

SKRIPSI

**“PERBAIKAN NILAI TAHANAN PENTANAHAN TOWER 120 JALUR
SUNGGUMINASA - MAROS DENGAN METODE COUNTER POISE”**



HARJI HERNAWAN

105821113817

MUH. AKMAL QUADRI

105821113317

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

2021

SKRIPSI

**“PERBAIKAN NILAI TAHANAN PENTANAHAN TOWER 120 JALUR
SUNGGUMINASA-MAROS DENGAN METODE COUNTER POISE”**

Tugas Akhir

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat

Untuk Memperoleh gelar Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik

HARJI HERNAWAN

105 8211 138 17

MUH. AKMAL QUADRI

105 8211 133 17

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

2021

22/01/2022

1 eng
Sub Alumni

P/0002/ELT/2219

HER

p¹ i



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website: www.unismuh.ac.id, e_mail: elektroft@unismuh.ac.id

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : PERBAIKAN NILAI TAHANAN TOWER 120 JALUR
SUNGGUMINASA – MAROS DENGAN METODE COUNTER POISE

Nama : 1. Muh. Akmal Quadri

2. Harji Hernawan

Stambuk : 1. 105 82 11133 17

2. 105 82 11138 17

Makassar, 24 Agustus 2021

Telah Diperiksa dan Disetujui
Oleh Dosen Pembimbing:

Pembimbing I

Pembimbing II


Dr. W. Zahir Zainuddin, M.Sc


Adriani, S.T., M.T.

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Elektro



Adriani, S.T., M.T.

NBM : 1044 202



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Muh. Akmal Quadri** dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 11133 17 dan **Harji Hernawan** dengan nomor induk Mahasiswa 105 82 11138 17, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0009/SK-Y/20201/091004/2021, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu, 21 Agustus 2021.

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

Makassar,

14 Muharram 1443 H

24 Agustus 2021 M

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Ir. H. Muh. Arsyad Thaha, M.T

2. Penguji

a. Ketua : Rizal Ahdiyati Duyo, S.T., M.T

b. Sekretaris : Ridwang, S.Kom., M.T

3. Anggota

: 1. Dr. Eng. Ir. H. Zulfajri Basri Hasanuddin, M.Eng :

2. Dr. Umar Katu, S.T., M.T

3. Dr. Ir. H. Antarissubhi, S.T., M.T

Mengetahui :

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc

Adriani, S.T., M.T.



Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, S.T., M.T., IPM

NBM : 795 108

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT atas berkat limpahan rahmat, karunia dan hidayahNya-lah sehingga kami diberikan kekuatan untuk menyelesaikan Tugas akhir dengan judul **“PERBAIKAN NILAI TAHANAN PENTANAHAN TOWER 120 JALUR SUNGGUMINASA - MAROS DENGAN METODE COUNTER POISE”**.

Tugas akhir ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi Strata Satu (S-1) pada Fakultas Teknik, Program studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Makassar.

Pada proses penyelesaian Tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, maka dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan rasa hormat dan terimakasih kepada.

1. Allah SWT atas segala nikmat dan karunia-Nya, yang telah memberi kesehatan dan kemudahan selama melaksanakan penelitian dan penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag. Selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Ibu Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, S.T., M.T., IPM. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

4. Ibu Adriani, S.T., M.T. Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
5. Bapak Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M. Sc. Selaku Pembimbing I dan Ibu Adriani, S.T., M.T. Selaku Pembimbing II.
6. Para Staff dan Dosen yang membantu penulis selama melakukan studi di Program studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
7. Rekan-rekan Mahasiswa angkatan 2017 kelas non regular dan seluruh keluarga besar Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
8. Bapak Manager dan seluruh staff Unit Layanan Transmisi Gardu Induk Panakkukang.
9. Terakhir dan special kepada kedua orang tua kami yang tercinta.

Akhirul kalam, semoga tugas akhir penulis dapat membantu menambah khasanah ke-ilmuan yang bermanfaat bagi pembaca.

Billahi fisabilhaq fastabiqul khaerat, Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Makassar, Juli 2021

Penyusun

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk memperbaiki nilai resistensi sistem pentanahan pada kaki menara jaringan tegangan tinggi 150 KV disepanjang jalur pemasangan tower, diwilayah gardu induk Sungguminasa-Maros sebanyak 10 tower. Tahanan kaki yang rendah berguna sebagai jalan pintas untuk meredam arus sambaran petir, tahanan kaki transmisi ditetapkan kurang dari 10 ohm. Tahanan yang melebihi nilai ini tidak terjamin keamanan proteksi saluran transmisi udara, back flashover sangat berpeluang terjadi pada keadaan ini. Tahanan kaki menara transmisi 150 KV Sungguminasa-Maros mengalami perubahan resistensi tanah karena perubahan parameter tersebut beberapa menara transmisi mempunyai tahanan kaki menara yang tinggi yang lebih dari 10 ohm. Usaha yang dilakukan PT. PLN (persero) untuk menurunkan tahanan adalah melakukan pengawasan dan perawatan rutin pentanahan. Pengukuran tower SUTT 150 KV transmisi Gardu induk (GI) Sungguminasa-Maros dengan menggunakan alat, yaitu Earth Tester. Untuk memperoleh tahanan kurang dari 10 ohm peneliti melakukan perhitungan dan perbaikan. yaitu dengan menambah satu batang elektroda berdiameter 3/4 inci. Hasil pengukuran menunjukan 1 tower memerlukan perbaikan dan sekarang sudah sesuai dengan standarti atau kurang dari 10 ohm. Saluran transmisi segmen Sungguminasa - Maros merupakan segmen prioritas yang merupakan saluran backbone sehingga sangat diharapkan keandalan yang tinggi, namun gangguan transmisi akibat petir masih sangat dominan dari tahun 2017 sampai tahun 2020. Efek gangguan petir yang terjadi mengakibatkan blackout pada sistem sulselbar. Kejadian seperti ini diharapkan tidak terjadi lagi mengingat besarnya kerugian yang ditimbulkan. Untuk itu diperlukan upaya – upaya pembenahan titik pentanahan pada tower 120 jalur Sungguminasa – Maros, salah satunya dengan metode pemasangan Counter poise. Jalur transmisi - Sungguminasa - Maros mempunyai tower sebanyak 142. Nilai maksimum tahanan pentanahan yang diperbolehkan oleh PT PLN (Persero) untuk jalur transmisi SUTT 150 kV sebesar 10Ω (SK DIR PLN NO.520).

Kata Kunci: Counter Poise, Petir.

ABSTRACT

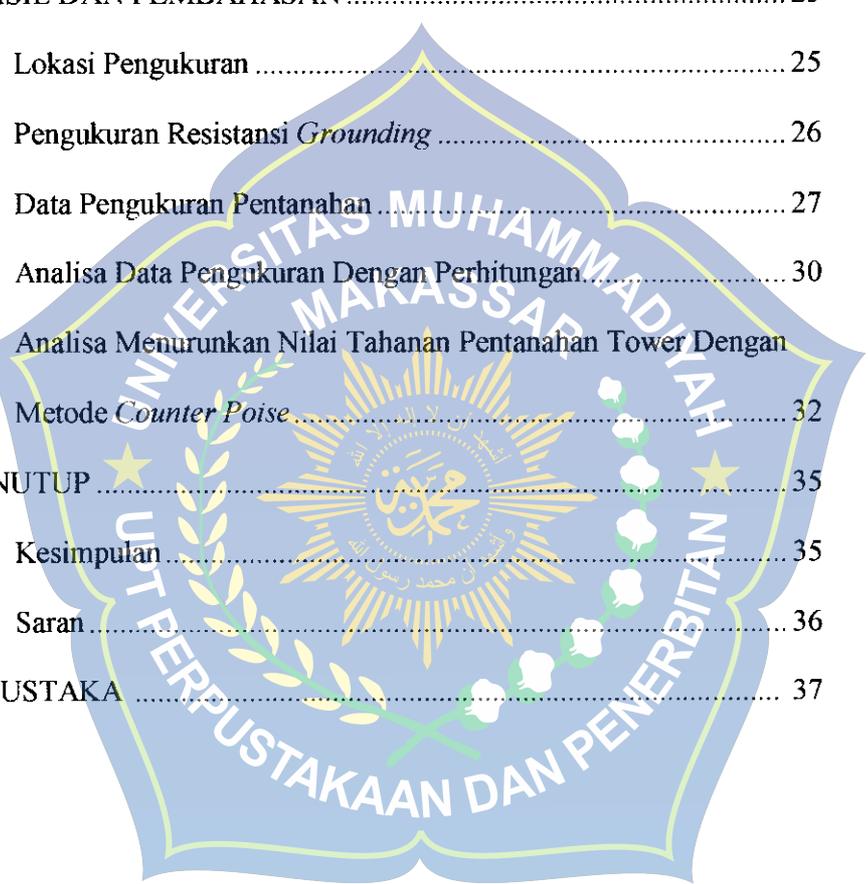
This research was conducted to improve the resistance value of the grounding system at the foot of the 150 KV high voltage network tower along the tower installation path, in the Sungguminasa-Maros substation area as many as 10 towers. The low leg resistance is useful as a shortcut to dampen the lightning current, the transmission leg resistance is set at less than 10 ohms. Resistance that exceeds this value is not guaranteed the safety of air transmission line protection, back flashover is very likely to occur in this situation. The leg resistance of the 150 KV Sungguminasa-Maros transmission tower experienced changes in ground resistance due to changes in these parameters, some transmission towers have high tower foot resistance which is more than 10 ohms. The efforts made by PT. PLN (Persero) to reduce prisoners is to carry out routine monitoring and maintenance of grounding. Measurement of the SUTT 150 KV tower transmission of the Sungguminasa-Maros Substation (G1) using a tool, namely the Earth Tester. To obtain a resistance of less than 10 ohms the researchers carried out calculations and repairs. that is by adding one electrode rod with a diameter of 3/4 inches. The measurement results show 1 tower requires repair and is now in accordance with the standard or less than 10 ohms. The Sggguminasa - Maros segment transmission line is a priority segment which is a backbone channel so high reliability is expected, but transmission disturbances due to lightning are still very dominant from 2017 to 2020. The effects of lightning disturbances that occur cause blackouts in the South Sulawesi system. It is hoped that this kind of incident will not happen again considering the magnitude of the loss. For this reason, efforts are needed to improve the grounding point on tower 120 on the Sungguminasa - Maros line, one of which is the installation of Counter Poise method. The Sungguminasa-Maros transmission line has 142 towers. The maximum grounding resistance allowed by PT PLN (Persero) for the 150 kV SUTT transmission line is 10 (SK DIR PLN NO.520).

Keywords: Counter Poise, Lighting

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	vi
ABSTRAK	iv
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR SINGKATAN.....	x
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Manfaat Penelitian	5
E. Batasan Masalah	5
F. Sistematika Penulisan	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Pengertian Petir dan <i>Grounding Sistem</i>	7
B. Saluran Udara Transmisi Tenaga Listrik	11
C. Isolator	12
D. Standar Dan Jenis Pentanahan Kaki Tower	15
E. Pengukuran Tahanan Pentanahan.....	18

BAB III METODE PENELITIAN	22
A. Waktu dan Tempat Pelaksanaan	22
B. Alat dan Bahan	22
C. Pengumpulan Data	23
D. Prosedur Penelitian	24
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	25
A. Lokasi Pengukuran	25
B. Pengukuran Resistansi <i>Grounding</i>	26
C. Data Pengukuran Pentanahan	27
D. Analisa Data Pengukuran Dengan Perhitungan	30
E. Analisa Menurunkan Nilai Tahanan Pentanahan Tower Dengan Metode <i>Counter Poise</i>	32
BAB V PENUTUP	35
A. Kesimpulan	35
B. Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Topologi Jaringan Transmisi ULTG Panakkukang	3
Gambar 2.1 Ilustrasi Sambaran Petir Pada Tower Transmisi	7
Gambar 2.2 Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT)	11
Gambar 2.3 Isolator Keramik	12
Gambar 2.4 Isolator Kaca	13
Gambar 2.5 Isolator Karet	13
Gambar 2.6 Isolator Porselen	14
Gambar 2.7 Isolator Komposit	14
Gambar 2.8 Elektroda Batang Ditanamkan Tegak Lurus	18
Gambar 2.9 <i>Earth Tester</i>	20
Gambar 2.10 Bagian – Bagian <i>Earth Tester</i>	21
Gambar 2.11 Ilustrasi pengukuran dengan <i>Earth Tester</i>	21
Gambar 3.1 <i>Flow Chart</i> Penelitian	25
Gambar 4.1 Pareto Gangguan Transmisi ULTG Panakkukang	27
Gambar 4.2 Ilustrasi Pengukuran Dengan <i>Earth Tester</i>	28
Gambar 4.1 <i>Layout</i> Pemasangan <i>Counter Poise</i> Pada Tower 120	34

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tahanan Jenis Tanah.....	21
Tabel 4.1 Tabel Hasil Pengukuran Tahanan Kaki Tower.....	30
Tabel 4. 2 Perbaikan Nilai Tahanan Pentanahan Tower 120	35



DAFTAR SINGKATAN

SUTT	: Saluran Udara Tegangan Tinggi
BIL	: <i>Basic Insulation Level</i>
KV	: <i>Kilo Volt</i>
PLN	: Perusahaan Listrik Negara
GSW	: <i>Ground Steel Wire</i>
ULTG	: Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk
SK DIR	: Surat Keputusan Direksi
PUIL	: Persyaratan Umum Instalasi Listrik



BAB I

PENDAHULUAN

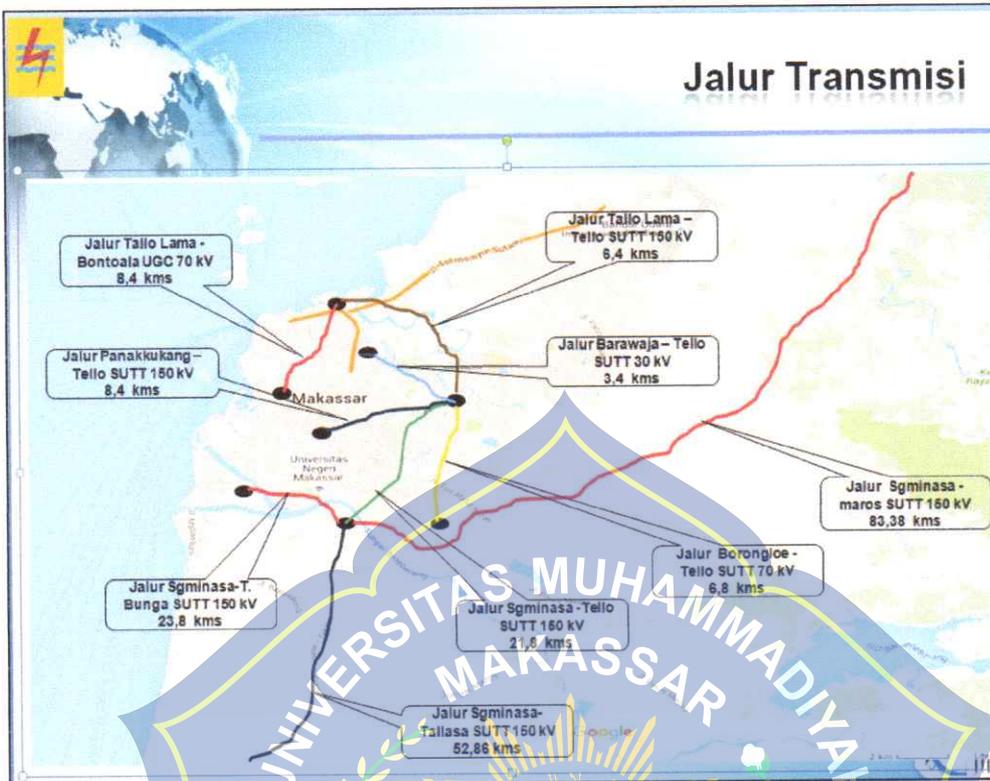
A. Latar Belakang

Dengan perkembangan zaman yang semakin cepat, listrik kini menjadi salah satu kebutuhan yang sangat penting bagi masyarakat, baik untuk konsumsi rumah tangga apalagi untuk konsumsi industri besar. Oleh karena itu, penyaluran tenaga listrik menjadi begitu penting agar listrik bisa sampai dari pembangkit ke beban, yaitu konsumen listrik.

Namun dalam pengaplikasiannya, penyaluran tenaga listrik bukan menjadi hal yang mudah. Banyak kendala yang terjadi di lapangan yang dapat mengganggu penyaluran tenaga listrik. Pembangkitan tenaga listrik biasanya dilakukan di tempat yang jauh dari beban. Hal ini disebabkan oleh beberapa alasan, salah satunya adalah generator yang digunakan untuk pembangkitan tenaga listrik dapat menyebabkan polusi suara. Karena pembangkitan berada jauh dari beban, maka penyaluran tenaga listrik terkadang mencapai jarak hingga berkilo-kilometer jauhnya. Hal ini dapat menyebabkan banyaknya rugi-rugi yang terjadi sepanjang saluran transmisi. Namun masalah ini dapat diatasi dengan menaikkan tegangan dari sisi pembangkitan. Menurut T.S. Hutauruk (1996), karena tegangan generator pada umumnya rendah, antara 6 kV sampai 24 kV, maka tegangan ini biasanya dinaikkan dengan pertolongan transformator daya ke tingkat tegangan yang lebih tinggi antara 30 kV sampai 500 kV.

Tingkat tegangan yang lebih tinggi ini, selain untuk memperbesar daya hantar dari saluran yang berbanding lurus dengan kuadrat tegangan, juga untuk memperkecil rugi-rugi daya dan jatuh tegangan pada saluran. Penyaluran tenaga listrik dapat dilakukan dengan menggunakan saluran udara yang artinya tenaga listrik disalurkan melalui kawat-kawat yang digantung pada menara atau tiang transmisi dengan perantaraan isolator-isolator. Penyaluran dengan cara ini biaya pembangunannya jauh lebih murah dibandingkan dengan saluran kabel tanah dan perbaikannya pun lebih mudah bila terjadi gangguan hubung singkat. Namun penyaluran dengan cara ini sangat rentan dipengaruhi oleh cuaca buruk, topan, hujan angin, dan bahaya petir.

Gangguan petir tersebut yang akan dibahas lebih lanjut. Saluran transmisi merupakan instalasi penting yang menjadi target mudah bagi sambaran petir karena strukturnya yang tinggi dan berada pada lokasi terbuka. Sambaran petir pada saluran udara tegangan tinggi (SUTET) merupakan suntikan muatan listrik. Suntikan muatan listrik ini menimbulkan kenaikan tegangan pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT), sehingga timbul tegangan lebih berbentuk implus dan merambat ke ujung – ujung SUTT. Hal ini dapat mengakibatkan terjadinya sambaran balik atau *back flashover* yang disebabkan oleh besarnya tahanan atau resistansi dari tower dan pentanahan tower.



Gambar 1.1 Topologi Jaringan Transmisi ULTG Panakkukang

Berdasarkan topologi saluran transmisi ULTG Panakkukang saluran transmisi segmen Sungguminasa – Maros merupakan saluran *backbone* sehingga jika terjadi gangguan pada segmen ini akan sangat berpengaruh terhadap sistem kelistrikan Sulselbar. Kondisi geografis saluran transmisi Sungguminasa – Maros yang melewati wilayah terbuka dengan tingkat kerawanan yang tinggi baik dari petir maupun potensi lainnya mengharuskan adanya sistem proteksi yang baik. Gangguan akibat petir yang terjadi pada tanggal 11 Desember 2020 pada tower 120 jalur Sungguminasa – Maros mengakibatkan *blackout* pada sistem Sulselbar.

Salah satu faktornya adalah karena besarnya nilai resistansi tower dan pentanahan tower, hal tersebut mengakibatkan arus listrik tidak dapat terbuang sempurna ke tanah sehingga menyebabkan timbulnya beda potensial antara tower dan kawat fasa. Beda potensial ini melebihi nilai BIL (*Basic Insulation Level*) dari isolator yang menyebabkan media isolasi mengalami *breakdown* sehingga terjadi gangguan fasa ke tanah. Untuk mencegah hal tersebut terulang kembali, maka diperlukan adanya media untuk melindungi penghantar tersebut, salah satunya adalah dengan metode pemasangan *counter poise* pada kaki menara SUTT.

B. Rumusah Masalah

Adapun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh metode *counter poise* terhadap nilai tahanan pentanahan tower 120 jalur Sungguminasa - Maros ?
2. Bagaimana standar nilai tahanan pentanahan tower saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV ?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penulis melakukan penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui apakah perbaikan nilai tahanan pentanahan tower dengan metode *counter poise* efektif untuk menurunkan nilai tahanan pentanahan tower yang melebihi standar.
2. Sebagai salah satu upaya mitigasi gangguan petir pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV.

D. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Untuk meningkatkan keandalan dan kualitas proteksi pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV jalur Sungguminasa – Maros terhadap gangguan petir.
2. Sebagai bahan referensi untuk pembaca yang mengenai pentanahan.

E. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV jalur Sungguminasa – Maros.



F. Sistematika Penulis

Tugas akhir ini terdiri atas lima bab, dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I : Pendahuluan

Bab ini terdiri atas latar belakang, rumusan masalah, tujuan penulisan, manfaat penelitian, batasan masalah, serta sistematika penulisan dari hasil penelitian yang akan dilakukan.

BAB II : Tinjauan Pustaka

Bab ini menguraikan referensi yang relevan dengan judul penelitian yang dilakukan.

BAB III : Metode Penelitian

Bab ini mendeskripsikan metode yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini serta bagan alir penelitian.

BAB IV : Hasil Dan Pembahasan

Hasil dari penelitian akan dibahas pada bagian ini.

BAB V : Penutup (Simpulan Dan Saran)

Bab ini memuat kesimpulan dan saran terkait judul penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Petir dan *Grouding Sistem*

1. Pengertian Petir



Gambar 2.1. Ilustrasi Sambaran Petir Pada Tower Transmisi
(Sumber PDKB UPT Makassar)

Petir adalah fenomena alam yang terjadi akibat pelepasan muatan listrik baik yang terjadi dari awan ke tanah, tanah ke awan, atau antar awan. Pada dasarnya petir adalah sebuah peluahan listrik yang sangat besar dan lecutan (*spark*). Proses terjadinya petir diawali oleh pembentukan badai, kemudian terjadilah peluahan petir. (I Made Yulistya Negara 2013).

Secara umum sambaran petir pada saluran transmisi di golongan menjadi 3 yaitu :

1. Sambaran langsung pada kawat saluran, sehingga lompatan pada titik topang atau pada tempat-tempat tertentu dalam gawang tidak dapat dihindarkan.
2. Sambaran pada menara atau kawat atas tanah yang menyebabkan lompatan karena kenaikan potensial oleh sebab tingginya tahanan kaki menara.
3. Sambaran pada kawat tanah atas, yang menyebabkan lompatan ke kawat konduktor karena curamnya bentuk gelombang petir.

Dari ketiga macam sambaran petir tersebut yang paling sering terjadi pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT) adalah sambaran petir pada kawat tanah atas. (Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET PLN 2014)

Untuk meningkatkan keandalan sistem terhadap sambaran petir, diperlukan pentanahan yang baik pada tower transmisi , jika petir menyambar pada *groundwire* di dekat menara listrik , maka arus akan terbagi menjadi dua bagian. Sebagian besar arus tersebut mengalir ke tanah melalui pentanahan pada menara tersebut. Sedangkan sebagian kecil mengalir melalui *groundwire* dan akhirnya menuju ke tanah melalui pentanahan pada menara listrik berikutnya. Lain halnya jika petir menyambar di tengah-tengah *groundwire* antara 2 menara listrik. Gelombang petir ini akan mengalir ke tower-tower yang dekat dengan tempat sambaran tersebut. (Artono Arismunandar 1990)

Puncak tegangan petir yang menyambar dapat mencapai 100 - 1000 kV dan berlangsung dalam waktu mikrosekon. Hal ini akan mengakibatkan terjadinya *back flashover* (sambaran balik) ketika tower tersebut tersambar petir. *Back flashover* adalah terjadinya *flashover* pada saluran transmisi yang disebabkan oleh sambaran petir yang menimbulkan tegangan lebih mengalir pada saluran transmisi yang amplitudo tegangannya melebihi batas level isolasi peralatan (BIL) yang cenderung disebabkan oleh besarnya tahanan atau resistansi dari tower dan pentanahan kaki tower. (Buku Pedoman Pemeliharaan SUTTI/SUTET PLN 2014)

Tegangan lebih akibat sambaran petir disebut dengan impuls petir. Ada tiga bahaya yang dapat terjadi pada sistem tenaga listrik akibat tegangan lebih impuls petir, yaitu: (Artono Arismunandar 1990)

1. Jika sistem pembumian menara transmisi buruk, maka arus petir yang mengalir melalui menara akan menimbulkan tegangan yang tinggi pada puncak menara, sehingga beda potensial yang dipikul isolator transmisi naik dan dapat menimbulkan peristiwa lewat denyar (*flashover*) pada isolasi tersebut;
2. Jika suatu tegangan impuls petir tiba di suatu gardu induk maka tegangan lebih tersebut akan merusak isolasi peralatan yang terdapat pada gardu;
3. Jika gelombang tegangan impuls petir merambat menuju ujung jaringan transmisi yang terbuka, maka gelombang tegangan impuls petir akan dipantulkan, merambat kembali menuju titik sambaran, sehingga tegangan pada titik pantulan menjadi dua kali tegangan impuls petir yang datang.

Melihat bahaya yang dapat terjadi akibat tegangan lebih, maka perlu dilakukan tindakan untuk mengurangi tegangan lebih yang tiba pada peralatan sistem agar tegangan lebih tersebut tidak melebihi kekuatan isolasi peralatan. Ada dua cara yang dapat dilakukan, yaitu memasang alat pelindung tegangan lebih dan menambah jumlah kawat tanah sebagai tempat mengalirnya arus gangguan. (Artono Arismunandar dan Kuwahara, Susumu 1982)

2. Pengertian Grounding Sistem

Sistem pentanahan atau biasa disebut sebagai *grounding system* adalah sistem pengamanan terhadap perangkat - perangkat yang mempergunakan listrik sebagai sumber tenaga dari lonjakan listrik utamanya petir. Sistem pentanahan digambarkan sebagai hubungan antara suatu peralatan atau sirkuit listrik dengan bumi. Tujuan utama pentanahan adalah menciptakan jalur yang *low impedance* (tahanan rendah) terhadap permukaan bumi untuk gelombang listrik dan *transient voltage*. (I Made Yulistya Negara, 2013).

Nilai pentanahan kaki tower harus dibuat sekecil mungkin agar tidak menimbulkan tegangan tower yang tinggi jika terjadi sambaran petir yang dapat mengganggu sistem penyaluran. (I Made Yulistya Negara, 2013). Tujuan sistem pentanahan yaitu untuk memanimalkan tegangan lebih transien sesuai standar kemampuan isolasi dari peralatan termasuk peraturan yang harus dipenuhi untuk keamanan orang yang berkerja serta mempermudah mendeteksi dan mengisolasi gangguan-gangguan secara cepat dan tepat yang terjadi pada sistem tenaga listrik. (Djiteng Marsudi 2006).

B. Saluran Udara Transmisi Tenaga Listrik

Saluran transmisi dibangun untuk keperluan penyaluran tenaga listrik dari pusat pembangkit ke pusat beban dalam kapasitas daya yang sangat besar. Penyaluran tenaga listrik menggunakan saluran udara merupakan jenis saluran transmisi tenaga listrik yang paling banyak digunakan di PLN. Hal ini disebabkan karena harganya yang lebih murah dibanding jenis lainnya serta pemeliharaannya yang lebih mudah. Jenis saluran udara transmisi tenaga listrik yang ada di PLN antara lain : (Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET PLN 2014)

- a. Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 70 kV
- b. Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV
- c. Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET) 500 kV



Gambar 2.2 Saluran Udara Tegangan tinggi (SUTT)

(Sumber PDKB UPT Makassar)

C. Isolator

1. Pengertian isolator

Isolator listrik adalah bahan yang tidak bisa atau sulit melakukan perpindahan muatan listrik. Dalam bahan isolator valensi elektronnya terikat kuat pada inti atom-atomnya. bahan - bahan ini dipergunakan dalam elektronika sebagai isolator, atau penghambat mengalirnya arus listrik. (Djiteng Marsudi 2006).

2. Macam-Macam Isolator

a. Isolator keramik

Keramik didapat dari bahan galian dengan melalui proses pemanasan, kemudian dijadikan barang keramik. Keramik yang digunakan untuk keperluan teknik listrik harus mempunyai daya sekat yang besar dan dapat menahan gaya mekanis yang besar seperti porselin dan steatit. Bahan isolator dari porselin seperti: isolator cincin, isolator tegangan tinggi, sekering pipa porselin, dan lain-lain. : (Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET PLN 2014)



Gambar 2.3 Isolator Keramik (Sumber ULTG Panakkukang)

b. Isolator Kaca

Gelas merupakan isolator yang baik untuk arus listrik, tetapi kekuatan mekanisnya kecil dan sangat rapuh tidak seperti bahan keramik. Bahan baku pembuatan gelas adalah kuarsa dan kapur yang dicairkan bersama-sama dengan bahan lainnya. : (Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET PLN 2014)



Gambar 2.4 Isolator Kaca (Sumber ULTG Panakkukang)

c. Isolator Karet

Karet merupakan bahan penting untuk isolator dalam teknik listrik yang terbuat dari getah bermacam-macam pohon karet. Bahan ini mempunyai kelebihan karena lebih tahan terhadap korosi tetapi sering mengalami kerusakan karena binatang. : (Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET PLN 2014)



Gambar 2.5 Isolator Karet (Sumber ULTG Panakkukang)

d. Isolator Porselen

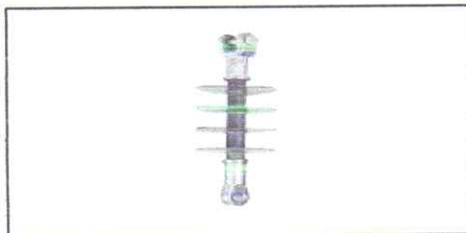
Merupakan bahan isolator yang terbuat dari bahan campuran tanah porselen, kwartz dan veld spaat. Bagian luarnya dilapisi dengan bahan glazur agar bahan isolator tersebut tidak berpori. Dengan lapisan glazur ini permukaan isolator menjadi licin dan berkilat, sehingga tidak menghisap air. (Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET PLN 2014)



Gambar 2.6 Isolator Porselen (Sumber ULTG Panakkukang)

e. Isolator Komposit

Isolator komposit adalah isolator yang dikembangkan untuk mengatasi kekurangan-kekurangan dari isolator porselen dan gelas. Isolator komposit memiliki beberapa bagian utama yaitu: inti berbentuk batang (rod) yang terbuat dari bahan komposit, fitting yang terbuat dari bahan logam dan bahan antar muka (interface). (Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET PLN 2014)



Gambar 2.7 Isolator Polimer (Sumber ULTG Panakkukang)

Jenis isolator yang sering digunakan oleh PLN adalah jenis isolator kaca, keramik, dan komposit. Hal tersebut karena bahan isolator tersebut memiliki keunggulan dan harga yang kompetitif serta batas level operasinya (BIL) memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh PLN. Batas level operasi tiap keping isolator ialah 11 – 12 kV per keping sesuai dengan jenis bahan isolator dan ukurannya. (SK.DIR PLN 0520 tahun 2014).

D. Standar dan Jenis Pentanahan Kaki Tower Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT)

1. Standar Pentanahan Kaki Tower

Agar sistem pentanahan dapat bekerja dengan efektif, sistem pentanahan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut : (Djiteng Marsudi 2006)

1. Membuat jalur impedansi yang rendah ke tanah untuk pengamanan personil dan peralatan.
2. Dapat melawan dan menyebarkan gangguan berulang dan arus akibat surja hubung (*surge current*).
3. Menggunakan bahan tahan korosi terhadap berbagai kondisi kimiawi tanah untuk menyakinkan kontinuitas penampilannya.
4. Menggunakan sistem mekanik yang kuat namun mudah dalam pelayanan.

Pentanahan merupakan salah satu faktor kunci dalam usaha pengamanan (perlindungan) instalasi listrik. Sistem pentanahan yang baik akan memberikan keandalan pada sistem tenaga listrik, disamping keamanan yang terjaga pada sistem tenaga listrik juga peralatan lain yang mendukungnya. Tahanan pentanahan untuk tower SUTT di bedakan menjadi 3 sebagai berikut : (SK.DIR PLN 0520 tahun 2014)

- a. Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 70 kV besarnya nilai tahanan pentanahan adalah 5 ohm.
- b. Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV besarnya nilai tahanan pentanahan adalah 10 ohm.
- c. Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 500 kV besarnya nilai tahanan pentanahan adalah 15 ohm.

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 melalui udara, panjang, tinggi dan tersebar diberbagai daerah terbuka serta beroperasi dalam segala macam kondisi. (Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET PLN Tahun 2014).

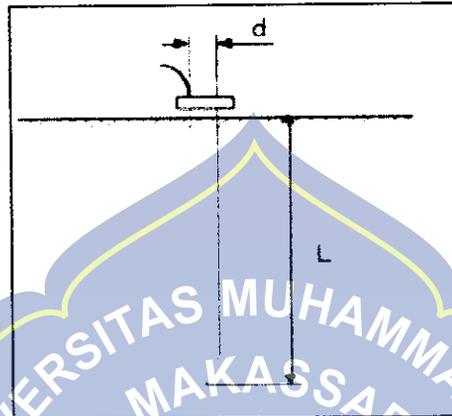
2. Jenis Pentanahan Kaki Tower

Ada beberapa jenis pentanahan yang sering digunakan oleh PLN ketika terjadi kenaikan nilai pentanahan pada tower. Hal tersebut dilakukan sebagai upaya mitigasi ketika terjadi hubung singkat ataupun sambaran petir pada tower SUTT 150 kV. adapun jenis pentanahan tower SUTT adalah sebagai berikut : (Djiteng Marsudi 2006)

- a. Elektrode bar merupakan rel logam yang di tanam di dalam tanah. Pentanahan ini paling sederhana dan efektif menurunkan nilai taanan tanah.
- b. Elektrod plat merupakan plat logam yang di tanam di dalam tanah secara horizontal di dalam tanah. Cara ini jarang digunakan karena tidak cocok di gunakan untuk jenis tanah yang berbatu.
- c. *Counter poise* merupakan suatu elektroda yang digelar secara horizontal di dalam tanah. Pentanahan ini dibuat di daerah yang nilai tahanan tanahnya tinggi atau untuk memperbaiki nilai tahanan pentanahan.
- d. *Mesh* merupakan sejumlah elektroda yang digelar secara horizontal di tanah yang umumnya cocok untuk daerah kemiringan. Metode pentanahan ini banyak digunakan pada instalasi gardu induk tegangan tinggi milik PLN.

Menurut U. B Dwiht, untuk menentukan besarnya tahanan pentanahan elektroda batang ini adalah :

- Untuk satu batang elektroda ditanamkan tegak lurus



Gambar 2.8 Elektroda Batang Ditanamkan Tegak Lurus
(Sumber PUIL 2000)

$$R_{bt}^1 = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \left(\frac{2L}{D} \right) \quad 2.1$$

Dimana :

R_{bt}^1 = Tahanan kaki tower 1 batang elektroda (Ω)

ρ = Tahanan jenis tanah (Ω m)

L = Panjang batang yang tertanam (m)

d = jari – jari batang elektroda (m)

\ln = Logaritmus (dasar e = 2.7182818)

Menurut persamaan di atas, tahanan kaki menara akan berkurang dengan menambah panjang pengetanahan. Dalam hal ini batang pengetanahan paralel digunakan, persamaan (2.1) tetap dapat digunakan untuk menghitung tahanan kaki menara, bila variabel d diubah menjadi A dan radius batang pengetanahan sama sesuai dengan persamaan (2.1). Harga A adalah kelipatan batang pengetanahan yang tergantung dari penempatan masing-masing batang.

penempatan :

$$2 \text{ batang diletakkan di mana saja } A = \sqrt{ar} \dots \dots \dots (2.2)$$

$$3 \text{ batang diletakkan membentuk segitiga } A = \sqrt[3]{a^2r} \dots \dots \dots (2.3)$$

$$4 \text{ batang diletakkan membentuk persegi } A = \sqrt[4]{2\frac{1}{2}a^3r} \dots \dots \dots (2.4)$$

dengan : r = jari-jari masing-masing batang pengetanahan (harus sama)

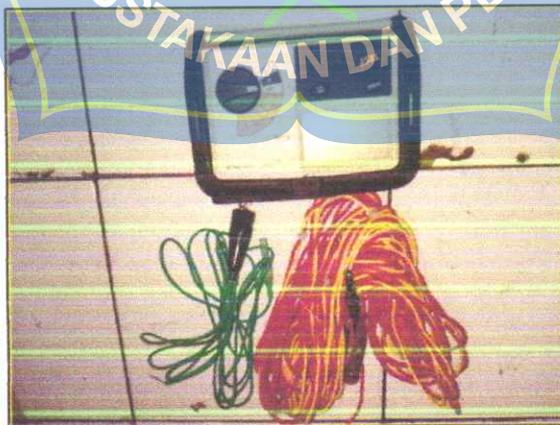
a = jarak antara batang pengetanahan.

Tembaga dan aluminium adalah bahan yang paling sering digunakan sebagai batang pengetanahan. Namun demikian tembaga dianggap lebih tahan terhadap korosi pada daerah dengan kadar garam dan kelembaban tinggi, serta daerah dengan kondisi tanah keras. (Djiteng Marsudi 2006)

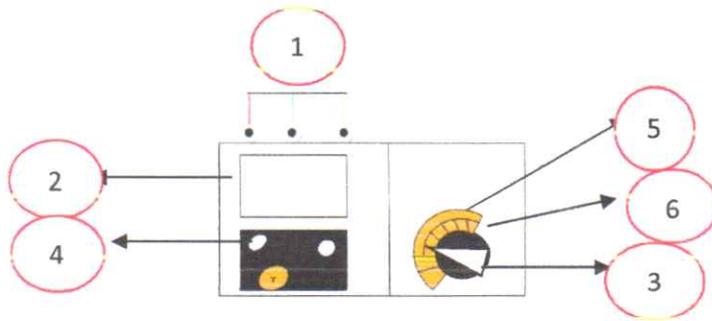
Menurut Persamaan diatas, tahanan kaki tower akan berkurang dengan menambah panjang batang elektroda pentanahan. Tetapi hubungan ini tidak langsung dan akan mencapai satu titik dimana penambahan panjang batang pentanahan hanya akan mengurangi pentanahana kaki tower sedikit. Untuk itu dilakukan penambahan batang elektroda yang ditanam paralel, pada umumnya dua batang elektroda telah dapat memenuhi standar nilai pentanahan kaki tower. (PUIL 2000)

E. Pengukuran Tahanan Pentanahan

Alat yang digunakan adalah *Earth Tester*, yang didesain dan dikeluarkan menurut safety standart oleh IEC - 1010 (EN 61010). *Earth Tester* adalah alat untuk mengukur nilai resistansi dari *grounding*, Besarnya tahanan tanah sangat penting untuk diketahui sebelum dilakukan pentanahan dalam sistem pengaman dalam instalasi listrik.. (Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET PLN Tahun 2014).



Gambar 2.9 *Earth Tester* (Sumber ULTG Panakkukang)



Gambar 2.10 Bagian - Bagian *Earth Tester*

(Sumber ULTG Panakkukang)

Bagian alat ukur terdiri :

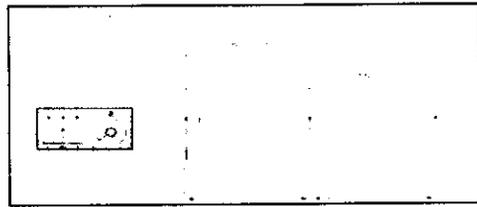
- | | |
|---------------------|-----------------------------|
| 1. Terminal. | 4. Tombol uji. |
| 2. Layar pembacaan. | 5. indikator. |
| 3. selector switch. | 6. Indeks skala pengukuran. |

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 : Jenis tanah, lapisan tanah, kelembaban tanah, dan temperatur. (PUIL/2000)

Tabel 2.1 Tahanan Jenis Tanah

NO	Jenis Tanah	Tahanan Jenis (ohm.m)
1	Tanah rawa	10 s.d. 40
2	Tanahliat 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 2000)



Gambar 2.11 Ilustrasi Pengukuran Dengan *Earth Tester*

(Sumber ULTG Panakkukang)

Pengukuran dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Semua terminal kabel dipasang pada alat ukur.
2. Mengecek tegangan baterai *Earth Tester* dengan cara *selector switch* diarahkan ke kanan pada skala pembacaan apabila lampu indikator menyala maka bertanda isi baterai penuh atau dengan cara melihat langsung pada indikator baterai pada layar pembacaan.
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 m dengan probe kabel merah.
5. Tombol (NO. 4) ditekan, sebelumnya arahkan *selector switch* ke posisi *3p* pada indeks skala pengukuran . Tekan Tombol no 4 dan alat melakukan pengukuran dan menampilkan hasil pengukuran pada layar.
6. Catat atau foto hasil pengukuran.

BAB III

METODE PENELITIAN

Dalam penyusunan tugas akhir ini metode penelitian yang digunakan adalah:

A. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

1. Waktu

Penelitian ini dilakukan dalam waktu kurang lebih 10 hari, dimulai pada 01 Juni 2021 sampai dengan 10 Juni 2021.

2. Tempat Pelaksanaan

Tempat pelaksanaan dilakukan di SUTT Sungguminasa – Maros tower 120 pada Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk Panakkukang.

B. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- | | |
|--------------------|----------------------------|
| a. Kunci Past Ring | h. Gurindah <i>Cutting</i> |
| b. Tang kombinasi | i. Gurindah Tangan |
| c. Tali/Tambang | j. Palu 10 Kg |
| d. Obeng | k. <i>Tang Press</i> |
| e. Cangkul | l. Scun dan Pipa Besi |
| f. <i>Linggis</i> | l. Kawat <i>GSW</i> 10 m |
| g. <i>Skop</i> | m. Mur Baut 17 dan 19 |
| | n. <i>Earth Tester</i> |

C. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer yang diperoleh dari PT. PLN (Persero) Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk Panakkukang. Adapun data-data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah:

- 1) Data topologi jaringan transmisi ULTG Panakkukang segman Sungguminasa – Maros.
- 2) Data hasil pengukuran pentanahan tower.
- 3) Data *historical* gangguan pada SUTT 150 kV Sungguminasa – Maros.

Dalam penelitian ini digunakan beberapa metode pengumpulan data sebagai berikut :

a) Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk menelusuri berbagai literatur yang bersumber dari buku, jurnal, dan penelitian terkait lainnya. Semua referensi yang terkumpul selanjutnya dijadikan bahan dalam penentuan langkah selanjutnya dalam rangka mencapai tujuan penelitian ini.

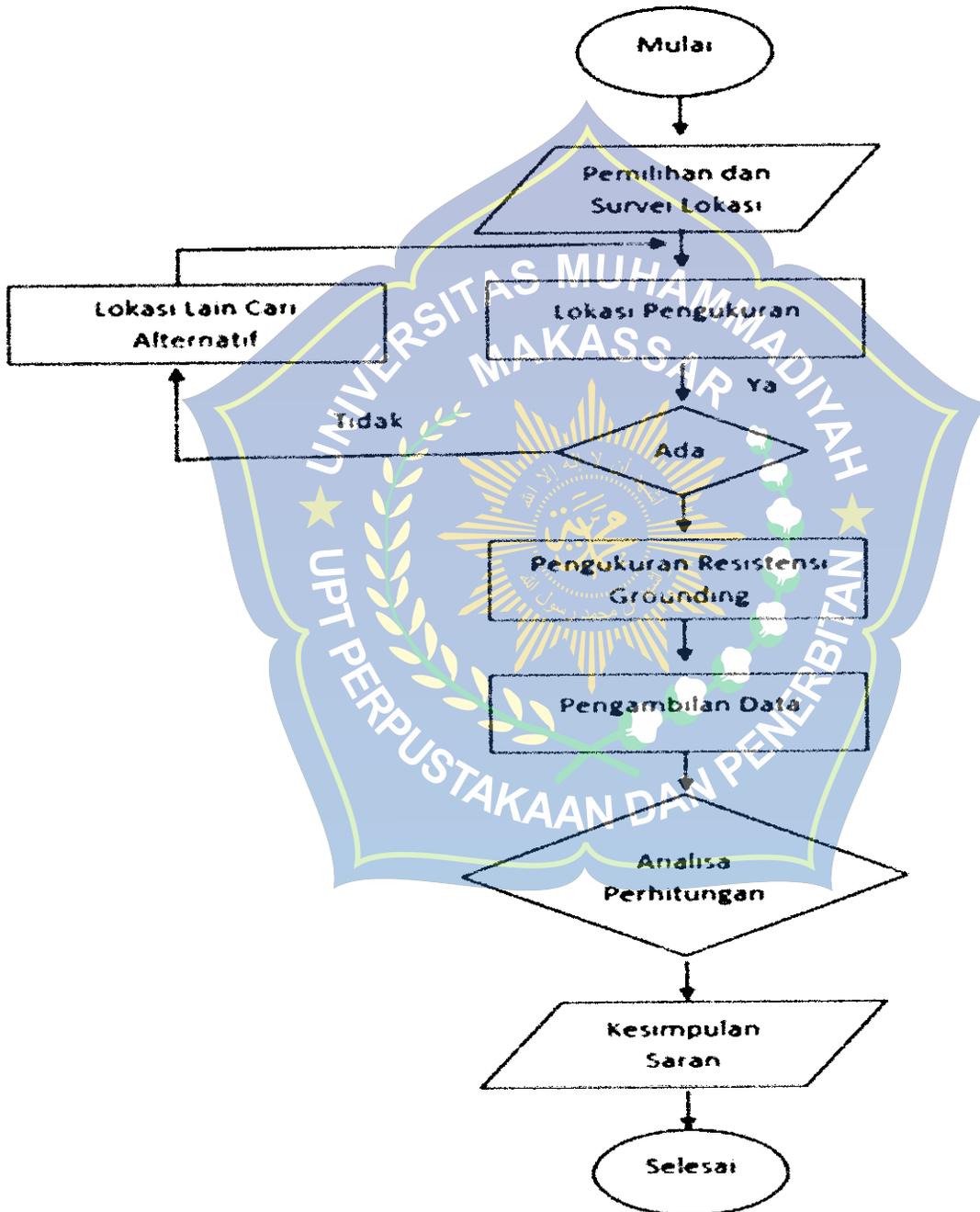
b) Metode wawancara

Metode ini di gunakan untuk memperoleh data langsung mengenai topologi jaringan transmisi dengan menanyakan langsung kepada pegawai yang bekerja di tempat tersebut.

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

D. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang di gambar dalam bentuk *flowchart* berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

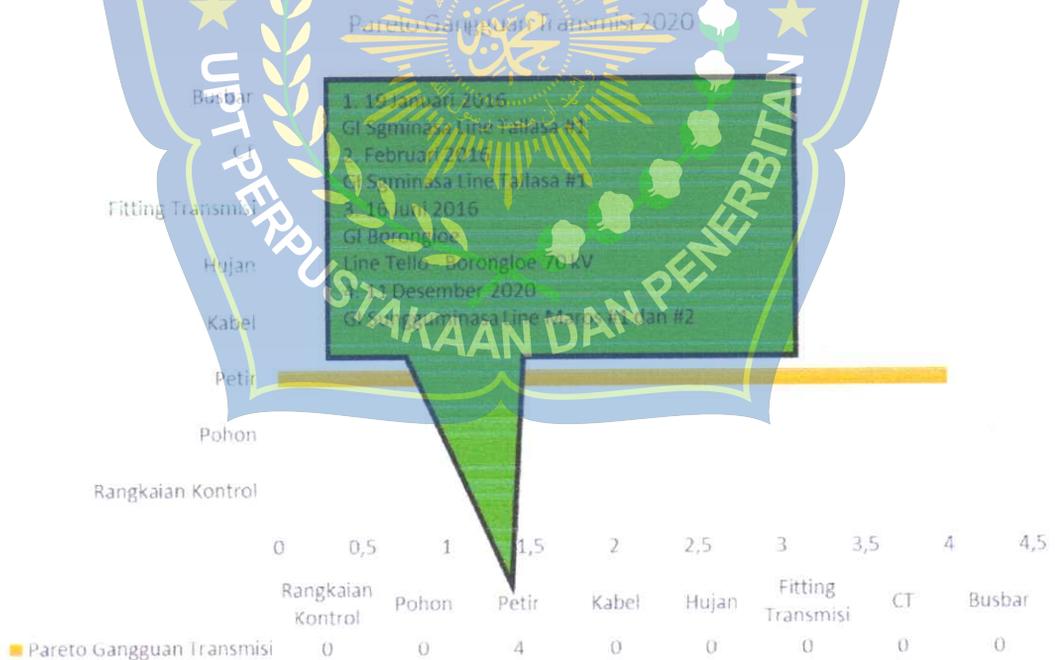
Penelitian dimulai dengan pemilihan dan survei lokasi pengukuran pentanahan tower saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV. Jika lokasi pengukuran tidak diperoleh maka selanjutnya mencari alternatif lokasi lainnya. Berdasarkan data gangguan petir yang terjadi pada ULTG Panakkukang ditentukanlah lokasi pengukuran yakni pada SUTT 150 kV jalur Sungguminasa – Maros. Lokasi penelitian pada pentanahan yang ada di kaki tower saluran Udara Tegangan Tinggi Penghantar 150 kV jalur Sungguminasa – Maros. Kemudian dilakukan pengukuran kembali resistansi pentanahan tower. Pengukuran resistansi *grounding* dilakukan dengan menggunakan alat uji pentanahan *Earth Tester*. Setelah pengukuran dilakukan diambil data-data hasil pengukuran kemudian dilakukan perhitungan dan dianalisa terutama pada resistansi tower yang bermasalah yaitu resistansi yang melebihi 10 ohm. Dari hasil perhitungan dan analisa yang dilakukan diambil kesimpulan untuk perbaikan resistansi pentanahan yang bermasalah.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Lokasi Pengukuran

Pengukuran dilakukan pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV jalur Sungguminasa – Maros. Segmen Sungguminasa – Maros berjumlah 143 tower, tetapi pengukuran nilai pentanahan hanya di lakukan pada 10 tower yakni tower 115 – 124 . Pemilihan tower tersebut berdasarkan pada data data gangguan petir yang terjadi pada tanggal 11 Desember 2020 serta berdasar pada hasil baca relai jarak yang terpasang pada gardu induk Maros dan gardu induk Sungguminasa.

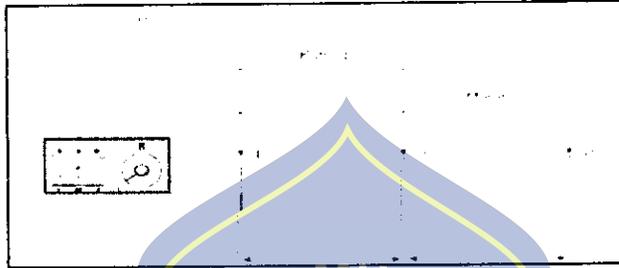


Gambar 4.1 Pareto Gangguan Transmisi 2020 ULTG

Panakkukkang (Sumber ULTG Panakkukkang)

B. Pengukuran Resistansi *Grounding*

Pengukuran dilaksanakan pada tanggal 5 Januari 2021 pada tower 115 – 125 segmen Sungguminasa - Maros. Pengukuran menggunakan alat ukur *Earth tester*.



Gambar 4.2 Ilustrasi Pengukuran Dengan *Earth Tester*
(Sumber ULTG Panakkukang)

Pengukuran dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Semua terminal kabel dipasang pada alat ukur.
2. Mengecek tegangan batere *Earth Tester* dengan cara *selector switch* diarahkan ke kanan pada skala pembacaan apabila lampu indikator menyala maka bertanda isi batere penuh atau dengan cara melihat langsung pada indikator batere pada layar pembacaan.
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 m dengan probe kabel merah.

5. Tombol (NO. 4) ditekan, sebelumnya arahkan *selector switch* ke posisi *3p* pada indeks skala pengukuran . Tekan Tombol no 4 dan alat melakukan pengukuran dan menampilkan hasil pengukuran pada layar.
6. Catat atau foto hasil pengukuran.

C. Data Pengukuran Pentanahan

Untuk melindungi kawat fasa terhadap sambaran langsung dari petir digunakan satu atau dua kawat tanah yang terletak di atas kawat fasa dengan sudut perlindungan 15° untuk dua kawat tanah dan 30° untuk satu kawat tanah (SK.DIR PLN 0520 tahun 2014). Dengan demikian kemungkinan terjadinya loncatan api karena sambaran petir secara langsung dapat diabaikan. Kemungkinan terjadinya locatan balik (*back flash over*) karena sambaran kilat secara langsung pada puncak menara atau kawat tanah tetap masih ada, dan untuk mengurangnya tahanan kaki menara harus dibuat tidak melebihi 10 Ohm (SK.DIR PLN 0520 tahun 2014). Tahanan kaki menara 10 Ohm dapat diperoleh dengan menggunakan satu atau lebih batang pbumian (*ground rod*) atau dengan sistem *counter poise*. Pemilihan penggunaan batang pbumian dan atau sistem *counter poise* tergantung dari tahanan jenis tanah di mana menara transmisi tersebut berada.

Pentanahan dengan metode *Counter Poise* merupakan metode pentanahan dengan menggunakan elektroda berbentuk batang (berdiameter 1 - 2 Inch dan panjangnya 3 - 10 meter) yang di tanam tegak lurus ke dalam tanah dengan kedalaman antara 1 - 10 meter. (Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET PLN Tahun 2014)

Tabel 4.1 Data Hasil Pengukuran Nilai Tahanan Pentanahan

NO	Nomer Tower	Type Isolator	Lokasi	Pengukuran Ulang	
				Nilai Tahanan Pentanahan	Tanggal Pengukuran
1	115	SS	Sawah	8,45	5 Januari 2021
2	116	DS	Sawah	7,20	5 Januari 2021
3	117	DS	Sawah	6,55	5 Januari 2021
4	118	DT	Sawah	6,05	5 Januari 2021
5	119	DS	Sawah	0,63	5 Januari 2021
6	120	DS	Sawah	63,3	5 Januari 2021
7	121	ST/DT	Sawah	1,05	5 Januari 2021
8	122	ST/DT	Sawah	0,60	5 Januari 2021
9	123	DS	Sawah	1,69	5 Januari 2021
10	124	DS	Sawah	1,45	5 Januari 2021

(Sumber Penulis)

Berdasarkan data yang diperoleh pada tabel 4.1, dapat diketahui bahwa nilai tahanan pembumian adalah sebagai berikut:

- a. Kondisi baik, kondisi ini terjadi bila tahanan pembumiannya kurang dari 10 Ohm dan bahkan sampai mendekati angka nol (0).
- b. Kondisi awas, kondisi ini terjadi bila tahanan pembumiannya mencapai 8 s.d. 10 Ohm. Kondisi ini masih baik, tapi dalam keadaan pengawasan.
- c. Kondisi buruk, kondisi ini terjadi bila tahanan pembumiannya melebihi standar 10 Ohm.
- d. Kondisi tidak diketahui, kondisi ini terjadi bila tahanan pembumiannya tidak dapat diukur karena sesuatu hal.

Dari data hasil pengukuran lokasi Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) Penghantar 150 kV jalur Sungguminasa – Maros tahanan pentanahan yang telah diambil, umumnya nilainya masih dibawah nilai maksimum yang disyaratkan (di bawah 10 ohm). Akan tetapi masih terdapat satu tower yang nilainya melebihi standar maksimum yang disyaratkan yakni tower 120 dimana nilai pentanahanya adalah 63,3 ohm.

Hal ini akan mengakibatkan terjadinya *back flashover* ketika tower tersebut tersambar petir. *Back flashover* adalah terjadinya *flashover* pada saluran transmisi yang disebabkan oleh sambaran petir yang menimbulkan tegangan lebih mengalir pada saluran transmisi yang amplitudo tegangannya melebihi batas level isolasi peralatan (BIL) yang cenderung disebabkan besarnya tahanan atau resistansi dari tower dan pentanahan kaki tower. (Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET PLN 2014)

D. Analisa Data Pengukuran Dengan Perhitungan

Setelah didapat hasil pengukuran dan ditemukan tower-tower yang memiliki nilai pentanahan yang melebihi standar (maksimum 10 Ohm), Dari data perhitungan, didapat tower-tower SUTT Penghantar 150 kV jalur Sungguminasa - Maros yang bermasalah pada tahanan pentanahannya. Dari hasil pengukuran didapatkan 1 tower yang nilai tahanan pentanahannya melebihi standar maksimum yang diperbolehkan (10 Ohm) yakni tower 120 diasumsikan memiliki tahanan jenis tanah yang nilainya 100 Ohm meter (nilai maksimum tahanan jenis tanah kondisi tanah liat/ladang).

Dengan menggunakan data acuan hasil pengukuran Tabel 4.1, dan menggunakan persamaan 2.1 data dari pengukuran dengan menggunakan 2 (dua) batang elektroda, dengan variabel berikut :

ρ (Tahanan Jenis Tanah) tanah liat / ladang : 20 s.d 100 Ohm-m

ρ (Tahanan Jenis Tanah) diasumsikan maksimum : 100 Ohm-m

L (Panjang Batang yang tertanam) : 3 meter

d (Diameter batang Elektroda) : $\frac{3}{4}$ Inchi (19 mm)

r (radius batang Elektroda) : 0,0095 m

a (jarak antar batang) : 6 meter

besarnya nilai pentanahan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$R_{bt1} = \frac{\rho}{2\pi L} \ln \left(\frac{2L}{D} \right)$$

- Untuk dua batang elektroda ditanamkan tegak lurus (diletakkan dimana saja)

$$A = \sqrt{ar}$$

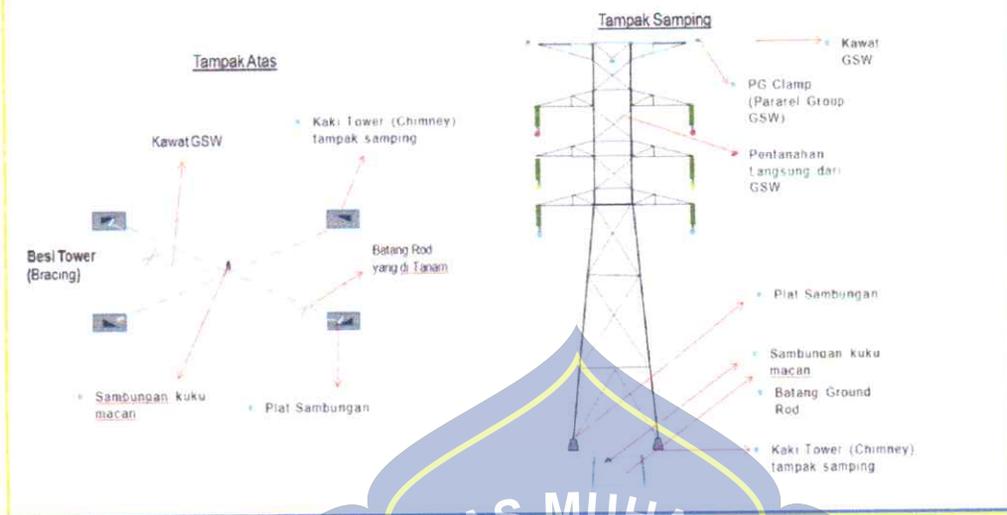
$$\begin{aligned} R_{bt} \text{ perhitungan} &= 5,3 \times \ln(25,21) \\ &= (5,3 \times 11,94) \\ &= 63,3 \text{ Ohm (melebihi standar 10 Ohm)} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan didapat nilai R_{bt} perhitungan sebesar 17,066 Ohm, mendekati dari hasil pengukuran langsung pada Tabel 4.1 dimana nilai Resistansi pada Tower T.120 sebesar 63,3 Ohm.

E. Analisa Menurunkan Nilai Tahanan Pentanahan Tower Dengan Metode Counter Poise

Pemasangan *counter poise* pentanahan pada tower 120 dilakukan dengan menambah batang elektroda di bawah permukaan tanah. Batang-batang elektroda di tanam sedalam 3 – 9 m dibawah permukaan tanah. Rod pentanahan yang baik berfungsi untuk meneruskan arus listrik dari tower SUTT 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 tower yang berfungsi untuk mengalirkan arus listrik dari konduktor akibat sambaran petir. (Djiteng Marsudi 2006).

POLA PENTANAHAN



Gambar 4.1. Layout Pemasangan *Counter poise* Pada Tower 120

Analisa dengan menambahkan batang elektroda untuk tower dengan kondisi tanah liat atau ladang (dengan 4 batang elektroda) bila R_{bt} perhitungan dengan perbaikan menggunakan 4 batang elektroda pada tower T.120 dan dengan menggunakan persamaan 2.1 (halaman 18), didapat :

$$R_{bt} \text{ perhitungan pebaikan} = 5,30 \times \ln(4,61) = 8,056 \text{ Ohm (memenuhi standar PLN)}$$

Bila ditambahkan menjadi 4 batang elektroda, maka nilai tahanan pentanahan tower T.120 akan mendekati nilai perhitungan diatas, atau minimal telah dibawah nilai standar maksimum (10 Ohm), nilai berkurang dari 63,3 Ohm menjadi 8,056 Ohm. Sama halnya dengan penambahan 8 sampai 12 batang elektroda, semakin banyak penambahan batang elektroda maka nilai pentanahan dari hasil perhitungan akan semakin kecil dari nilai standar maksimum.

NO	Jenis pekerjaan	Keterangan Gambar
1	Pengukuran nilai tahanan tower sebelum dilaksanakan perbaikan	
2	Penentuan titik perbaikan	
3	Proses pemasangan batang rod kedalam tanah	
4	Proses penyambungan kawat baja	
5	Proses pengepresan kawat baja	
6	Penyambunagn kawat baja ke kaki tower	
7	Pengukuran ulang nilai pentanahan tower	
8	Hasil pengukuran setelah perbaikan	

Tabel 4.2 Perbaikan Nilai Tanah Pentanahan Tower 120

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan analisa perhitunagn dari data yang diperoleh dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari 10 tower yang diukur, sistem pentanahan Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) Penghantar 150 kV Sungguminasa - Maros masih dalam keadaan baik sesuai SPLN dibawah standar maksimum 10 Ohm, hanya terdapat 1 tower yang pengukuran nilai tahanan pentanahan towernya melebihi standar 10 Ohm yakni T.120 sebesar 63,3 ohm.
2. Dengan menggunakan metode *Counter Poise*, tower yang nilai tahanannya tinggi tersebut dapat diperbaiki dengan menambahkan batang elektroda yang ditanam maka nilai tahanan T.120 berkurang menjadi 8,056 Ohm jika menambahkan batang elektroda yang ditanam menjadi 4 batang. Semakin banya batang elektroda yang di pasang maka nilai tahanan pentanahan tower akan semakin menurun.
3. Diharapkan dengan menurunnya nilai tahanan pentanahan, tidak ada lagi gangguan *flashover* di sekitar tower 120 sehingga dapat meningkatkan kinerja ULTG Panakkukang.

B. Saran

1. Dilakukan perbaikan terhadap nilai pentanahan tower yang tidak sesuai standar yang melebihi 10 ohm .
2. Selain metode ini, untuk menurunkan gangguan penghantar akibat petir juga dapat dengan menggunakan pemasangan *Transmission Lighting Arrester* (TLA)
3. Selain metode *counter poise* dapat pula dengan cara melakukan pemasangan pentanahan dengan metode *mesh*.



DAFTAR PUSTAKA

Artono Arismunandar. 1990. *Teknik Tegangan Tinggi*. Jakarta : Pradnya Paramita.

I Made Yulistya Negara. 2013. *Teknik Tegangan Tinggi, Prinsip dan Aplikasinya*.
Yogyakarta : Graha Ilmu.

Marsudi,Djiteng. 2006. *Operasi Sistem Tenaga Listrik*. Graha Ilmu.

PT. PLN (Persero). 2014 . *Buku Pedoman Pemeliharaan SUTT/SUTET KEPDIR
0520-2.K.DIR.2014*.

PT. PLN (Persero). 2014 . *Buku Pedoman Pemeliharaan Primer GI KEPDIR
0520-3.K.DIR.2014*.

PUIL 2000. (2000) *Persyaratan Umum Instalasi Listrik*. [http://dunia-
listrik.blogspot.com/2008/12/puil-persyaratan-umum-instalasi-listrik.html](http://dunia-listrik.blogspot.com/2008/12/puil-persyaratan-umum-instalasi-listrik.html)

