- 1) Earth Tester : 1 Buah
- 2) Pemaku Tanah : 2 Buah
- 3) Kabel hijau + 5 M beserta Test Lead dan Clip : 1 Buah
- 4) Kabel Kuning + 10 M beserta Test Lead dan Clip : 1 Buah
- 5) Kabel Merah + 15 M beserta Test Lead dan Clip : 1 Buah

3.2.1 Earth Tester

Earth Tester adalah alat untuk mengukur nilai dari resistansi dari grounding, besarnya tahanan tanah sangat penting untuk diketahui sebelum dilakukan pembedaan dalam sistem pengamanan dalam instalasi listrik.

Alat ukur ini menggunakan digital pada segmen – segmen, sehingga dengan mudah menyimpan data yang terukur. Perancangan alat ukur tahanan tanah digital ini menggunakan tiga batang elektroda yang ditanahkan yaitu elektroda E (Earth), elektroda P (Potensial), dan elektroda C (Curren)

Tabel 3.1 Spesifikasi Alat Ukur

Nama Alat	Earth tester
Model	KEW 4105A
Tipe	KYORITSU

3.2.2. Kabel Penghubung Elektroda Batang

Kabel penghubung elektroda batang ditunjukkan oleh gambar 3.1 biasanya digunakan untuk menjepit elektroda batang yang akan di ukur menggunakan earth tester, untuk panjang kabel ini sendiri lebih pendek dari panjang kabel penghubung lainnya, dan kabel ini biasanya disebut dengan anoda.



Gambar 3.1 Kabel penghubung elektroda batang

3.2.3. Kabel Penghubung Elektroda Bantu 1

Kabel penghubung elektroda bantu 1 ditunjukkan oleh gambar 3.2 panjangnya 2 kali panjang dari kabel penghubung elektroda bantu sebelumnya dan biasanya disebut kabel katoda.



Gambar 3.2 Kabel penghubung elektroda bantu 1

3.2.4. Kabel Penghubung Elektroda Bantu 2

Kabel penghubung elektroda bantu 2 ditunjukkan oleh gambar 3.3 biasanya tempatnya diantara kedua elektroda batang dan elektroda bantu 1, panjang kabel penghubung ini lebih panjang dari kabel penghubung elektroda batang dan kabel ini disebut dengan kabel katoda.



Gambar 3.3 Kabel penghubung elektroda bantu 2

3.2.5. Elektroda Bantu

Elektroda bantu berfungsi sebagai pembanding dari elektroda utama untuk mendapatkan nilai tahanan tanah, ditunjukkan pada gambar 3.4.

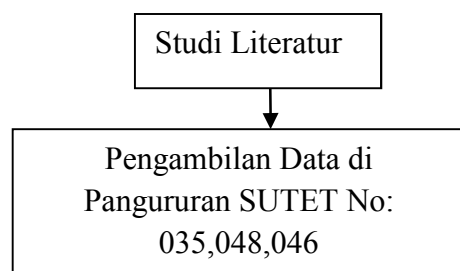


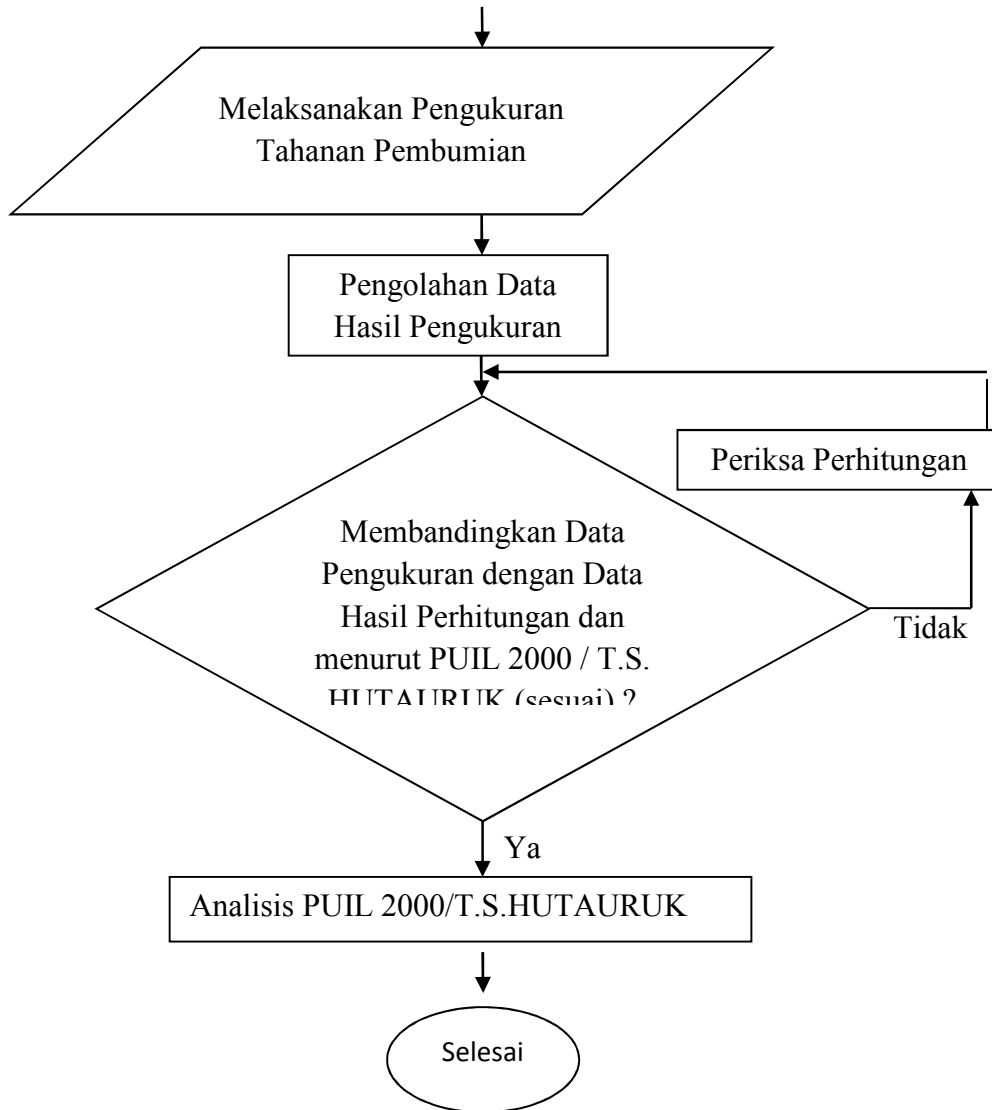
Gambar 3.4 Elektroda Bantu

3.3. Langkah – langkah Penelitian

Terdapat beberapa metode yang digunakan proses pengumpulan data saat penelitian, antara lain :

1. Metode wawancara dan diskusi, metode seperti ini dilakukan dengan memperoleh data berdasarkan hasil wawancara lapangan dengan supervisor, pembimbing lapangan serta rekan kerja lainnya.
2. Metode studi literatur dan internet, yaitu pengumpulan data dengan cara membaca sumber – sumber lain baik dari buku – buku maupun sumber terpercaya lainnya dari internet yang berhubungan dengan penelitian serta perolehan data.





Gambar 3.5 flowchart

3.4. Pengumpulan Data

Data yang diperlukan adalah:

- a) Pengamatan lapangan tentang jenis tanah di beberapa sutet
- b) Mendapatkan data tentang pengukuran pembumian di setiap kaki nya

Tabel 3.2. Contoh Data Sheet Hasil Pengukuran

No	Gardu Induk	Tower	Lag A	Lag B	Lag C	Lag D

Dalam penyusunan data sheet ini, lokasi/outgoing merupakan alat/komponen yang menjadi objek pengukuran dimana tempat/letak Setiap Lag merupakan letak titik pengukuran sistem pembumian pada Sutet.

3.5. Perhitungan data Data

Dalam penelitian ini penulis juga melakukan analisis data dari sisi teori. Langkah-langkah yang dilakukan adalah :

3.5.1 Perhitungan tahanan jenis tanah

Perhitungan nilai tahanan tanah dapat digunakan persamaan $R = \rho L/A$ dan didasarkan pada asumsi bahwa tahanan tanah seragam pada seluruh volume tanah hal ini sangat jarang terjadi karena berbedanya jenis tanah di sekitar pentanahan, maka dari itu 7 persamaan yang dapat digunakan untuk pasak tunggal dikembangkan oleh profesor H.B. Dwight yaitu :

$$R = \rho 2\pi L (\ln 4La - 1) \text{ atau } \rho = 2\pi LR (\ln 4L a - 1)$$

Keterangan :

R = Tahanan elektroda ke tanah (Ω)

ρ = Tahanan jenis tanah (Ω -m)

L = Panjang elektroda ke tanah (m)

a = Jari-jari batang penampang elektroda (m)

Untuk menghitung tahanan jenis tanah (ρ) data yang diperlukan adalah data hasil pengukuran tahanan pentanah tower sebanyak 3 tower SUTET 150 kV TELE-PARBABA yang didapat dari pengukuran secara langsung sebagai berikut :

1. (D) diameter elektroda batang sebesar 0,015 meter/(a) jari-jari elektroda batang sebesar 0,0075 meter.
2. Data hasil pengukuran tahanan pentanahan (R) SUTET 150 kV TELE-PARBABA 3 tower dapat dilihat dalam tabel 4.1 Panjang elektroda ke tanah (L) sepanjang 5 meter.

3.5.2 Perhitungan tahanan elektroda ke tanah

Dalam perhitungan elektroda ke tanah masih memakai persamaan $R = \rho L/A$ dan didasarkan pada asumsi bahwa tahanan tanah seragam pada seluruh volume tanah yang dikembangkan oleh profesor H.B. Dwight yaitu :

$$R = \rho \frac{2\pi L}{\ln 4La - 1} \text{ atau } \rho = \frac{2\pi LR}{\ln 4L/a - 1}$$

Keterangan :

R = Tahanan elektroda ke tanah (Ω)

ρ = Tahanan jenis tanah (Ω -m)

L = Panjang elektroda ke tanah (m)

a = Jari-jari batang penampang elektroda (m)