

PROPOSAL TUGAS AKHIR

**STUDI PENTANAHAN KAKI MENARA TRANSMISI
500KV SUMATRA
(Studi Kasus: Turun Peranap New Aurduri)**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LISTRIK D-III
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BATANGHARI
JAMBI-2018**

**LEMBAR PERSETUJUAN
TUGAS AKHIR**

**STUDI PENTANAHAN KAKI MENARA TRANSMISI
500KV SUMATRA
(Studi Kasus: Turun Peranap New Aurduri)**



Disusun untuk Memperoleh Gelar Ahli Madya di
Program Studi Teknik Listrik Diploma III
Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi

Disusun Oleh :

Nama : Harikurniawan

NPM : 1300820403007

Telah diperiksa dan disetujui oleh pembimbing

Pada tanggal :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. S. Umar Djufri, MT

NIDN : 1028015801

Leily Wustha Johar, ST, MT.

NIDN : 1011066901

Mengetahui
Ketua Program Teknik Listrik

Ir. S. Umar Djufri, MT

NIDN : 1028015801

**LEMBARAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**STUDI PENTANAHAN KAKI MENARA TRANSMISI
500KV SUMATRA
(Studi Kasus: Turun Peranap New Aurduri)**

Laporan Tugas Akhir ini telah disidangkan dan disetujui oleh
Program Studi D-III Teknik Listrik Fakultas Teknik Universitas Batanghari

Nama : **Harikurniawan**
NIM : **1300820403007**
Hari / Tanggal : **Jum'at 07 September 2018**
Tempat : **Ruang Sidang Fakultas Teknik**

No	Nama	Jabatan	Tanda Tangan
1.	Ir.S. Umar Djufri, MT.	Ketua	1.
2.	Leily Wistha Johar, ST,MT.	Sekretaris	2.
3.	Ir.H. Myason, MT.	Anggota	3.
4.	Hendi Matalata, ST, MT.	Anggota	4.
5.	Ir. Rozlinda Dewi, M.SI.	Anggota	5.

Disahkan Oleh

Dekan Fakultas Teknik

Ka Prodi Teknik Listrik

DR. Ir. H. Fakhrol Rozi Yamali, ME

Ir. S. Umar Djufri, MT

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Studi Pentanahan Kaki Menara Transmisi 500KV Sumatra Turun Peranap New Aurduri)”.

Penulisan tugas akhir ini adalah untuk memenuhi persyaratan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Ahli Madya pada jurusan Teknik Listrik Fakultas Teknik Universitas Batanghari. Dengan segala kerendahan hati, dalam kesempatan ini perkenankanlah penulis menghaturkan rasa terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. DR.Ir. H. Fakhrol Rozi Yamali, ME selaku Dekan Faklutas Teknik
2. Bapak Ir. Umar Djufri, MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Listrik.
3. Bapak Ir. Umar Djufri, MT. selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan pengarahan dalam penyusunan laporan tugas akhir..
4. Ibu Leily Wustha Johar, ST, MT. selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan pengarahan dalam penyusunan laporan tugas akhir.
5. Bapak Ir. H. Myson. MT. selaku pembahas 1 yang telah memberi masukan saran dan kritik untuk melengkapi kekurangan penulisan tugas akhir saya.
6. Bapak Hendi Matalata, ST, MT. selaku pembahas 2 yang telah memberi masukan saran dan kritik untuk melengkapi kekurangan penulisan tugas akhir saya.
7. Ibu Ir. Rozlinda Dewi M.SI. selaku pembahas 3 yang telah memberi masukan saran dan kritik untuk melengkapi kekurangan penulisan tugas akhir saya.

Penyusunan dan penulisan tugas akhir masih banyak kekurangan mengingat terbatasnya kemampuan pengetahuan yang penulis miliki menyebabkan kurang sempurnanya laporan tugas akhir ini, oleh karena itu penulis mengharapkan koreksi, saran dan pendapat dari semua pihak akan merupakan bantuan yang sangat berarti untuk penyempurnaan laporan tugas akhir ini.

Atas segala bantuan, bimbingan dan dorongan yang telah diberikan kepada penulis baik langsung maupun tidak langsung, semoga Allah SWT memberikan imbalan yang berlipat ganda kepada semuanya, Amin.

Jambi, September 2018

Penulis

Harikurniawan

DAFTAR ISI

	Hal
COVER	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Metodologi Penelitian.....	3
1.7 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Sistem Pentanahan.....	5
2.2 Tahanan Pentanahan.....	7
2.3 Perlengkapan Pentanahan.....	7
2.4 Komponen Pentanahan.....	8
2.5 Sifat-sifat Elektroda Pentanahan.....	14
2.6 Tahanan jenis tanah.....	15
2.7 Proteksi Pentanahan Kaki Menara.....	17
2.8 Batang pentanahan.....	18
2.9 <i>Counterpoise</i>	19
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Flow Chart Pentanahan	20
3.2 Waktu dan tempat penelitian.....	23
BAB IV PEMBAHASAN DAN HASIL	
4.1 Lokasi Menara Transmisi 500kV Sumatra.....	23
4.2 Lay Out Pentanahan.....	22
4.3 Pengukuran Tahanan Pentanahan Kaki Menara.....	24
4.4 Usaha Menurunkan Tahanan Kaki Menara Berimpedansi.....	26
Tinggi	
4.5 Perhitungan Pentanahan.....	26

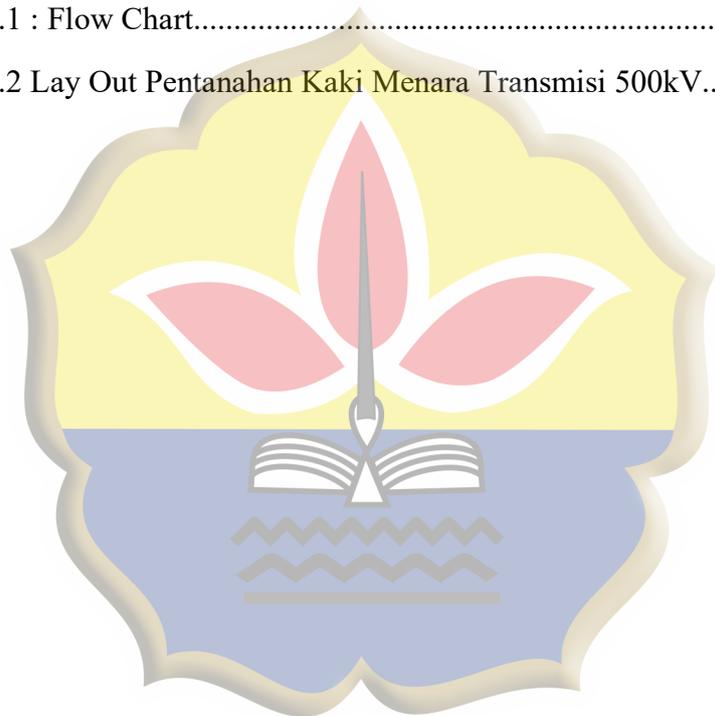
BAB V	KESIMPULAN	
5.1	KESIMPULAN.....	30
5.2	SARAN.....	30

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kabel Grounding	8
Gambar 2.2 Elektroda Pentanahan	10
Gambar 2.3 Kawat GSW/OPGW	12
Gambar 2.4 Konduktor penghubung, kawat GSW/OPGW ke tanah.....	13
Gambar 2.5 Pentanahan tower	14
Gambar 3.1 : Flow Chart.....	20
Gambar 4.2 Lay Out Pentanahan Kaki Menara Transmisi 500kV.....	23



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tahanan jenis tanah.....	14
Tabel 2.2 Jenis tanah.....	15
Tabel 2.3 Efek Temperatur Terhadap Resistivitas Tanah.....	16
Tabel 3.1 Waktu dan tempat penelitian.....	21
Tabel 4.1 Tahanan Pentanahan Tower Turun Peranap.....	28



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pentanahan merupakan sistem yang umum digunakan di dunia kelistrikan yang bertujuan mengamankan peralatan-peralatan listrik, maupun manusia yang berada disekitar gangguan. Untuk menyalurkan daya listrik di pusat tenaga sumber ke konsumen diperlukan suatu sistem tenaga listrik. Sistem jaringan ini terdiri dari saluran transmisi, meliputi tranmisi 500 kV, Saluran transmisi merupakan bagian yang sering mendapat gangguan, gangguan-gangguan tersebut selain gangguan dari dalam atau pada peralatan itu sendiri juga terdapat gangguan dari luar atau gangguan alam salah satunya gangguan sambaran petir terhadap saluran transmisi, karena saluran transmisi berhubungan langsung dengan lingkungan luar yang meliputi udara, air hujan, dan paparan sinar matahari yang tersebar diberbagai daerah terbuka serta beroperasi dalam segala macam kondisi. Apabila salah satu bagian sistem transmisi mengalami gangguan maka akan berdampak terhadap bagian transmisi yang lainnya. Sehingga Saluran transmisi Gardu induk dan Saluran distribusi menjadi terganggu serta mengalami kerusakan. Transmisi dan distribusi merupakan satu kesatuan yang harus dikelola dengan baik.

Mengatasi gangguan diperlukan pentanahan kaki menara transmisi yaitu perlindungan kawat fase terhadap sambaran langsung petir dengan menggunakan kawat tanah yang diletakkan di atas kawat fase, sehingga sambaran petir yang mengenai kawat tanah akan lansung di bumikan. Resistansi tanah yang tinggi menyebabkan gelombang arus pantul akan merambat ke puncak menara dan apabila gelombang arus pantul tersebut melebihi tegangan isolator yang ada pada tiang transmisi, maka arus petir akan terinjeksi ke kawat fase dan mengakibatkan kerusakan. Oleh karena itu diperlukan sistem pentanahan yang baik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalahnya adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi tahanan pentanahan kaki menara Transmisi 500 kV sumatra di daerah Turun Peranap?
2. Bagaimana mendapatkan tahanan pentanahan sesuai standar yang ditentukan.

1.3 Batasan Masalah

Dalam proposal Tugar Akhir ini penulis akan memfokuskan dan membatasi masalah yang berkaitan dengan kegiatan pemasangan pentanahan transmisi 500kv di daerah Turun peranap. Batasan masalah dalam penulisan proposal Tugas Akhir ini meliputi :

1. Tidak membahas Berapa besar tegangan, jika terjadi sambaran petir secara langsung maupun tidak langsung.
2. Tidak membahas Komisioning

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang hendak dicapai dalam penulisan proposal Tugas Akhir ini adalah.

1. Mengetahui kondisi tahanan pentanahan kaki menara transmisi 500-kV sumatra di daerah Turun Peranap.
2. Mengetahui dan memaparkan usaha perbaikan tahanan pentanahan kaki menara transmisi 500 kV sumatra di daerah Turun Peranap agar sesuai dengan standart PLN.
3. Memperoleh data pengukuran kaki menara transmisi 500 kV sumatra di daerah Turun Peranap dan mengetahui proses penambahan elektroda pentanahan setelah dilakukan pengukuran tahanan kaki menara dalam usaha menurunkan tingginya resistansi pentanahan pada beberapa menara.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini dapat memberikan informasi tambahan tentang hasil pengukuran tahanan kaki menara menara transmisi 500 kV sumatra di daerah Turun Peranap kepada pihak PT. PLN (Persero) Kota Jambi.
2. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan tambahan informasi tentang kondisi tahanan pentanahan dari kaki menara transmisi 500kv Transmisi Turun Peranap. Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan ilmu pengetahuan bagi peneliti, khususnya dalam hal pentanahan.

1.6 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penulisan proposal Tugas Akhir ini antara lain : lokasi dan waktu penelitian, observasi lapangan, diskusi dengan sesama teman kerja kontraktor dan dosen pembimbing.

1. Pengumpulan data
 - a. Data primer
Penulis langsung mengukur tahanan pentanahan dan rangkaian apa yg di gunakan untuk pentanahan di lokasi turun perenap.
 - b. Data sekunder
Pengumpulan data dari buku PUIL 2000 dan jurnal, serta buku Standar PLN tentang pentanahan, konstruksi dan desain enjinereng
2. Metode Observasi
Melalui metode observasi dapat diamati langsung material yang digunakan dan titik-titik penempatan pentanahan, penempatan elektroda.
3. Metode Diskusi
Diskusi dengan teman-teman rekan kerja kontraktor listrik dan dosen pembimbing.
4. Lokasi Penelitian
Penelitian dilaksanakan di Turun Peranap, lokasi Payo Selincah Kecamatan Kota Baru Kota Jambi.

1.7 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini terdiri dari 5 (lima) bab yang masing-masing terdiri atas beberapa sub bab yaitu :

Bab I Pendahuluan

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

Bab II Landasan Teori

Berisi teori-teori yang terkait dengan pengertian tahanan pentanahan, Komponen pentanahan pada SUTET, Jenis kabel, Elektroda, Titik Pentanahan, Jenis Tanah.

Bab III Metode Penelitian

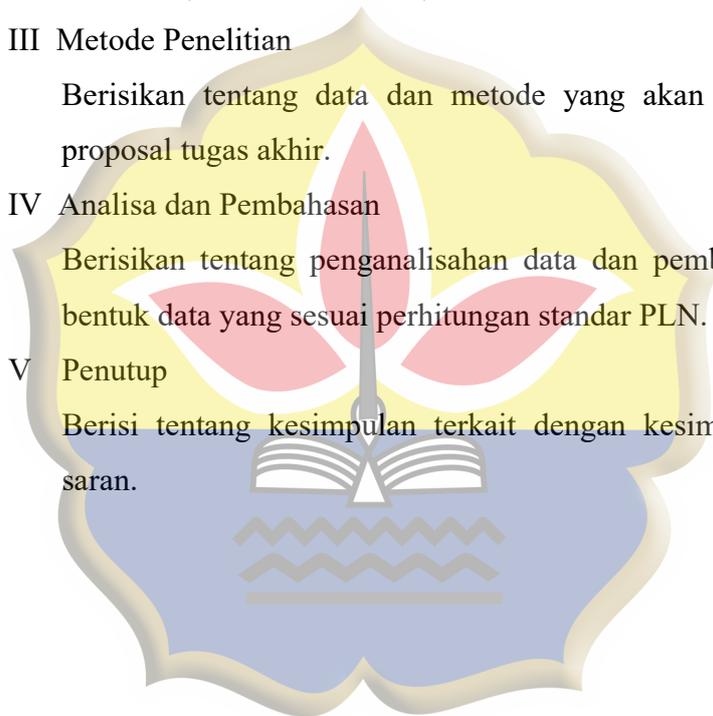
Berisikan tentang data dan metode yang akan diterapkan pada proposal tugas akhir.

Bab IV Analisa dan Pembahasan

Berisikan tentang penganalisan data dan pembahasannya dalam bentuk data yang sesuai perhitungan standar PLN.

Bab V Penutup

Berisi tentang kesimpulan terkait dengan kesimpulan dan saran.



BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Sistem Pentanahan

Sistem Pentanahan (*System Grounding*) didefinisikan sebagai hubungan ke tanah dari salah satu penghantar dari sistem distribusi atau sistem perkawatan di dalam mesin, Pentanahan sistem biasa dilakukan pada sekunder transformator yang mempunyai hubungan bintang.[Sumber Suhadi Dkk Teknik Distribusi Tenaga Listrik,Penerbit Departemen Pendidikan Nasional 2008]

Hubungan bintang ialah hubungan transformator tiga fasa, dimana ujung-ujung awal atau akhir lilitan disatukan. Titik dimana tempat penyatuan dari ujung-ujung lilitan merupakan titik netral. Apabila sistem yang digunakan adalah sistem delta. .[Sumber Suhadi Dkk Teknik Distribusi Tenaga Listrik,Penerbit Departemen Pendidikan Nasional 2008]

Hubungan segitiga adalah suatu hubungan transformator tiga fasa, dimana cara penyambungannya ialah ujung akhir lilitan fasa pertama disambung dengan ujung mula lilitan fasa kedua, akhir fasa kedua dengan ujung mula fasa ketiga dan akhir fasa ketiga dengan ujung mula fasa pertama. pentanahan dapat dilakukan dengan jalan menggunakan transformator pentanahan.[Sumber Suhadi Dkk Teknik Distribusi Tenaga Listrik,Penerbit Departemen Pendidikan Nasional 2008]

Tujuan dari pentanahan sistem adalah sebagai berikut :[Sumber Suhadi Dkk Teknik Distribusi Tenaga Listrik,Penerbit Departemen Pendidikan Nasional 2008]

1. Pada sistem yang besar yang tidak ditanahkan, arus gangguan relatif besar sehingga gangguan listrik yang timbul tidak dapat padam dengan sendirinya, hal ini akan menimbulkan gangguan pentanahan, pada sistem yang ditanahkan gejala tersebut hampir tidak ada.

2. Untuk membatasi tegangan-tegangan pada fase-fase yang tidak terganggu.

Metoda -metoda pentanahan netral dan sistem-sistem tenaga adalah:

1. Pentanahan melalui tahanan (*resistance grounding*)

Adalah untuk membatasi arus gangguan ke tanah antara 10- % sampai 25 % dari arus gangguan 3 fasa. Batas yang paling bawah adalah batas minimum untuk dapat bekerjanya rele gangguan tanah, sedangkan batas atas adalah untuk membatasi banyaknya panas yang hilang pada waktu terjadinya gangguan.

2. Pentanahan melalui reaktor (*reactor grounding*)

Reaktor pengetanahan ini digunakan bila trafo daya tidak cukup membatasi arus gangguan tanah. Pentanahan ini digunakan untuk memenuhi persyaratan dari sistem yang tanahkan dengan pentanahan ini, besarnya arus gangguan ke tanah di atas 25% dari arus gangguan 3 fasa.

3. Pentanahan tanpa impedansi (*solid grounding*)

Pentanahan tanpa Impedansi atau langsung (*solid grounding*). Pentanahan ini ialah apabila titik netral trafo kita hubungkan langsung ketanah, pada sistem ini, bila terjadi gangguan kawat ke tanah akan mengakibatkan terganggunya kawat dan gangguan ini harus di isolasi dengan memutus Pemutus daya (PMT / CB). Tujuannya untuk mentanahkan titik netral secara langsung dan membatasi kenaikan tegangan dari fasa yang tidak terganggu. digunakan pada sistem dengan tegangan 20 kV. Sistem ini mengandalkan nilai besarnya tahanan pentanahan makin kecil tahanan pentanahan makin baik yang dipengaruhi oleh bahan dari elektroda pentanahannya

4. Pentanahan efektif (*effective grounding*)

Pentanahan efektif pada sistem 150 kV memberikan keandalan yang tinggi dan keuntungan faktor ekonomi yang menonjol dari pengurangan tingkat isolasi.

5. Pentanahan dengan kumparan *Petersen*

Pengetanahan dengan kumparan Petersen ialah untuk menghubungkan titik netral trafo daya dengan suatu tahanan yang nilainya dapat berubah-ubah.

2.2 Tahanan Pentanahan

Tahanan Pentanahan adalah salah satu faktor kunci dalam usaha pengamanan, perlindungan instalasi listrik. Agar sistem pentanahan dapat bekerja dengan efektif, sistem pentanahan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut : [Sumber Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000) Jakarta Badan Standarisasi Nasional 2000]

1. Membuat jalur impedansi rendah ke tanah untuk pengamanan personil dan peralatan, menggunakan rangkaian yang efektif.
2. Dapat melawan dan menyebarkan gangguan berulang dan arus akibat sambaran petir.
3. Bahan tahan korosi terhadap berbagai kondisi kimiawi tanah, untuk bisa dipakai dalam jangka waktu yang panjang.
4. Menggunakan sistem mekanik yang kuat namun mudah dalam pelayanan. Sistem pentanahan yang baik akan memberikan keandalan pada sistem tenaga listrik, disamping keamanan yang terjaga pada sistem tenaga listrik juga peralatan lain yang mendukungnya.

2.3 Perlengkapan Pentanahan

Perlengkapan Pentanahan merupakan hubungan ke tanah dari bagian-bagian metal yang dalam keadaan normal tidak membawa arus pada semua perlengkapan yang berhubungan dengan sistem tenaga listrik, seperti. Pipa-Pipa, Metal, Pelindung Kabel, Kotak saklar, Kerangka Motor, Tangki Transformator, Lemari Kontrol.

Secara singkat tujuan pentanahan peralatan dapat diformulasikan sebagai berikut : [Sumber Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000) Jakarta Badan Standarisasi Nasional 2000]

1. Mencegah terjadinya tegangan kejut listrik yang berbahaya bagi orang yang ada dalam daerah tersebut.
2. Untuk memungkinkan timbulnya arus tertentu baik besarnya maupun lamanya dalam keadaan gangguan tanah tanpa menimbulkan kebakaran atau ledakan pada bangunan atau isinya.
3. Untuk memperbaiki *performance* dari sistem. Batas tahanan pentanahan perlengkapan adalah :
 - a. Untuk stasiun-stasiun besar, tahanan bus pentanahan 1 Ohm.
 - b. Untuk stasiun yang lebih kecil, tahanan bus pentanahan 5 Ohm.
 - c. Untuk perumahan dan kota-kota yang belum mempunyai sistem air ledeng, tahanan bus pentanah 25 Ohm.
 - d. Untuk peralatan-peralatan elektronis yang sangat peka, tahanan pentanahan harus kurang dari 1 Ohm, yaitu sekitar 0.5 Ohm.
 - e. Untuk menara transmisi 500kv tahanan pentanahan kaki menara tidak lebih dari 5 Ohm.

2.4 Komponen Pentanahan

1. Penghantar Pentanahan.

Kawat tanah pengaman dihubungkan ke semua bagian metal peralatan listrik, dan juga kepada bagian-bagian bangunan yang berujud metal, konstruksi penyangga kabel yang terbuat dari bahan metal. Penghantar pentanahan berfungsi untuk mengalirkan arus gangguan tanah besar dan lama arus gangguan tanah tanpa menimbulkan kenaikan suhu yang

berlebihan.



Gambar 2.1 Kabel *Grounding*
(Sumber S-PLN Tahun 2014)

Aturan untuk pemasangan penghantar pentanah adalah sebagai berikut :

- a. Bila digunakan kawat berisolasi kawat pentanah sama penampangnya dengan kawat fase yang bersangkutan.
- b. Bila digunakan kawat telanjang, kenaikan suhu maksimum dan untuk tempat-tempat tertentu suhu maksimum adalah sebesar 100°C.
- c. Kawat pentanahan perlengkapan harus dibuat tersendiri dan tidak digabung dengan kawat pentanah titik netral.

2. Bus Pentanahan

Didalam membatasi tegangan, rangkaian impedansi rendah untuk arus gangguan tanah sangat dibutuhkan. Penampang bus pentanahan ditentukan oleh besar arus dan lamanya mengalirnya arus gangguan tanah, yaitu dibatasi oleh suhu maksimum yang diperbolehkan. Kenaikan suhu yang disyaratkan untuk setiap sambungan akan berbeda. Untuk sambungan dengan baut, kenaikan suhu maksimum adalah 250°C bila suhu permulaan sebesar 26°C yang dapat dihitung dengan:

$$A = 10,6 I \sqrt{s} \dots\dots\dots(2.1)$$

sedangkan untuk sambungan las, suhu maksimum adalah 450°C yang dapat dihitung dengan:

$$A = 8,7 I \sqrt{s} \dots\dots\dots(2.2)$$

Maka : A = luas penampang konduktor (mm²)

I = arus gangguan tanah (ampere)

S = lama aliran arus (second)

Arus yang digunakan dalam perhitungan tergantung pada sistem pentanahan netral. Untuk sistem yang tidak ditanahkan atau pentanahan dengan impedansi, arus gangguan adalah arus gangguan fase ke fase. Untuk pentanahan tanpa impedansi, arus yang digunakan untuk

perhitungan adalah arus gangguan tiga fase. Ukuran penampang bus pentanahan tidak boleh kurang dari 70 mm², untuk gardu induk besar atau pusat pembangkit, ukuran terbesar tidak perlu lebih dari 250 mm². Untuk pembangkit industri dan gardu induk kecil, penampang yang digunakan cukup 90 mm². [Sumber Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000) Jakarta Badan Standarisasi Nasional 2000]

Pemasangan bus pentanahan didasarkan atas petunjuk sebagai berikut : [Sumber Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000) Jakarta Badan Standarisasi Nasional 2000]

- a. Bus pentanahan harus dipasang mengelilingi bangunan. Untuk bangunan dengan kerangka baja, bus pentanahan harus dihubungkan dengan pilar-pilar baja sisi terluar, untuk bangunan yang sangat besar, bus pentanahan harus dibuat berbentuk grid. Bus pentanahan dihubungkan dengan elektroda pentanahan setiap jarak 200 ft (60 meter) atau kurang.
- b. Bila gedung terdiri dari beberapa tingkat, tiap tingkat perlu diberi bus pentanahan sendiri-sendiri.
- c. Bus pentanahan harus terlindung dari kerusakan mekanis, dan apabila metal digunakan sebagai pelindung kabel pentanahan, paling tidak pada kedua ujung harus dihubungkan dengan bus tersebut.
- d. Sambungan-sambungan di dalam tanah tidak boleh menggunakan baut, tetapi dengan las.

3. Elektroda Pentanahan

Elektroda Pentanahan berupa batang (*rod*), pipa, plat atau penghantar yang dibenam dalam tanah, dengan ukuran bahan dan kedalaman yang tepat. Elektroda tersebut harus terbuat dari bahan yang tahan korosi seperti tembaga (*copper*), atau baja dilapis tembaga.



Gambar 2.2 Elektroda Pentanahan
(Sumber S-PLN Tahun 2014)

Macam-macam elektroda pentanahan adalah :

a. 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.

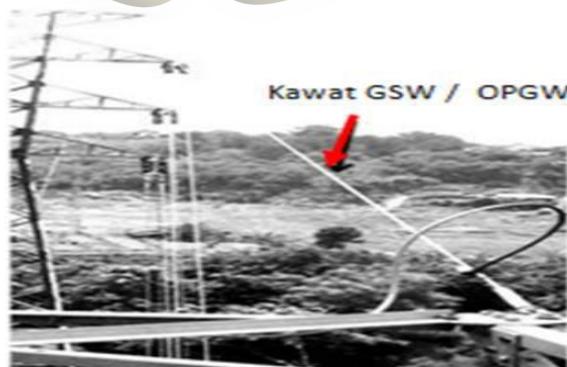
b. Elektroda pita

Elektroda pita digunakan untuk memperendah impedansi gangguan sambaran petir pada menara, komponen frekuensi tinggi dari gangguan 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.

4. Jenis Kabel Pentanahan Sumber S-PLN Tahun 2014

Menurut SPLN tahun 2014 jenis kawat yang digunakan sebagai kawat pentanahan adalah Kawat *Ground Steel Wire (GSW)/ Optic Ground Wire (OPGW)* Kawat GSW/ OPGW. adalah media untuk melindungi konduktor fasa dari sambaran petir. Kawat ini dipasang di atas 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.

Kawat GSW/ OPGW terbuat dari baja yang sudah digalvanis, maupun sudah dilapisi dengan aluminium. Pada SUTET yang dibangun mulai tahun 1990an, di dalam ground wire difungsikan fiber optic untuk keperluan telemetri, teleproteksi maupun telekomunikasi yang dikenal dengan OPGW (Optic Ground Wire), sehingga mempunyai beberapa fungsi. Jumlah Kawat GSW/ OPGW pada SUTT maupun SUTET paling sedikit ada satu buah di atas 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 tower tension, pemasangan Kawat GSW/ OPGW dapat menggunakan dead end compression dan protection rods yang dilengkapi helical dead end . Sedangkan pada tipe tower suspension digunakan suspension clamp untuk memegang kawat GSW/OPGW.



Gambar 2.3 Kawat GSW/OPGW
(Sumber S-PLN Tahun 2014)

5. Konduktor Penghubung

Pada tiang SUTT/ SUTET yang berlokasi di daerah petir tinggi biasanya dipasang konduktor penghubung. Bahan yang dipakai untuk konduktor penghubung umumnya sama dengan bahan kawat GSW/ OPGW. Konduktor penghubung ini berfungsi sebagai media berjalannya surja petir dengan nilai induktansi yang lebih rendah daripada induktansi tower agar arus petir yang menyambar kawat GSW/ OPGW maupun tower SUTT/ SUTET dapat langsung disalurkan ke tanah.

Ujung bagian atas konduktor ini dihubungkan langsung dengan kawat GSW/ OPGW menggunakan klem sambungan atau dihubungkan dengan batang penangkap petir yang dipasang di atas tower. Sedangkan ujung bagian bawahnya dihubungkan dengan pentanahan tower. Dengan pemasangan konduktor penghubung diharapkan tidak terjadi arus balik yang nilainya lebih besar daripada arus sambaran petir yang sesungguhnya, sehingga gangguan pada transmisi dapat berkurang.



Gambar 2.4 Konduktor penghubung, kawat GSW/OPGW ke tanah
(Sumber S-PLN Tahun 2014)

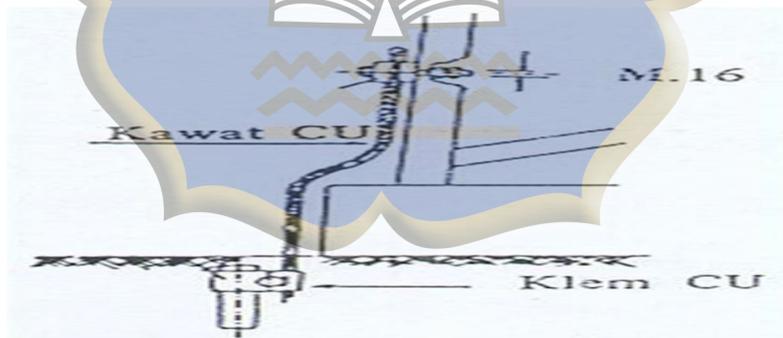
6. Jenis Elektroda Pentanahan Sumber S-PLN Tahun 2014

Rod pentanahan adalah perlengkapan pembumian sistem transmisi yang berfungsi untuk meneruskan arus listrik dari tower SUTT maupun SUTET ke tanah dan menghindari terjadinya *back flashover* pada insulator saat *grounding* sistem terkena sambaran petir. Pentanahan tower terdiri dari konduktor tembaga atau konduktor baja yang diklem pada pipa pentanahan yang ditanam di dekat pondasi tiang, atau dengan menanam

plat aluminium/ tembaga disekitar pondasi tower yang berfungsi untuk mengalirkan arus dari konduktor tanah akibat sambaran petir.

Jenis-jenis pentanahan tower pada SUTT/ SUTET :

1. *Electroda bar*, yaitu suatu rel logam yang ditanam di dalam tanah. Pentanahan ini paling sederhana dan efektif, dimana nilai tahanan tanah adalah rendah.
2. *Electroda plat*, yaitu plat logam yang ditanam di dalam tanah secara horisontal atau vertikal. Pentanahan ini umumnya untuk pengamanan terhadap petir.
3. *Counter poise electrode*, yaitu suatu konduktor yang digelar secara horisontal di dalam tanah. Pentanahan ini dibuat pada daerah yang nilai tahanan tanahnya tinggi atau untuk memperbaiki nilai tahanan pentanahan.
4. *Mesh electrode*, yaitu sejumlah konduktor yang digelar secara horisontal di tanah yang umumnya cocok untuk daerah kemiringan.



Gambar 2.5 Pentanahan tower
(Sumber S-PLN Tahun 2014)

2.5 Sifat-sifat Elektroda Pentanahan

Sifat-sifat Elektroda Pentanahan dinilai dari tahanan tanah disekitarnya dimana secara geologis arus mengalir dari elektroda kesekitarnya. Tahanan elektroda ditentukan oleh ukuran, bentuk dan jenis elektroda yang digunakan. Tahanan kontak antara elektroda dan tanah disekitarnya diusahakan sekecil mungkin untuk menjamin tahanan

pentanahan yang rendah. Namun demikian besarnya tahanan kontak sangat ditentukan jenis tanah, struktur tanah dan instalasi pemasangan elektroda. Tahanan tanah disekitar penjumlahan resistan seri dari lapisan-lapisan tanah, lapisan terdekat dengan elektroda memiliki permukaan yang sempit sehingga memberikan tahanan yang relatif besar. Lapisan berikutnya memberikan tahanan yang lebih kecil dikarenakan lebih luas, demikian seterusnya hingga pada suatu jarak tertentu dari elektroda. Jarak ini disebut daerah tahanan efektif, tergantung dari dalamnya elektroda.

2.6 Tahanan jenis tanah

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 :

1. Tahanan Jenis Tanah

Tabel 2.1 Tahanan Jenis Tanah

NO	Jenis Tanah	Tahanan Jenis (ohm.m)
1	Tanah rawa	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 dn tawar	10 s.d. 100

Sumber : PUIL Tahun 2000

Tabel 2.2 Jenis Tanah

Kelas Tanah	Tipe Tanah	Kondisi Tanah	Maksimundaya dukungtanah	Parameter(C)dansudutg esek ϕ°
1	Cohesive granular	Sangatlunaktanpa pasir	1000 daN/m ²	C:1500-2500 daN/m ² ϕ : 250 - 300
2	Cohesive granular	Tanahlunak, endapanlumpurse dikipasir	2500-7500 daN/m ²	C : 2500-5000 daN/m ² ϕ : 300 - 350
3	Cohesive granular	Tanah kerascoarsifberpasir gravel (tanahliat)	7500-1500 daN/m ²	C : 5000-8000 daN/m ² ϕ : 350 - 400

Kelas Tanah	Tipe Tanah	Kondisi Tanah	Maksimundaya dukungtanah	Parameter(C)dansudutg esek Φ°
4	Cohesive granular	Lumpur sangatkeras, tanahliatkerasber pasir	30.000-60.000 daN/m ²	C : 11000-14000 daN/m ² Φ : 450 – 500
5	Rock	Batucadas	3.000 daN/m ²	C : 20000-28000 daN/m ² Φ : 900 – 1000
6	Cohesive granular	Lumpur keras, endapankeras	15.000-30.000 daN/m ²	C : 8000-11000 daN/m ² Φ : 400 – 450

Sumber : CAC Proyekkelistrikan RE-II PT PLN (persero)

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.

1. Komposisi zat kimia dalam tanah

Kandungan zat – zat kimia dalam tanah terutama sejumlah zat organik maupun anorganik yang mempunyai tingkat curah hujan tinggi biasanya mempunyai tahanan jenis tanah yang tinggi disebabkan garam yang terkandung pada lapisan atas larut. Pada daerah yang demikian ini untuk memperoleh pentanahan yang efektif adalah dengan menanam elektroda pada kedalaman yang lebih dalam.

2. Kandungan air tanah

Kandungan air tanah sangat berpengaruh terhadap perubahan tahanan jenis tanah (ρ) terutama kandungan air tanah sampai dengan 20%. Kenaikan kandungan air tanah diatas 20% pengaruhnya sedikit sekali.

3. Temperatur Tanah

Tabel 2.3 Efek Temperatur 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

Temperatur tanah temperatur bumi pada kedalaman 5 feet ($\pm 1,5$ m) biasanya stabil terhadap perubahan temperatur permukaan. Indonesiasebagai daerah tropic tidak mempunyai perbedaan temperatur yang banyak selama setahun, sehingga faktor temperatur boleh dikatakan berpengaruh. Karena Jambi adalah bagian dari Indonesia maka faktor temperatur juga dapat diabaikan.

2.7 Proteksi Pentanahan Kaki Menara

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 kawat tanah di atas kawat fase, memperkecil tahanan kaki menara, memasang arrester, dan sebagainya. Tahanan kaki Menara yang rendah dapat diperoleh dengan menggunakan satu atau lebih batang-batang pengetanahan (*grounding rod*) dan atau sistem *counterpoise*.

Pemilihan penggunaan batang pengetanahan dan atau sistem counterpoise tergantung dari tahanan jenis tanah di mana menara tersebut berada.

2.8 Batang pentanahan

Bila menggunakan batang pengetanahan, tahanan kaki menara dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$R = (p/2\pi L) \ln(2L/d) \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan :

- R = tahanan kaki menara (ohm)
- p = tahanan jenis tanah (ohm)
- L = panjang dari batang pengetanahan (meter)
- d = diameter batang pengetanahan (meter)

Menurut persamaan di atas, tahanan kaki menara akan berkurang dengan menambah panjang pentanahan. Dalam hal ini batang pentanahan paralel digunakan, persamaan (2.3) tetap dapat digunakan untuk menghitung tahanan kaki menara ; bila variabel d diubah menjadi A dan radius batang pentanahan sama sesuai dengan persamaan (2.4). Harga A adalah kelipatan batang pentanahan yang tergantung dari penempatan masing-masing batang.

Maka penempatan yaitu :

2 batang diletakkan di mana saja $A = \sqrt{ar} \dots\dots\dots (2.4)$

3 batang diletakkan membentuk segitig $A = \sqrt[3]{a^2r} \dots\dots\dots (2.5)$

4 batang diletakkan membentuk persegi $A = \sqrt[4]{2^{1/2}a^2r} \dots\dots\dots (2.6)$

dengan :

- r = jari-jari masin-masing batang pengetanahan (harus sama)
- a = jarak antara batang pengetanahan.

Tembaga dan aluminium adalah bahan yang paling sering digunakan sebagai batang pentanahan (*driven ground*). Namun demikian tembaga

dianggap lebih tahan terhadap korosi pada daerah dengan kadar garam dan kelembaban tinggi, serta daerah dengan kondisi tanah keras.

2.9 *Counterpoise*

Untuk daerah-daerah yang mempunyai lapisan tanah yang keras dan berbatu-batu atau daerah yang tahanan jenis tanahnya tinggi, batang pentanahan tidak praktis digunakan. *Counterpoise* menggunakan kawat penghantar yang ditanam di dalam parit di sekitar kaki menara. Parit-parit tersebut tidak terlalu dalam, kedalamannya sekitar 30 cm sampai 60 cm dan tidak memerlukan bahan urugan khusus. *Counterpoise* dapat dikonfigurasi secara radial (non kontinyu) atau secara menara ke menara (kontinyu)

1. Jenis kontinyu

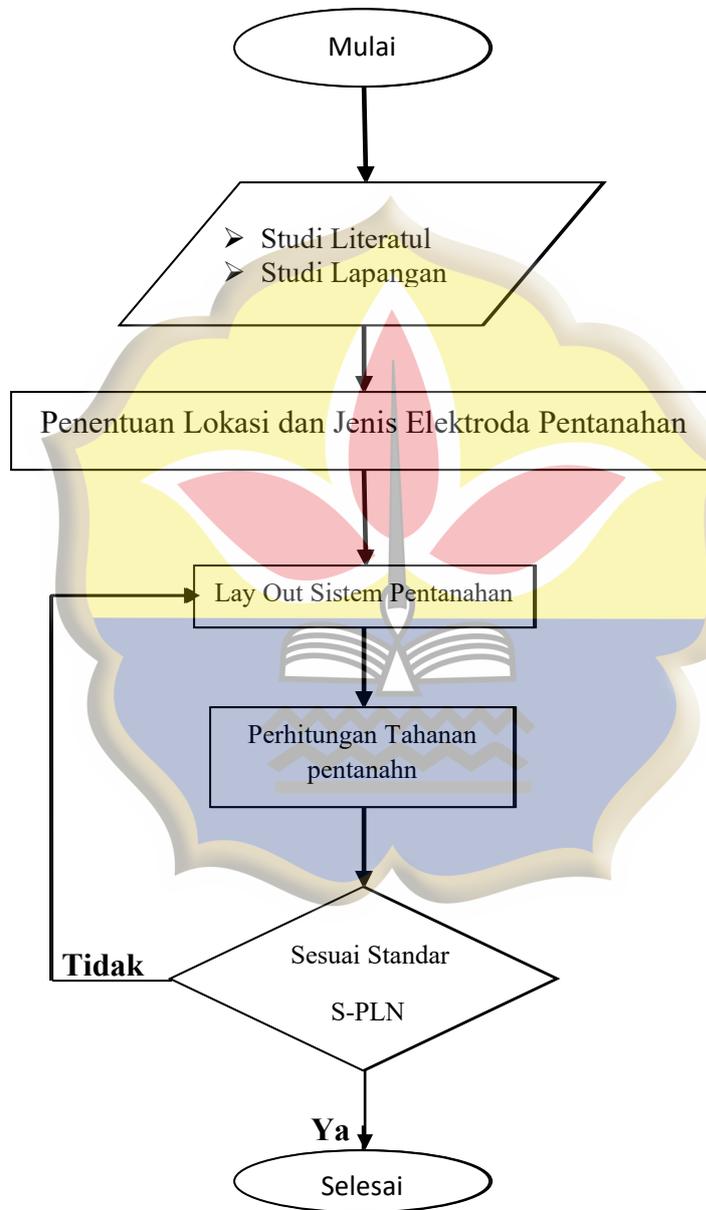
Terdiri atas sebuah elektroda kawat *horizontal* yang ditanam di bawah saluran transmisi dari ujung ke ujung atau sepanjang bagian tertentu dan dihubungkan ke kawat pentanahan (Overhead Ground Wire) pada masing-masing tiang penyangga.

2. Jenis radial

Terdiri dari beberapa elektroda kawat *horizontal* dengan panjang lengan sama dan antar lengan dipisahkan dengan sudut yang sama. Berdasarkan pertimbangan karakteristik fungsi gangguan sambaran petir, penggunaan elektroda ini lebih menguntungkan.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Flow Chart Pentanahan Di Daerah Turun Peranap Payo Slincah



Gambar 3.1 : Flow Chart

Dari *Flow Chat* dapat dijelaskan :

1. Studi Literatur dan Studi Lapangan

a. Studi Literatur

Data didapatkan dari berbagai referensi serta informasi yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan. Sumber informasi diperoleh diantaranya dari buku, artikel publikasi, skripsi, dan karya-karya ilmiah lainnya.

b. Studi Lapangan

Merupakan metode untuk mengumpulkan data secara langsung dari tempat objek penelitian, dimana pengambilan data dilaksanakan dengan cara sebagai berikut.

- Observasi, yaitu dengan cara mengamati secara langsung untuk mendapatkan data-data primer yang lebih akurat mengenai hal-hal yang menjadi objek penelitian.

- Menanyakan secara langsung kepada petugas lapangan.

PT Perusahaan Listrik Negara (PLN) Mengandeng PT Waskita Karya, untuk membangun transmisi 500 kV di Sumatra yaitu Dari *Muara Enim* sampai *Aurduri* sepanjang 554 kilometer. Hingga awal 2019 nanti, PLN menargetkan pembangunan jaringan sepanjang 19.000 kilometer sirkuit untuk seluruh wilayah sumatra, bisa mencapai total 500kV,275kV,150kV, sampai 20kV.

2. Penentuan lokasi dan Jenis Elektroda Pentanahan

Elektroda pentanahan yang di gunakan pada menara transmisi 500kV sumatra yaitu elektroda batang yg dilapisi tembaga yang tahan dengan suhu kelembapan yang tinggi dan tahan korosi yang di tanam di sekitar menara.

3. Lay Out sistem Pentanahan

Pada proses ini di teliti lay out sistem pentanahan yang dipasang pada menara transmisi 500kV sumatra.

4. Perhitungan Tahanan Pentanahan

Tahanan pentanahan di hitung dengan formula yang sudah di tentukan.

5. Skala Perhitungan

Di dapat harga yang sesuai standar.

6. Selesai



BAB IV PEMBAHASAN DAN HASIL

4.1 Lokasi Menara Transmisi 500kV Sumatra

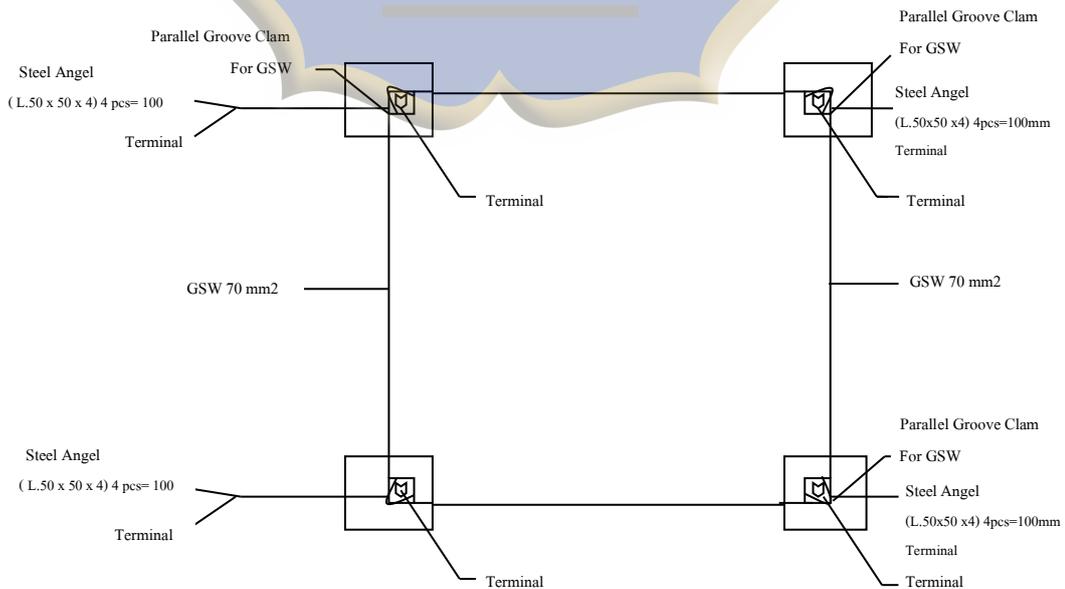
1. Lokasi



Gambar 4.1 : Lokasi di desa Turun Peranap

4.2 Lay Out Pentanahan

Perlindungan saluran transmisi terhadap gangguan petir menggunakan kawat tanah, dan piranti pentanahan kaki menara untuk mengurangi resistan kaki menara. Untuk memperoleh tahanan kaki menara kurang dari 5 ohm, PT, PLN (PERSERO) menerapkan sistem pentanahan seperti terlihat pada gambar 4.2



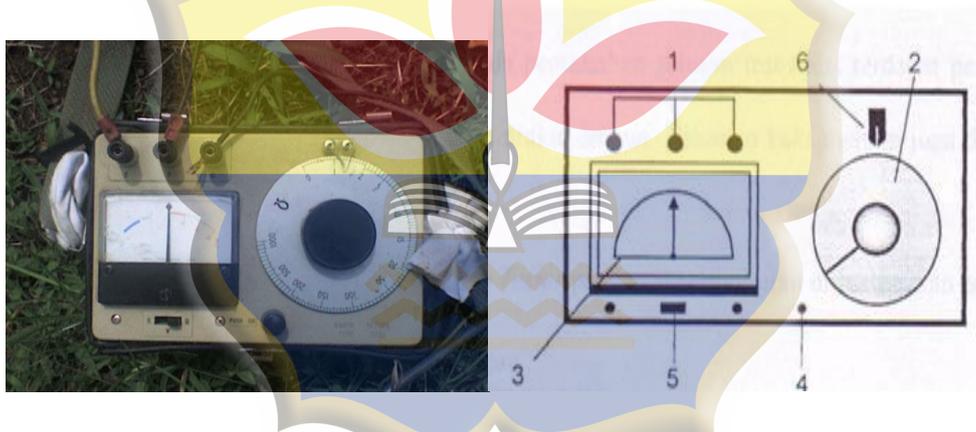
Gambar 4.2 Lay Out Pentanahan Kaki Menara Transmisi 500kV

Menara transmisi dipasang diatas lahan 100 m² berbentuk bujur sangkar. Pada awal instalasi pentanahan dilakukan dengan memasang elektroda pentanaha berbentuk batang atau *Rod*.

Tahanan kaki harus bernilai rendah, karna seiring berjalan waktu terjadi perubahan struktur tanah, perubahan kelembaban dan perubahan tingkat kandungan air mengakibatkan tingginya resistivitas tanah. Kondisi ini akan semakin buruk ketika musim kemarau panjang.

4.3 Pengukuran Tahanan Pentanahan Kaki Menara

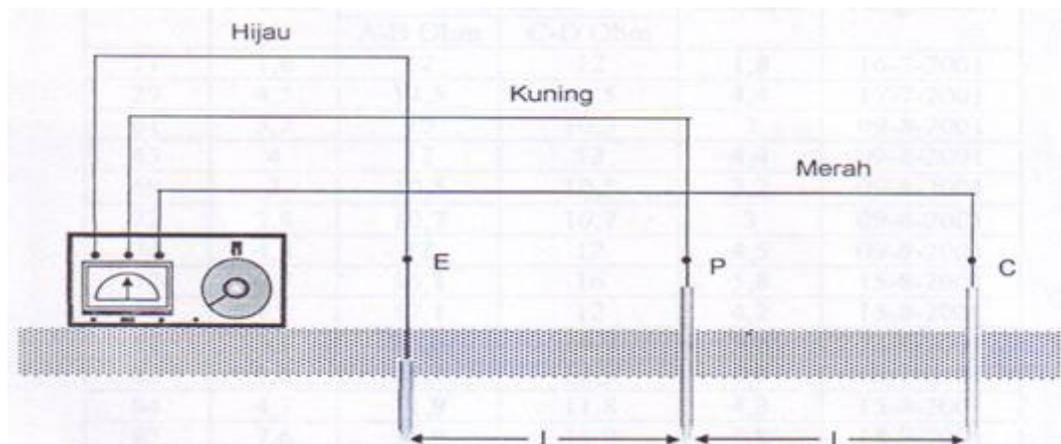
PT.PLN (Persero) menggunakan *Earth Tester* untuk mengukur tahanan pentanahan. Gambar 4.4 adalah alat ukur *Earth tester*. Hal ini dilakukan untuk memantau kondisi fisik berikut sistem pentanahannya.



Gambar 4.4 *Earth Tester*

Keterangan :

1. Terminal.
2. Skala Pembacaan.
3. Indikator.
4. Tombol.
5. Saklar Untuk Pemilihan Pengukuran.
6. Indeks Pada Skala.



Gambar 4.5 ilustrasi pengukuran dengan *Earth Tester*

Pengukuran dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Semua terminal kabel dipasang pada alat ukur.
2. Mengecek tegangan baterai earth tester dengan cara saklar diarahkan ke kiri, pada skala pembacaan apabila jarum mengarah ke kiri menjauh maka bertanda isi baterai penuh, dan arah kekanan semakin mendekati 0 artinya baterai kosong (tidak bisa digunakan).
3. Baut sambungan pada penghantar pentanahan dan elektroda pentanahannya dilepas, karat yang menempel dibersihkan.
4. Terminal dengan kabel hijau dihubungkan pada bagian yang akan diukur, *probe* kabel kuning ditancapkan pada tanah dengan jarak 5-10 meter dengan *probe* kabel merah.
5. Tombol (NO. 4) ditekan, jarum akan bergerak kemudian jarum diatur tepat pada posisi nol. Tombol dilepas maka jarum akan bergerak menunjukkan besar tahanan yang diukur.

Analisa kondisi tahanan tower Transmisi 500 kV Turun Peranap terbagi dalam 3 macam batasan yaitu :

1. Tahanan pentanahan keseluruhan (gabungan)

Pengukuran tahanan pentanahan dimana arde belum dilepas dari kaki tower, dengan kata lain masih dalam keadaan utuh.

2. Tahanan pentanahan kaki tower (tanpa pentanahan)

Pengukuran tahanan pentanahan dimana arde dilepas dari kaki tower, sehingga hanya tahanan dari kaki tower saja yang di ukur.

3. Tahanan pentanahan arde kaki tower (menara tidak terhubung).

Pengukuran tahanan pentanahan dimana arde sudah dilepas kemudian arde diukur.

4.4 Perhitungan Pentanahan

Sebelum dilakukan instalasi elektroda batang, harus terlebih dahulu ditentukan desain dari elektroda batang, lalu dihitung nilai tahanan elektroda batang sesuai standart yaitu harus dibawah 5 Ω (ohm) untuk elektroda batang tunggal. Adapun perkiraan desain dan perhitungan nilai tahanan adalah sebagai berikut:

- Panjang elektrode (L) = 1000 mm
- Diameter elektroda (D) = 16 mm
- Jari-jari elektrode (π) = 8 mm
- Tahanan jenis tanah (ρ) = 100 Ohm-meter untuk tanah liat ladang

$$R_{A1} = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \left(\frac{2L}{a} \right) - 1 \right]$$

Dimana :

- ρ = Tahanan jenis tanah (ohm meter)
- L = Panjang elektroda batang (meter)
- a = Jari-jari penampang elektroda (cm)
- R = Tahanan elektroda ke tanah (ohm)

$$\begin{aligned} R_{A1} &= \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \left(\frac{2L}{a} \right) - 1 \right] \\ &= \frac{100}{2.3,14.1} \left[\ln \left(\frac{2 \times 1}{0,008} \right) - 1 \right] \\ &= 72 \Omega \end{aligned}$$

Nilai perhitungan tahanan pentanahan untuk satu buah batang elektrode yang ditanam tegak lurus kedalam tanah adalah 72 Ohm. Jadi perhitungan nilai tahanan pentanahan elektrode batang tunggal telah memenuhi persyaratan yang berlaku yaitu dibawah 5 Ohm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konfigurasi penanaman elektroda batang mampu menginduksi besarnya tahanan pentanahan, artinya semakin banyak elektroda ditanam dalam tanah, maka semakin kecil nilai tahanan pentanahannya.

Parameter yang ditekankan adalah tahanan pentanahan karena parameter ini sangat menentukan perlindungan pada saluran transmisi. pada titik terdekat menara tersebut, Parameter ini akan menjamin saluran yang memadai bagi arus sambaran petir untuk diredam oleh tanah, melalui menara. Nilai tahanan kaki menara dipengaruhi oleh tahanan gabungan kaki menara dan tahanan pentanahan menara sistem transmisi karena terhubung oleh kawat tanah, begitu juga parameter tahanan bersama yaitu tahanan sistem yang diukur setelah kaki menara dan piranti pentanahan dihubungkan. Parameter tahanan pentanahan sangat menentukan kualitas sistem pentanahan kaki menara, karena tidak akan mungkin diperoleh tahanan menara dan tahanan bersama yang rendah ketika seluruh tahanan pentanahan bernilai tinggi. Arus petir akan langsung mengalir ke tanah melalui menara tersebut.

Untuk setiap kaki menara di pasang 4 elektroda pentahan yang di hubungkan paralel. Maka tahanan pentanahan untuk satu kaki menara dapat di hitung:

$$\frac{1}{R_A} = \frac{1}{R_{A1}} + \frac{1}{R_{A2}} + \frac{1}{R_{A3}} + \frac{1}{R_{A4}}$$

Dimana : $R_{A1} = R_{A2} = R_{A3} = R_{A4}$

$$\frac{1}{R_A} = \frac{1}{72} + \frac{1}{72} + \frac{1}{72} + \frac{1}{72}$$

$$\frac{1}{R_A} = \frac{4}{72}$$

Maka :

$$R_A = \frac{72}{4} = 18\Omega$$

Pada kondisi ini, tiap kaki menara mempunyai tahanan yang sama yaitu : $R_{A1} = R_{A2} = R_{A3} = R_{A4}$

Hasil perhitungan tahanan pentanahan tiap kaki menara dapat di lihat pada tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1 Tahanan Pentanahan Tiap Kaki Menara

No	Kaki Tower	Pentanahan Ω			
		A Ω	B Ω	C Ω	D Ω
1	1	72	72	72	72
2	2	72	72	72	72
3	3	72	72	72	72
4	4	72	72	72	72

Dari perhitungan di atas, di dapatkan hasil perhitungan pentanahan tiap kaki menara dengan nilai 18Ω yang dihubungkan secara paralel.

Secara keseluruhan sistem pentanahan pada menara transmisi ini adalah $4,5\Omega$ dimana setiap kaki menara dipasang 4 elektroda pentanahan yang dihubungkan paralel.

Maka dari hasil di atas dapat dihitung : $R_A = R_B = R_C = R_D$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} + \frac{1}{R_C} + \frac{1}{R_D}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{18} + \frac{1}{18} + \frac{1}{18} + \frac{1}{18} = \frac{4}{18}$$

Maka :

$$R_{total} = \frac{18}{4} = 4,5 \Omega$$

Secara perhitungan jadi nilai tahanan pentanahan pada menara Transmisi 500 KV Turun Peranap New – Aurduri adalah 4,5 Ω .



BAB V

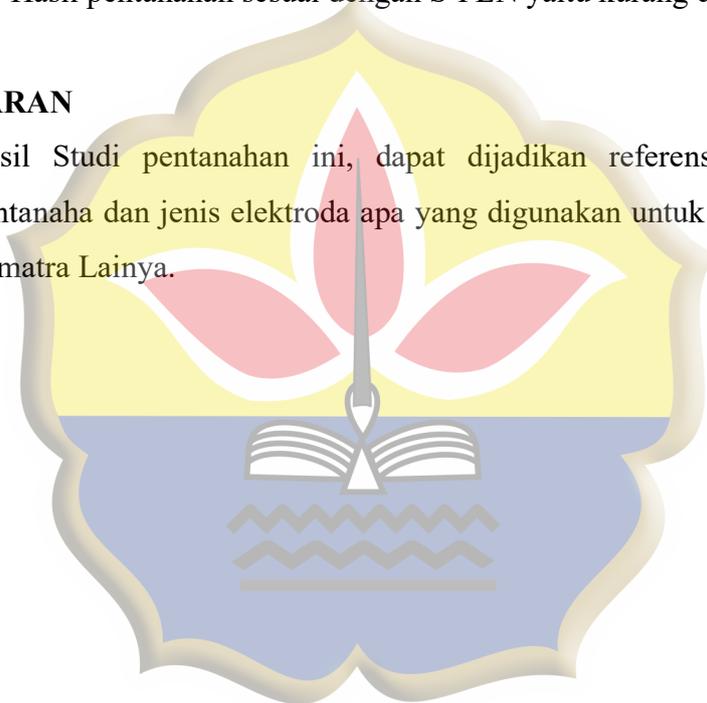
KESIMPULAN

5.1 KESIMPULAN

1. Dari hasil pengukuran kondisi tahanan pentanahan transmisi di dapati hasil pentanahan 4,5 Ω
2. Konfigurasi penanaman elektroda batang mampu mereduksi besarnya tahanan pentanahan.
3. Hasil pentanahan sesuai dengan S-PLN yaitu kurang dari 5 Ω

5.2 SARAN

Hasil Studi pentanahan ini, dapat dijadikan referensi kondisi tanah pentanaha dan jenis elektroda apa yang digunakan untuk transmisi 500kV Sumatra Lainnya.



DAFTAR PUSTAKA

Iskan, Dahlan, *Kriteria Desain Engineering Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*, PT. PLN (PERSERO), Jakarta, 2010.

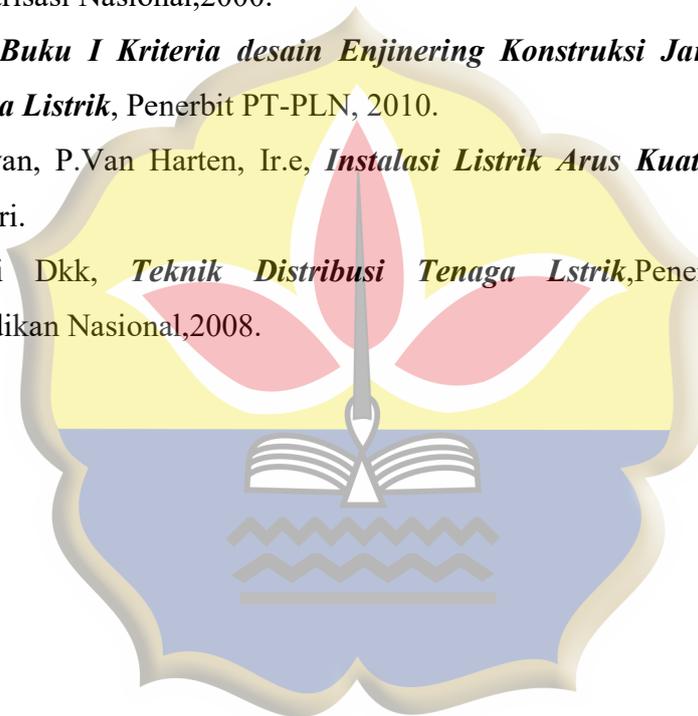
Panjaitan, Bonar, *Praktik-Praktik Proteksi Sistem Tenaga Listrik*, Penerbit Andi Yogyakarta, 2012.

Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000). Jakarta : Badan Standarisasi Nasional, 2000.

PLN, *Buku I Kriteria desain Engineering Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*, Penerbit PT-PLN, 2010.

Setiawan, P. Van Harten, Ir.e, *Instalasi Listrik Arus Kuat II*, Cv. Trimitra Mandiri.

Suhadi Dkk, *Teknik Distribusi Tenaga Listrik*, Penerbit Departemen Pendidikan Nasional, 2008.



LAMPIRAN 1 MENARA TRANSMISI 500KV



LAMPIRAN 1 MENARA TRANSMISI 500KV



LAMPIRAN 1 MENARA TRANSMISI 500KV



PROPOSAL TUGAS AKHIR

Studi Pentanahan Kaki Menara Transmisi

500kV SUMATRA

NEW AUR DURI-PERANAP



Disusun Oleh :
Harikurniawan
1300820403007

PROGRAM STUDI D-III TEKNIK LISTRIK
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BATANGHARI
JAMBI

PENDAHULUAN

LATAR BELAKANG

Jaringan listrik Transmisi 500kV yang sedang dikerjakan pembangunannya adalah salah satu tujuan untuk memenuhi suplai tenaga listrik untuk seluruh Wilayah Sumatera.

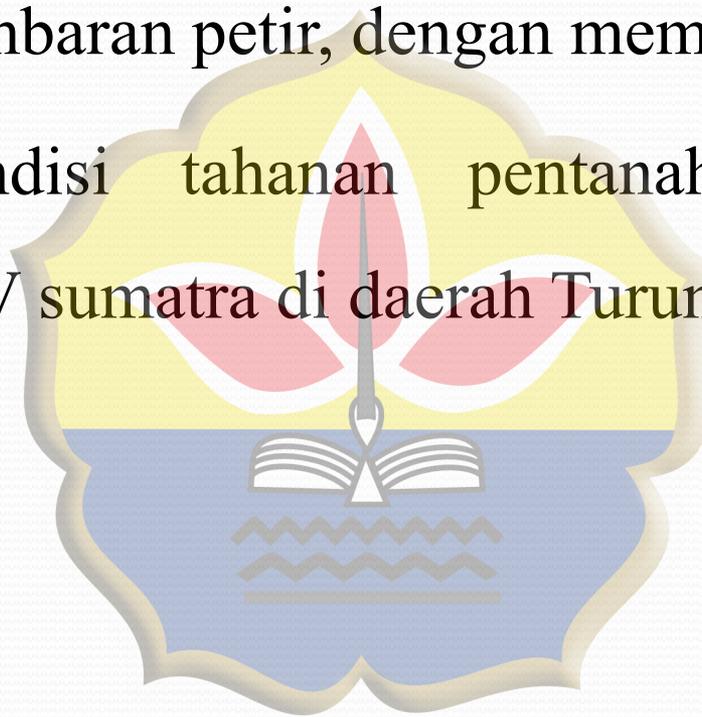
Menurut Perusahaan Listrik Negara (PLN), Konstruksinya harus memenuhi Kriteria Desain Enjinerig Konstruksi Sambungan Udara tegangan Extra tinggi (SUTET) Listrik dimulai dari :

- Penempatan titik grounding pentanahan
- Menentukan elektroda jenis apa yang di pasang
- Kondisi tanah untuk Pentanahan di daerah Turun Peranap

Rumusan Masalah

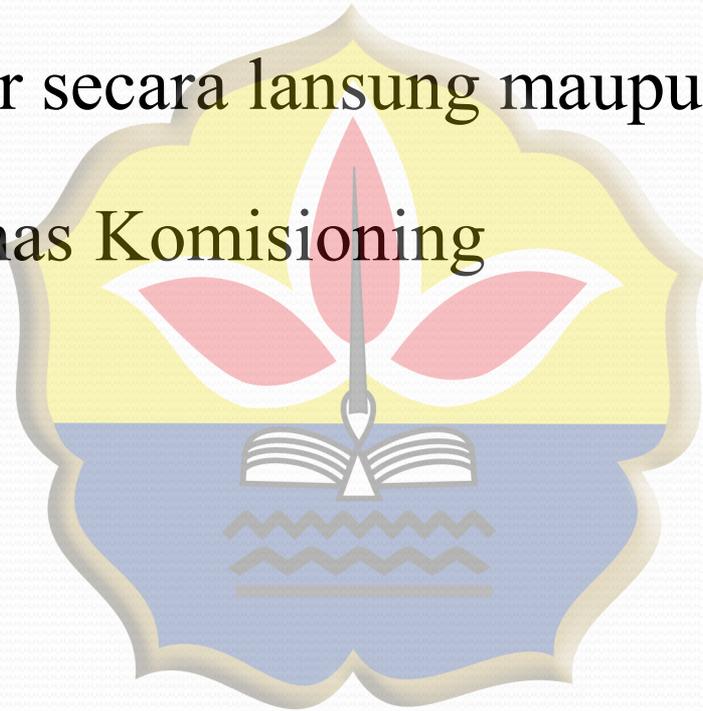
Rumusan masalah adalah meminimalisir kerusakan yang timbul akibat sambaran petir, dengan memperhatikan

- Bagaimana kondisi tahanan pentanahan kaki menara Transmisi 500 kV sumatra di daerah Turun Peranap?



Batasan Masalah

- Tidak membahas Berapa besar tegangan, jika terjadi sambaran petir secara langsung maupun tidak langsung.
- Tidak membahas Komisioning



TUJUAN PENELITIAN

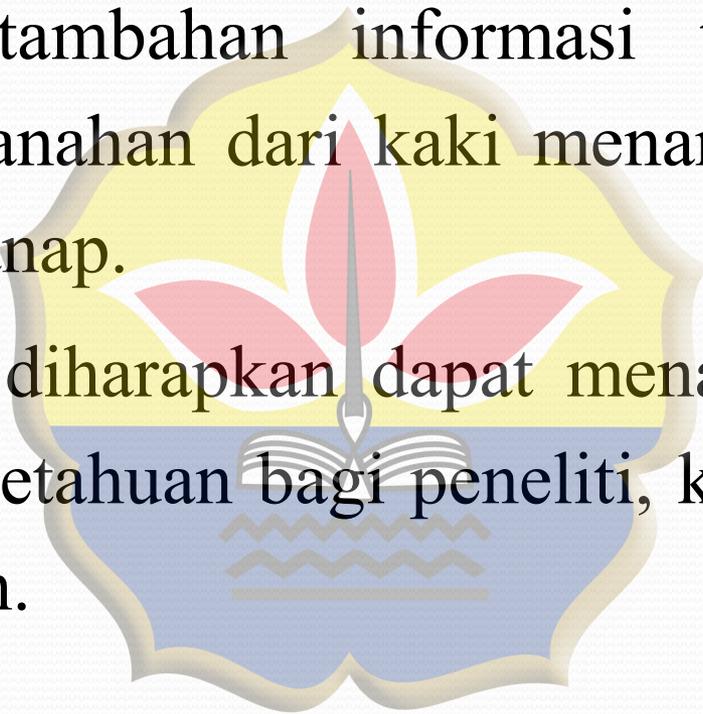
Tujuan yang hendak dicapai dalam penulisan proposal Tugas Akhir ini adalah.

- Mengetahui kondisi tahanan pentanahan kaki menara transmisi 500- kV Sumatra di daerah Turun Peranap.



MANFAAT PENELITIAN

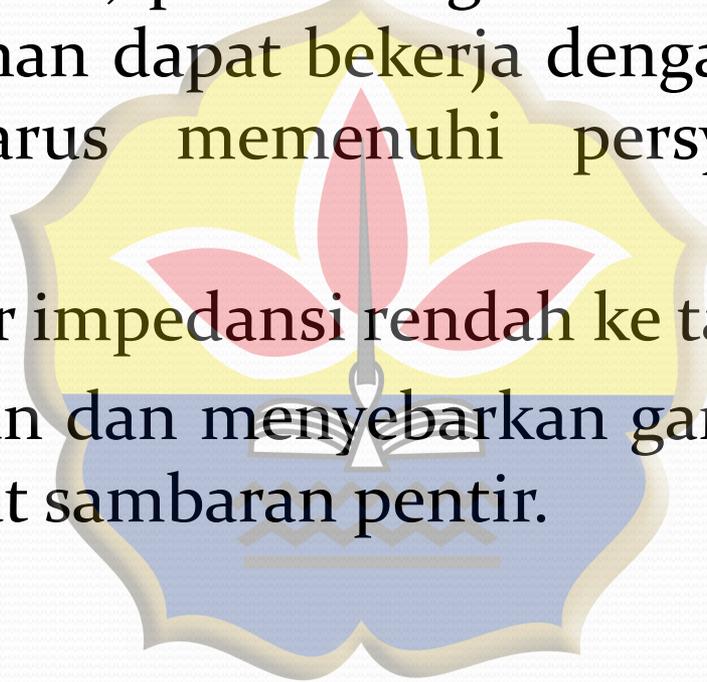
- memberikan tambahan informasi tentang kondisi tahanan pentanahan dari kaki menara transmisi 500 kV Turun Peranap.
- Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan ilmu pengetahuan bagi peneliti, khususnya dalam hal pentanahan.



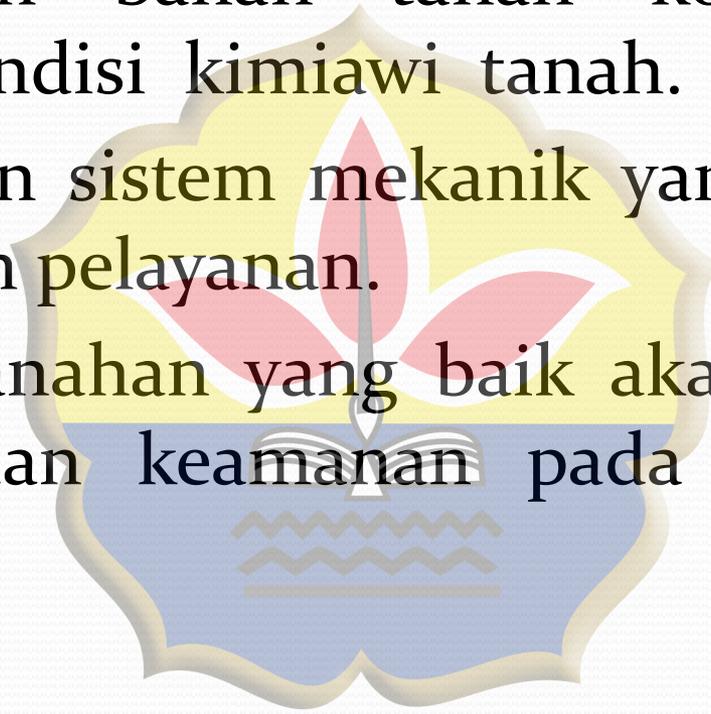
LANDASAN TEORI

Sistem Pentanahan adalah salah satu faktor kunci dalam usaha pengamanan, perlindungan instalasi listrik. Agar sistem pentanahan dapat bekerja dengan efektif, sistem pentanahan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- Membuat jalur impedansi rendah ke tanah.
- Dapat melawan dan menyebarkan gangguan berulang dan arus akibat sambaran pentir.



- Menggunakan bahan tahan korosi terhadap berbagai kondisi kimiawi tanah.
- Menggunakan sistem mekanik yang kuat namun mudah dalam pelayanan.
- Sistem pentanahan yang baik akan memberikan keandalan dan keamanan pada sistem tenaga listrik.



Tujuan dari Pentanahan sistem adalah :

Pada sistem yang besar, yang tidak ditanahkan, arus gangguan relatif besar sehingga gangguan listrik yang timbul tidak dapat padam dengan sendirinya, hal ini akan menimbulkan gangguan pentanahan, pada sistem yang ditanahkan gejala tersebut hampir tidak ada, Untuk membatasi tegangan-tegangan pada fase-fase yang tidak terganggu,

Metoda-metoda pentanahan dari sistem tenaga adalah :

- Pentanahan melalui tahanan (*resistance grounding*)

- Pentanahan melalui reaktor (*reactor grounding*)
- Pentanahan tanpa impedansi (*solid grounding*)
- Pentanahan efektif (*effective grounding*)
- Pentanahan dengan kumparan Petersen



Perlengkapan Pentanahan

Perlengkapan pentanahan digunakan untuk :

- Mencegah terjadinya tegangan kejut listrik yang berbahaya bagi orang yang ada dalam daerah tersebut.
- Untuk memungkinkan timbulnya arus tertentu baik besarnya maupun lamanya dalam keadaan gangguan tanah tanpa menimbulkan kebakaran atau ledakan pada bangunan atau isinya.

Batas tahanan pentanahan untuk memperbaiki *performance* dari sistem pentanahan adalah :

- ✓ Untuk stasiun-stasiun besar, tahanan bus pentanahan adalah 1 Ohm.
- ✓ Untuk stasiun yang lebih kecil, tahanan bus pentanahan adalah 5 Ohm.
- ✓ Untuk perumahan dan kota-kota yang belum mempunyai sistem air ledeng, tahanan bus pentanahan adalah 25 Ohm.
- ✓ Untuk peralatan-peralatan elektronis yang sangat peka, pentanahan harus kurang dari 1 Ohm, yaitu sekitar 0.5 Ohm.
- ✓ Untuk menara transmisi 500 kV tahanan pentanahan kaki menara tidak lebih dari 5 Ohm.

Jenis elektroda pentanahan

- *Electroda bar*
- *Electroda plat*
- *Counter poise electrode*
- *Mesh electrode*



- **Sifat Elektroda Pentanahan**

Sifat Elektroda Pentanahan dinilai dari tahanan tanah disekitarnya dimana secara geologis arus mengalir dari elektroda kesekitarnya. Tahanan elektroda ditentukan oleh ukuran, bentuk dan jenis elektroda yang digunakan.

- **Tahanan jenis tanah**

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 :

- Komposisi zat kimia dalam tanah
- Kandungan air tanah
- Temperatur tanah



Tahanan jenis tanah menurut PUIL 2000

NO	Jenis Tanah	Tahanan Jenis (ohm.m)
1	Tanah rawa	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

Proteksi Pentanahan Kaki Menara

- **Batang pentanahan**

Bila menggunakan batang pengetanahan, tahanan kaki menara dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$R = \left(\frac{\rho}{2\pi L} \right) \ln(2L/d)$$

dimana :

R = tahanan kaki menara (ohm)

ρ = tahanan jenis tanah (ohm)

L = panjang dari batang pengetanahan (meter)

d = diameter batang pengetanahan (meter)

Menurut persamaan di atas, tahanan kaki menara akan berkurang dengan menambah panjang pentanahan. Dalam hal ini batang pentanahan paralel digunakan, persamaan $(\rho/2\pi L)\ln(2L/d)$ tetap dapat digunakan untuk menghitung tahanan kaki menara ; bila variabel d diubah menjadi A dan radius batang pentanahan sama sesuai dengan persamaan \sqrt{ar} . Harga A adalah kelipatan batang pentanahan yang tergantung dari penempatan masing-masing batang.

Maka penempatan yaitu :

2 batang diletakkan di mana saja $A = \sqrt{ar}$

3 batang diletakkan membentuk segitiga $A = \sqrt[3]{a^2 r}$

4 batang diletakkan membentuk persegi $A = \sqrt[4]{2\frac{1}{2} a^2 r}$

dengan :

r = jari-jari masing-masing batang pengetanahan harus sama

a = jarak antara batang pengetanahan.

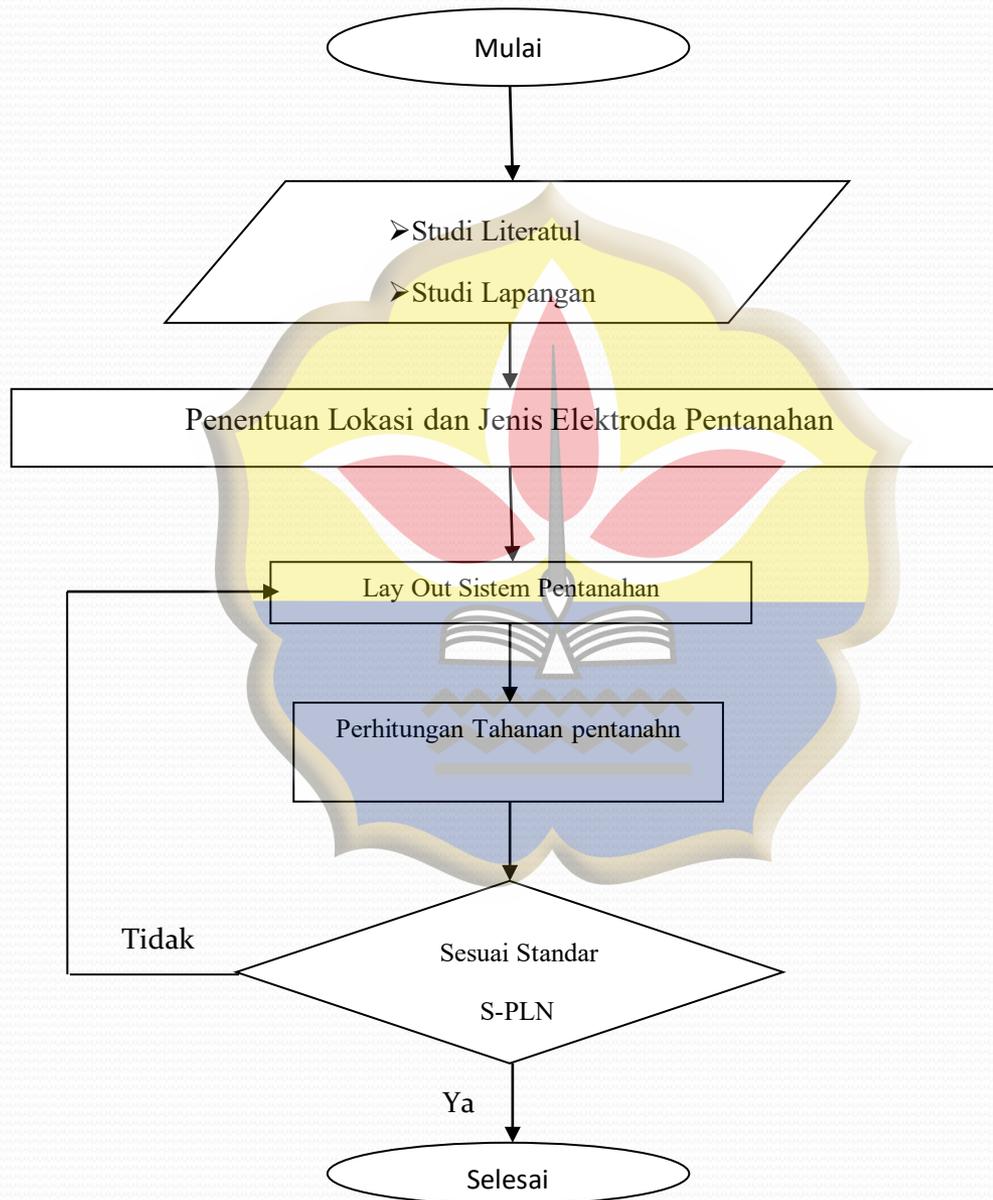
Counterpoise

- Untuk daerah-daerah yang mempunyai lapisan tanah yang keras dan berbatu-batu atau daerah yang tahanan jenis tanahnya tinggi, batang pentanahan tidak praktis digunakan. *Counterpoise* menggunakan kawat penghantar yang ditanam di dalam parit di sekitar kaki menara. Parit-parit tersebut tidak terlalu dalam, kedalamannya sekitar 30 cm sampai 60 cm dan tidak memerlukan bahan urugan khusus. *Courterpoise* dapat dikonfigurasi secara radial (non kontinyu) atau secara menara ke menara (kontinyu)

Adapun 2 jenis pentanahan yang pertama yaitu 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 masing-masing tiang penyangga.
- Jenis radial :
Terdiri dari beberapa elektroda kawat *horizontal* dengan panjang lengan sama dan antar lengan dipisahkan dengan sudut yang sama. Berdasarkan pertimbangan karakteristik fungsi gangguan sambaran petir, penggunaan elektroda ini lebih menguntungkan.

METODE PENELITIAN



Dari *Flow Chat* dapat dijelaskan :

Studi Literatur dan Studi Lapangan

Studi Literatur

- ✓ Data didapatkan dari berbagai referensi serta informasi yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan. Sumber informasi diperoleh diantaranya dari buku, artikel publikasi, skripsi, dan karya-karya ilmiah lainnya.

✓ Studi Lapangan

Merupakan metode untuk mengumpulkan data secara langsung dari tempat objek penelitian, dimana pengambilan data dilaksanakan dengan cara sebagai berikut.

- ✓ Observasi, yaitu dengan cara mengamati secara langsung untuk mendapatkan data-data primer yang lebih akurat mengenai hal-hal yang menjadi objek penelitian.
- ✓ Menanyakan secara langsung kepada petugas dilapangan.
- ✓ PT Perusahaan Listrik Negara (PLN) Mengandeng PT Waskita Karya, untuk membangun transmisi 500 kV di Sumatra yaitu Dari *Muara Enim* sampai *Aurduri* sepanjang 554 kilometer. Hingga awal 2019 nanti, PLN menargetkan pembangunan jaringan sepanjang 19.000 kilometer sirkuit untuk seluruh wilayah sumatra, bisa mencapai total 500kV, 275kV, 150kV, sampai 20kV

Penentuan lokasi dan Jenis Elektroda Pentanahan

Elektroda pentanahan yang di gunakan pada menara transmisi 500kV sumatra yaitu elektroda batang yg dilapisi tembaga yang tahan dengan sehu kelembapan yang tinggi dan tahan korosi yang di tanam di sekitar menara.

Lay Out sistem Pentanahan

Pada proses ini di teliti lay out sistem pentanahan yang dipasang pada menara transmisi 500kV sumatra.

Perhitungan Tahanan Pentanahan

Tahanan pentanahan di hitung dengan formula yang sudah di tentukan.

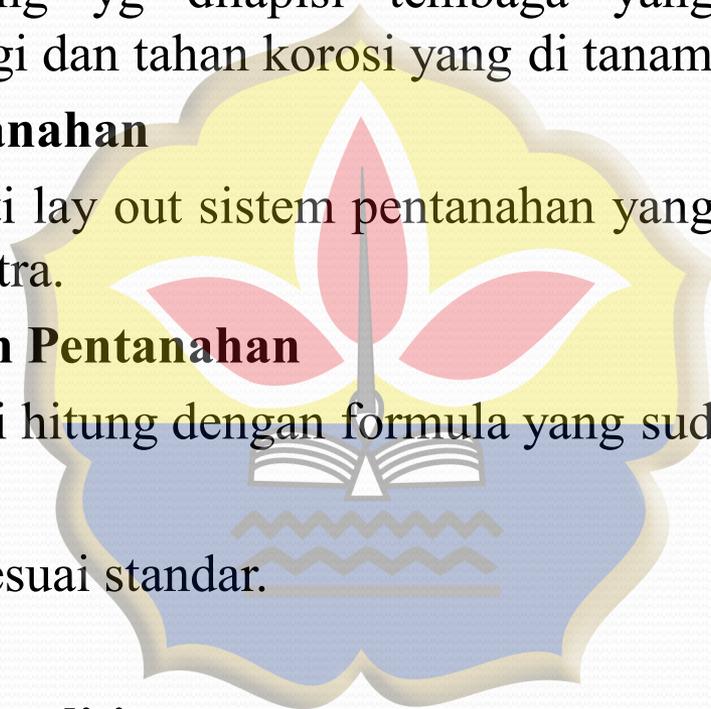
Skala Perhitungan

Di dapat harga yang sesuai standar.

Selesa

Waktu dan tempat penelitian

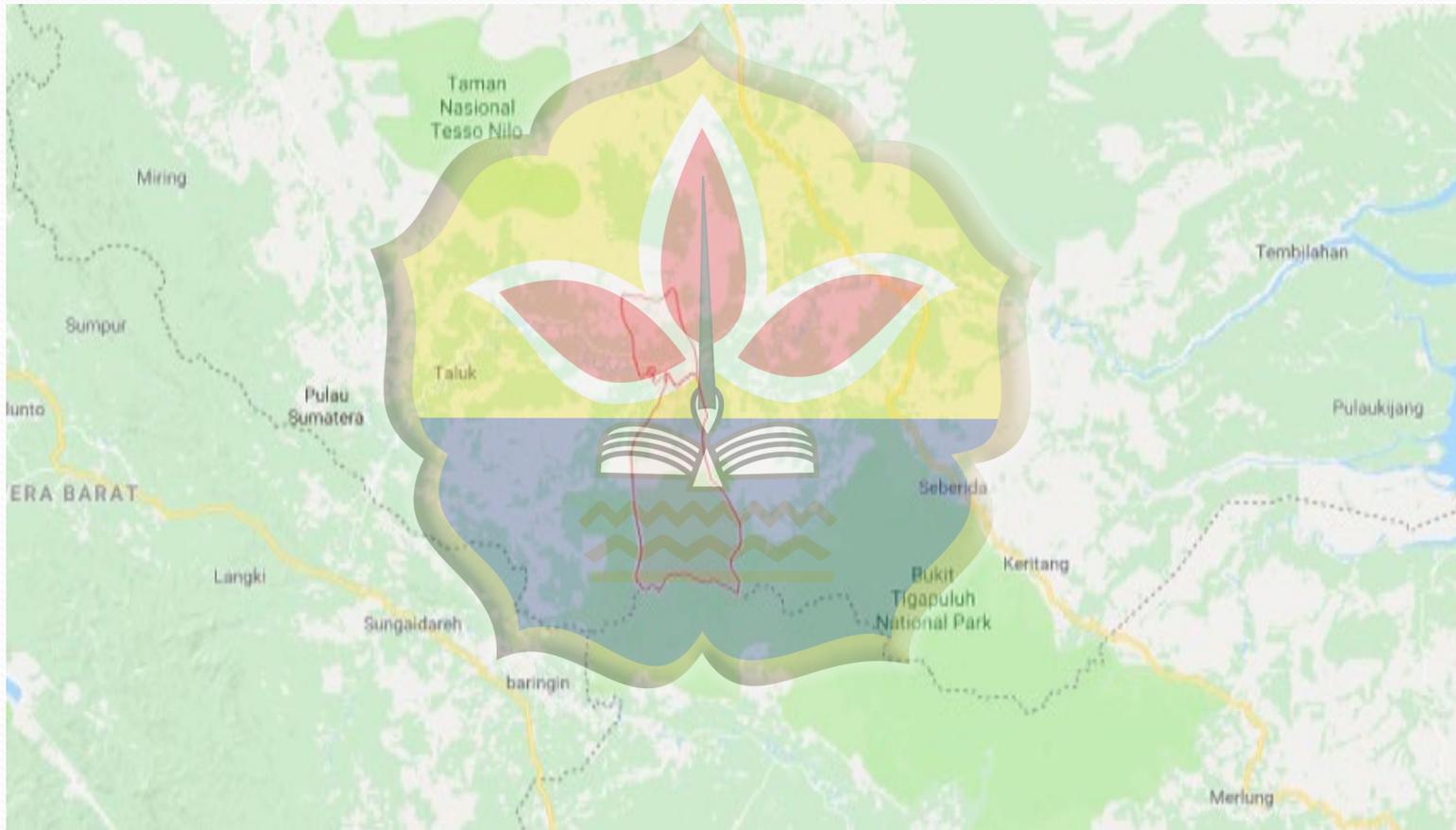
Penelitian ini dilaksanakan pada bulan juli - agustus tahun 2018 di sekitar tower Saluran 500 kV transmisi Turun Peranap dengan jarak 19.000 km.



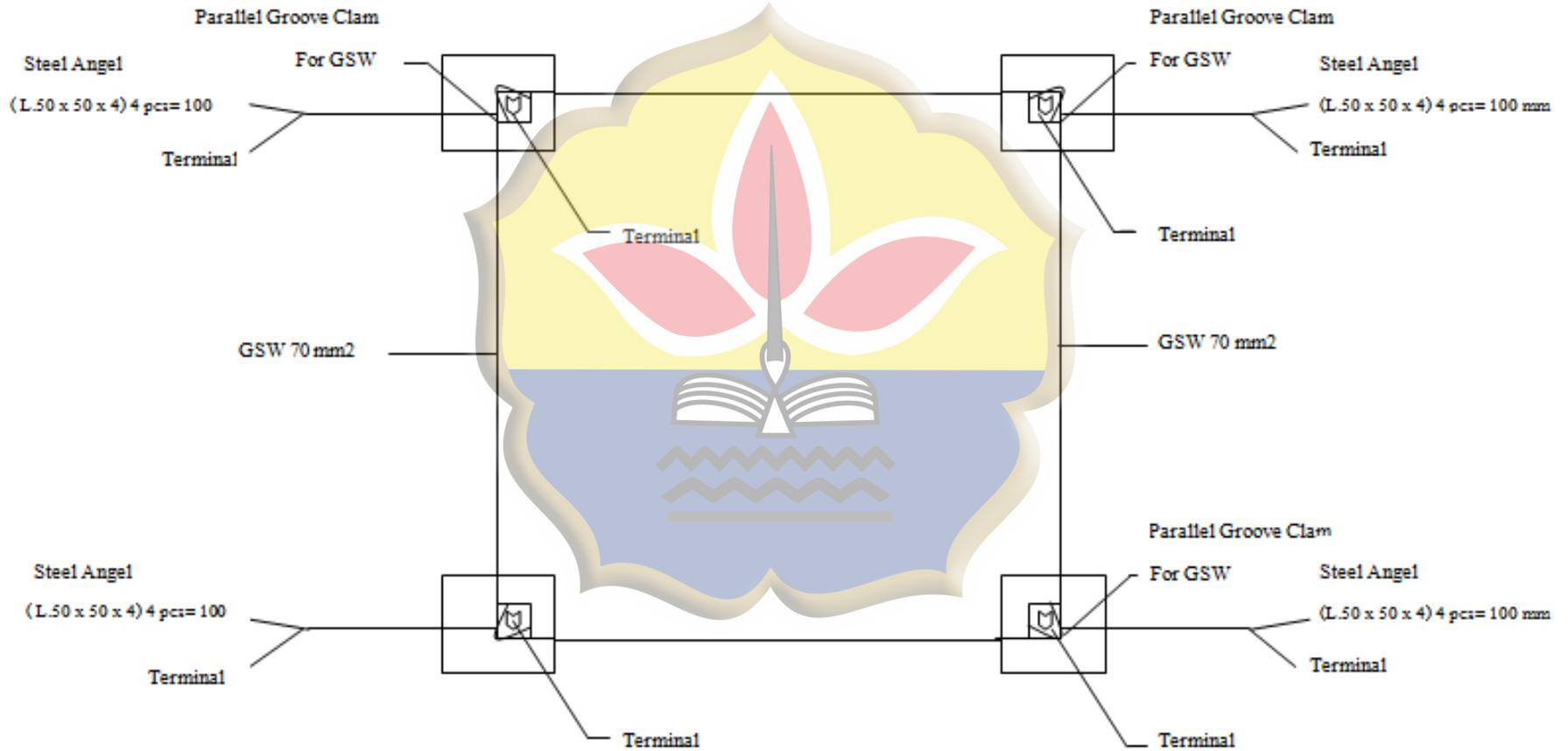
No	Kegiatan	Waktu													
		Juli				Agustus				September					
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV		
1	Studi Literatur	√	√												
2	Studi Lapangan	√	√												
3	Pentanahan Lay Out			√	√	√									
4	Perhitungan Tahanan			√	√	√	√	√	√						
5	Penyelesain Laporan	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√				
6	Sidang Ta											√			

PEMBAHASAN DAN HASIL

1. Lokasi



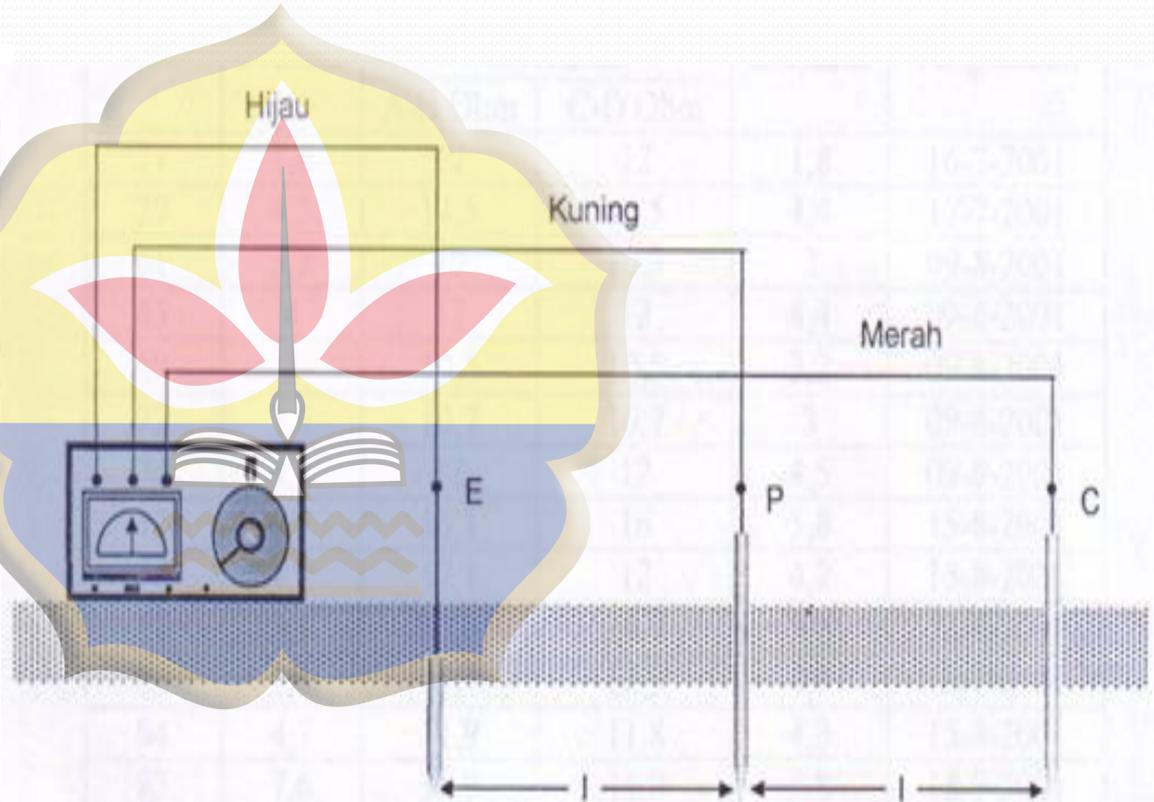
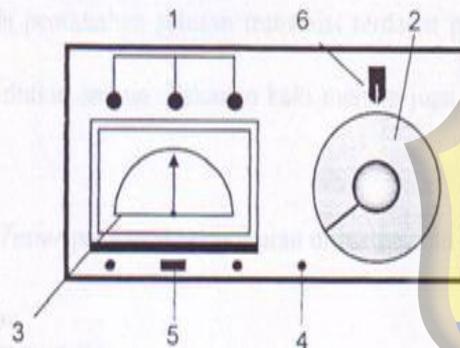
2. Lay Out Pentanahan



Menara transmisi dipasang diatas lahan 100 m^2 berbentuk bujur sangkar. Pada awal instalasi pentanahan dilakukan dengan memasang elektroda pentanaha berbentuk batang atau *Rod*.

Tahanan kaki harus bernilai rendah, karna seiring berjalan waktu terjadi perubahan struktur tanah, perubahan kelembaban dan perubahan tingkat kandungan air mengakibatkan tingginya resistivitas tanah. Kondisi ini akan semakin buruk ketika musim kemarau panjang.

3. Pengukuran Tahanan Pentanahan Kaki Menara berikut adalah ilustrasi pengukuran menggunakan *earth tester*



Analisa kondisi tahanan tower Transmisi 500 kV Turun Peranap terbagi dalam 3 macam batasan yaitu :

1. Tahanan pentanahan keseluruhan (gabungan)

Pengukuran tahanan pentanahan dimana arde belum dilepas dari kaki tower, dengan kata lain masih dalam keadaan utuh.

2. Tahanan pentanahan kaki tower (tanpa pentanahan)

Pengukuran tahanan pentanahan dimana arde dilepas dari kaki tower, sehingga hanya tahanan dari kaki tower saja yang di ukur.

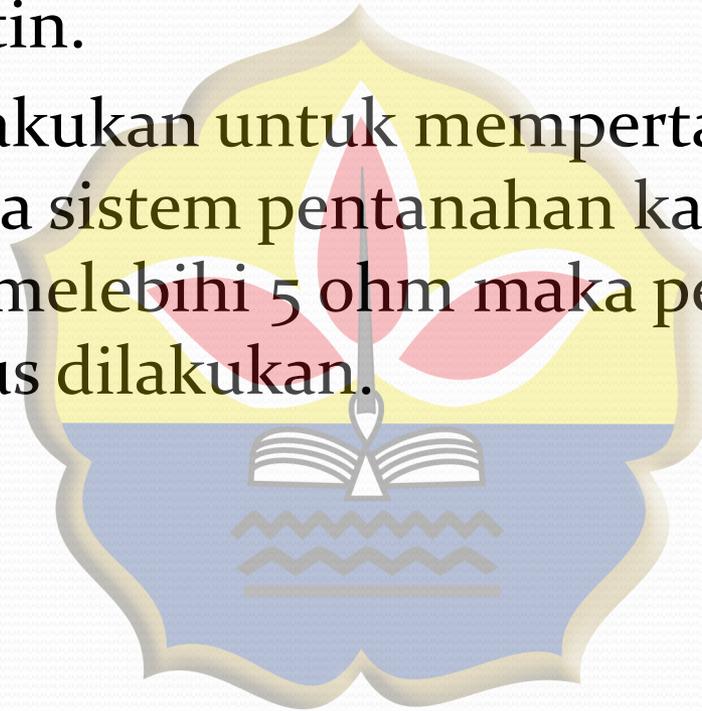
3. Tahanan pentanahan arde kaki tower (menara tidak terhubung).

Pengukuran tahanan pentanahan dimana arde sudah dilepas kemudian arde diukur.

Usaha Menurunkan Tahanan Kaki Menara Berimpedansi Tinggi

- Perawatan Rutin.

Perawatan dilakukan untuk mempertahankan kondisi optimal kinerja sistem pentanahan kaki menara jika nilai tahanan melebihi 5 ohm maka penambahan elektroda harus dilakukan.



• Perhitungan Pentanahan

- Sebelum dilakukan instalasi, elektroda batang harus terlebih dahulu ditentukan, desain dari elektroda batang, lalu dihitung nilai tahanan elektroda batang sesuai standart yaitu harus dibawah 5Ω (ohm) untuk elektroda batang tunggal. Adapun perkiraan desain dan perhitungan nilai tahanan adalah sebagai berikut:
- Panjang elektrode (L) = 1000 mm
- Diameter elektroda (D) = 16 mm
- Jari-jari elektrode (π) = 8 mm
- Tahanan jenis tanah (ρ) = 100 Ohm-meter untuk tanah liat ladang

$$R_{A1} = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln\left(\frac{2L}{a}\right) - 1 \right]$$

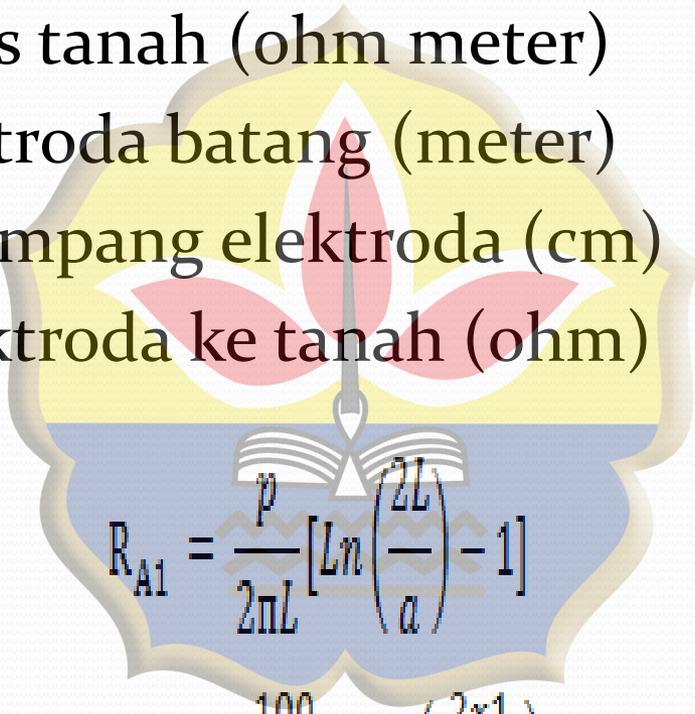
Dimana :

ρ = Tahanan jenis tanah (ohm meter)

L = Panjang elektroda batang (meter)

a = Jari-jari penampang elektroda (cm)

R = Tahanan elektroda ke tanah (ohm)


$$\begin{aligned} R_{A1} &= \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln\left(\frac{2L}{a}\right) - 1 \right] \\ &= \frac{100}{2,3,14,1} \left[\ln\left(\frac{2 \times 1}{0,008}\right) - 1 \right] \\ &= 72 \Omega \end{aligned}$$

- Untuk setiap kaki menara di pasang 4 elektroda pentahan yang di hubungkan paralel. Maka tahanan pentanahan untuk satu kaki menara dapat di hitung:

$$\frac{1}{R_A} = \frac{1}{R_{A1}} + \frac{1}{R_{A2}} + \frac{1}{R_{A3}} + \frac{1}{R_{A4}}$$

Dimana : $R_{A1} = R_{A2} = R_{A3} = R_{A4}$

$$\frac{1}{R_A} = \frac{1}{72} + \frac{1}{72} + \frac{1}{72} + \frac{1}{72}$$

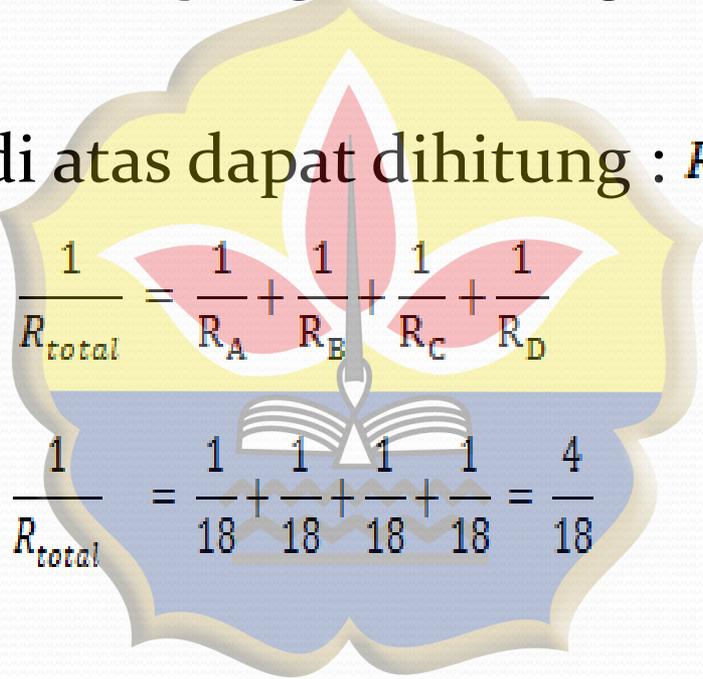
$$\frac{1}{R_A} = \frac{4}{72}$$

Maka :

$$R_A = \frac{72}{4} = 18\Omega$$

Secara keseluruhan sistem pentanahan pada menara transmisi adalah, Pada setiap kaki menara dipasang 4 elektroda pentanahan yang dihubungkan paralel.

Maka dari hasil di atas dapat dihitung : $R_A = R_B = R_C = R_D$


$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B} + \frac{1}{R_C} + \frac{1}{R_D}$$
$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{18} + \frac{1}{18} + \frac{1}{18} + \frac{1}{18} = \frac{4}{18}$$

Maka :

$$R_{total} = \frac{18}{4} = 4.5 \Omega$$

Hasil perhitungan tahanan pentanahan tiap kaki menara dapat di lihat pada tabel 4.1 berikut :

No	Kaki Tower	Pentanahan Ω			
		A Ω	B Ω	C Ω	D Ω
1	1	72	72	72	72
2	2	72	72	72	72
3	3	72	72	72	72
4	4	72	72	72	72
5	Total	18	18	18	18

Dari perhitungan di atas, di dapatkan hasil perhitungan pentanahan dengan nilai 4.5Ω yang dihubungkan secara paralel.

KESIMPULAN

KESIMPULAN

1. Dari hasil pengukuran kondisi tahanan pentanahan transmisi di dapati hasil pentanahan $4,5 \Omega$
2. Konfigurasi penanaman elektroda batang mampu mereduksi besarnya tahanan pentanahan.
3. Cuaca dapat mempengaruhi nilai tahanan pentanahan Hasil pentanahan sesuai dengan S-PLN yaitu kurang dari 5Ω

SARAN

Hasil Studi pentanahan ini, dapat memberitahukan bagaimana kondisi tanah pentanahan dan jenis elektroda apa yang digunakan untuk transmisi 500kV Sumatra.

Selesai dan terimakasih

Selesai dan terimakasih



Selesai dan terimakasih

