

**SKRIPSI**

**ANALISIS PENURUNAN GANGGUAN AKIBAT PETIR PADA  
TRANSMISI 150 KV PENGHANTAR MANINJAU – SIMPANG EMPAT  
MENGUNAKAN DGS (DIRECT GROUNDING SYSTEM)**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro



Oleh

**MUHAMMAD SUHERI**

**161000220201011**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA BARAT**

**2022**

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISA PENURUNAN GANGGUAN AKIBAT PETIR PADA  
TRANSMISI 150 KV PENGHANTAR MANINJAU – SIMPANG EMPAT  
MENGUNAKAN DGS (DIRECT GROUNDING SYSTEM)

Oleh

MUHAMMAD SUHERI

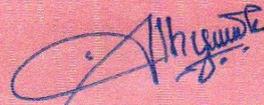
16.10.002.20201.011

Dosen Pembimbing I,



Ir. Yulisman, M.T.  
NIDK. 8808220016

Dosen Pembimbing II,



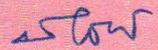
Mahyessie Kamil, S.T., M.T.  
NIDN. 1002096901

Dekan Fakultas Teknik  
UM Sumatera Barat,



Masril, S.T., M.T.  
NIDN. 1005057407

Ketua Program Studi  
Teknik Elektro



Herris Yamashika, S.T., M.T.  
NIDN. 1024038202

**LEMBARAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI**

Skripsi ini telah dipertahankan dan disempurnakan berdasarkan masukan dan koreksi Tim Penguji pada ujian tertutup tanggal, ..... di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat.

Bukittinggi, 2022  
Mahasiswa,

Muhammad Suheri  
161000220201011

Disetujui Tim Penguji Skripsi tanggal, ..... 2021 :

1. Herris Yamashika, S.T., M.T.

1. 

2. Ir. Budi Santoso, M.T.

2. 

Mengetahui,  
Ketua Program Studi  
Teknik Elektro,



Herris Yamashika, S.T., M.T.  
NIDN. 1024038202

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : MUHAMMAD SUHERI  
Tempat dan Tanggal Lahir : Padang Laweh, 07 Oktober 1995  
NIM : 161000220201011  
Judul Skripsi : Analisa Penurunan Gangguan Akibat Petir Pada Transmisi 150 Kv Penghantar Maninjau – Simpang Empat Menggunakan Dgs ( Direct Grounding System )

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli dari saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan yang tercantum sebagai bagian dari Skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak-benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di UM Sumatera Barat.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun

Bukittinggi, ..... 2022



MUHAMMAD SUHERI

NIM. 161000220201011

## ABSTRAK

Energi listrik yang kita rasakan saat ini merupakan energi listrik yang telah melalui proses panjang, yakni dari mulai pembangkitan energi listrik kemudian disalurkan melalui saluran udara tegangan tinggi, lalu sampai dipusat beban dan terakhir didistribusikan ke konsumen/masyarakat. Dalam proses penyaluran energi listrik sistem penyaluran/transmisi memegang peranan penting, untuk penghantar Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV yang menghubungkan Gardu Induk (pusat beban). Dikarenakan beroperasi pada tegangan tinggi tentunya diperlukan tower yang kokoh dan tinggi supaya terhindar dari segala gangguan baik gangguan yang dapat di kontrol maupun gangguan yang tidak dapat dikontrol.

Salah satu gangguan Transmisi yang tidak dapat dikontrol adalah gangguan petir. Didalam desain Tower SUTT yang dimiliki PLN saat ini memiliki pengamanan dari petir yaitu DGS (Direct Grounding System) yang cukup efektif menurunkan gangguan akibat Petir dikarenakan semenjak pemasangan DGS tersebut gangguan akibat petir dapat di minimalisir.

Kata kunci: Energi listrik, pusat beban, DGS

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbilalamin, Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala berkat, rahmat yang telah diberikan-Nya, sehingga penulisan skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini merupakan salah satu kewajiban yang harus diselesaikan untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Elektro di Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat (UM Sumatera Barat).

Penulis dengan beberapa bimbingan, bantuan, dan doa dari berbagai pihak, Skripsi ini tidak akan dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan Skripsi ini, yaitu kepada :

1. Orang tua, kakak, dan adik serta seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan moril, doa, dan kasih sayang;
2. Bapak Masril, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
3. Bapak Hariyadi, S.Kom., M.Kom. selaku Wakil Dekan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
4. Bapak Herris Yamashika, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro;
5. Ibu Dytchia Septi Kesuma, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik;
6. Bapak Ir.Yulisman, M.T. selaku Dosen Pembimbing I Skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis;
7. Bapak Mahyessie Kamil, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II Skripsi yang telah memberikan bimbingan dan banyak memberikan masukan kepada penulis;
8. Bapak/Ibu Tenaga Kependidikan Fakultas Teknik UM Sumatera Barat;
9. Keluarga PT PLN (Persero) ULTG Bukittinggi yang selalu memberi semangat saat pelaksanaan penyelesaian penulisan.

10. Semua pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu per satu.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa mungkin masih terdapat banyak kekurangan dalam Skripsi ini. Oleh karena itu, saran dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis. Semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya, khususnya mahasiswa Teknik Elektro.

Bukittinggi, Agustus 2021

Muhammad Suheri  
161000220201011



## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
LEMBARAN PERSETUJUAN TIM PENGUJI	
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	
ABSTRAK .....	i
KATA PENGANTAR .....	ii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	vii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	3
1.5. Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1. Sistem Tenaga Listrik .....	5
2.2. Komponen Utama Saluran Udara Tegangan Tinggi.....	5
2.3. Pengaman Dari Gangguan Petir.....	14
2.4. Teori Petir .....	21
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1. Lokasi Penelitian.....	30
3.2. Data Penelitian .....	30
3.2.1 Jenis dan sumber data .....	30
3.2.2 Teknik pengumpulan data.....	32
3.3. Metode Analisis Data.....	34

**BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN**

4.1. Pembahasan .....	44
4.2. Hasil Penelitian.....	46

**BAB V PENUTUP**

5.1. Kesimpulan .....	53
5.2. Saran .....	53

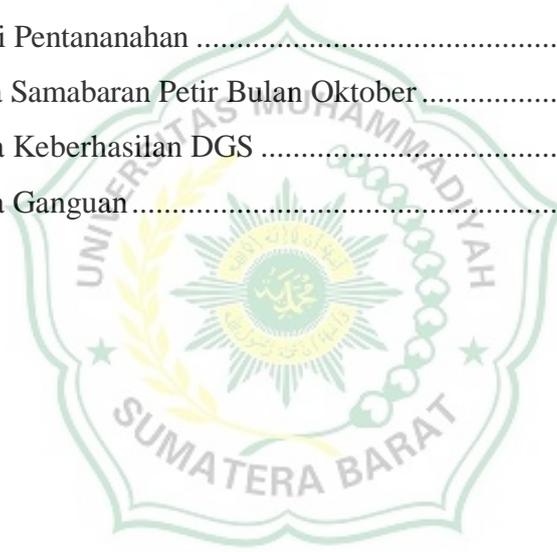
**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**



## DAFTAR TABEL

No. Tabel	Halaman
Tabel 2.1. Standar Mutu Bahan Konduktor AAACS.....	17
Tabel 2.2. daftar luas penampang dan KHA Konduktor .....	17
Tabel 2.3. Tahanan Jenis Tanah .....	21
Tabel 3.1. Nilai Pentanahan .....	30
Tabel 3.2. Kali Ganguan Trastmisi .....	31
Tabel 3.3. Jumlah Keping Isolator (Sumber SPLN 10-1A-1996) .....	32
Tabel 3.4. kekuatansetiap keeping isolator (Sumber SPLN 10-1A-1996).....	32
Tabel 3.3. Jumlah Keping Isolator (Sumber SPLN 10-1A-1996) .....	32
Tabel 4.1. Nilai Pentananahan .....	47
Tabel 4.2. Data Samabaran Petir Bulan Oktober.....	49
Tabel 4.3. Data Keberhasilan DGS .....	50
Tabel 4.3. Data Ganguan.....	52



## DAFTAR GAMBAR

No. Lampiran	Halaman
Gambar 2.1. Pengangkit tenaga listrik dan penyalurannya .....	6
Gambar 2.2. Jenis-Jenis Tower .....	6
Gambar 2.3. Halaman Tower .....	7
Gambar 2.4. Gambar kawat GSW/OPGW .....	14
Gambar 2.5. Isolator Porselen .....	15
Gambar 2.6. Elektroda Pentahan (Grounding).....	18
Gambar 2.7. SKY COUNTER IGWS .....	14
Gambar 2.8. Pelepasan Muatan Listrik .....	22
Gambar 2.9. Gangguan petir pada Saluran Trasmisi.....	23
Gambar 2.10. Isolator <i>flash</i> .....	24
Gambar 2.11. Terjadinya <i>Back Flashover</i> dan Gangguan .....	26
Gambar 3.1. Peta Jalur SUTT Maninjau – Simpang Empat .....	29
Gambar 3.2. Aplikasi Melihat Kekuatan Petir .....	32
Gambar 3.3. Pemasangan Rangkaian Isolator Gantung.....	34
Gambar 3.4. Pemasangan Gronding Lokal .....	35
Gambar 3.5. Rangkaian <i>Isolator Tension</i> .....	36
Gambar 3.6. rangkain isolator suspension.....	37
Gambar 3.7. Air Termination System DGS (150 KV).....	37
Gambar 3.8. Air Termination System DGS (275 KV).....	38
Gambar 3.9. Sudut Perlindungan 30 Derjat GSW (150 KV) .....	38
Gambar 3.10. Pemasangan Isolator Tumpu <i>Down Conductor</i> .....	39
Gambar 3.11. Pemasangan <i>Lightning Event Counter</i> .....	39
Gambar 3.12. Pemasangan <i>Down Conductor</i> .....	40
Gambar 4.13. Layout Tampak Samping Pemasangan DGS Dan Rangkaian..	41
Gambar 4.14. Layout Tampak Atas Earth Termination System DGS .....	41
Gambar 4.15. Bagan Alaur Penelitian.....	42

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Transmisi tenaga listrik merupakan proses penyaluran tenaga listrik dari tempat pembangkit tenaga listrik (*Power Plant*) hingga saluran distribusi listrik (substation distribution) dengan menjaga stabilitas dan kontinuitas penyaluran sehingga dapat disalurkan sampai pada konsumen pengguna listrik .

Pemakaian sistem transmisi didasarkan atas besarnya daya yang harus disalurkan dari pusat - pusat pembangkit ke pusat beban dan jarak penyaluran yang cukup jauh antara sistem pembangkit dengan pusat beban tersebut. Sistem transmisi menyalurkan daya dengan tegangan tinggi yang digunakan untuk mengurangi adanya rugi-rugi akibat jatuh tegangan. Sistem transmisi dapat dibedakan menjadi sistem transmisi tegangan tinggi (high voltage,), sistem transmisi tegangan ekstra tinggi (extra high voltage), dan sistem transmisi ultra tinggi (Ultra high voltage).

Saluran transmisi listrik merupakan suatu sistem yang kompleks yang mempunyai karakteristik yang berubah-ubah secara dinamis sesuai keadaan sistem itu sendiri. Adanya perubahan karakteristik ini dapat menimbulkan masalah jika tidak segeraantisipasi. Dalam hubungannya dengan sistem proteksi/ pengaman suatu sistem transmisi, adanya perubahan tersebut harus mendapat perhatian yang besar mengingat saluran transmisi memiliki arti yang sangat penting dalam proses penyaluran daya.

Cuaca merupakan hal yang sangat berpengaruh terhadap penyaluran listrik pada Transmisi, dengan kata lain mudah terjadi gangguan dari luar, seperti gangguan hubungan singkat, gangguan arus lebih bila tersambar petir, dan gangguan lainnya. Untuk itu diperlukan proteksi yang baik untuk menjaga kontinuitas penyaluran listrik pada sistem Transmisi, terlebih pada tower SUTT/SUTET, yaitu proteksi DGS (*Direct Ground system*).

DGS (*Direct Ground system*) merupakan salah satu proteksi penting pada tower SUTT/SUTET untuk menjaga stabilitas dan kontinuitas penyaluran listrik, dimana

DGS berfungsi sebagai pengamanan body tower dari tegangan lebih yang disebabkan oleh surja petir. DGS ditempatkan pada posisi paling atas pada tower SUTT/SUTET dengan tujuan sambaran pertama dari surja petir yang akan dibuang langsung ke arde/pembumian.

Fenomena Flash Over adalah salah satu gangguan internal, dimana terjadi kegagalan pembumian secara maksimal sehingga mengakibatkan breakdown (arus bocor)/rusaknya isolasi pada isolator DGS SUTT/SUTET karena sambaran petir. Salah satu penyebab *Flash Over* pada isolator DGS ialah tingginya nilai tahanan pembumian/arde dengan nilai  $> 10\Omega$  (lebih dari 10 ohm), sehingga arus dari surja petir tidak mampu dibuang ke bumi seluruhnya, dan naik kembali menuju isolator DGS dan mengakibatkan *Flash over (Break down)* pada isolator DGS.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka disusunlah tugas akhir dengan judul **“ANALISA PENURUNAN GANGGUAN AKIBAT PETIR PADA TRASMISI PENGHANTAR MANINJAU-SIMPANG EMPAT MENGGUNAKAN DGS (DERECT GROUNDING SYSTEM)”**

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah yang diangkat dalam penelitian ini adalah pengaruh penggunaan DGS dalam melindungi SUTT dari gangguan petir sehingga kehandalan penyaluran dapat terjaga khususnya untuk penghantar 150 kV Maninjau – Simpang Empat, yang mana sebagian tower tersebut telah dipasang DGS. DGS yang terpasang apakah efektif dalam mengurangi gangguan akibat petir sehingga arus lebih dari petir dapat langsung disalurkan ke tanah.

Selain nilai pentanahan yang baik di setiap tower ( $<10$  Ohm dan  $<3$  Ohm untuk 5 tower di dekat GI) yang harus dimiliki setiap tower dan efektif berdasarkan SPLN T5.012: 2020, Pembumian pada Gardu Induk dan Jaringan Transmisi. Disamping hal tersebut diatas Tower SUTT harus memiliki sistem proteksi dari petir sehingga petir baik sambaran langsung maupun tidak.

## **1.3 batasan masalah**

Agar pembahasan ini tidak menyimpang dari topik yang telah ditentukan maka

penulis memberi batasan masalah sebagai berikut :

- a. Pembahasan hanya untuk desain proteksi petir pada tower Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Maninjau – Simpang Empat.
- b. Pengukuran nilai pentanahan tower dan DGS dilakuakn hanya pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Maninjau – Simpang Empat.
- c. Pemasangan DGS dilakukan sebagai proteksi petir tambahan Tower Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Maninjau-Simpang Empat.
- d. Sebagai data pembanding penulis menggunakan data 2018- 2021.

## **1.4 Tujuan Dan Mamfaat Penelitian**

### **1.4.1 Tujuan**

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut :

- a. Mengetahui pengaruh pemasangan DGS pada tower sehingga dapat mengurangi gangguan yang disebabkan oleh petir pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV Maninjau – Simpang Empat.

### **1.4.2 Manfaat**

Manfaat yang dapat di ambil adalah mengevaluasi penggunaan DGS dalam melindungi SUTT dari gangguan petir sehingga kehandalan penyaluran dapat terjaga khususnya untuk penghantar 150 kV Maninjau – Simpang Empat, yang mana sebagian tower tersebut telah dipasang DGS sebanyak 19 tower serta mengetahui DGS yang terpasang apakah efektif dalam mengurangi gangguan akibat petir.

## **1.5. Sistematika Penulisan**

Untuk mempermudah dalam pemahaman mengenai bagian pokok Skripsi ini, maka Skripsi ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

### **Bab I   Pendahuluan**

Pada bab ini akan dijelaskan hal-hal yang menjadi latar belakang (masalah), rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

## Bab II Tinjauan Pustaka

Pada bab ini akan di bahas tentang landasan teori, system tenaga listrik, komponen utama SUTT, pengaman dari gangguan petir dan teori tentang petir.

## BAB III Metodologi Penelitian

Pada bab ini akan di bahas dimana lokasi penelitian, data penelitian, metode analisis data dan bagan alir penelitian

## Bab IV Analisa dan Pembahasan

Pada bab ini berisikan tentang perhitungan, dan pembahasan hasil penelitian.

## Bab V Penutup

Bab ini merupakan bab penutup yang berisikan simpulan dari apa yang telah dibahas dari rumusan masalah berdasarkan pada diskusi hasil kajian dan saran yang diberikan.

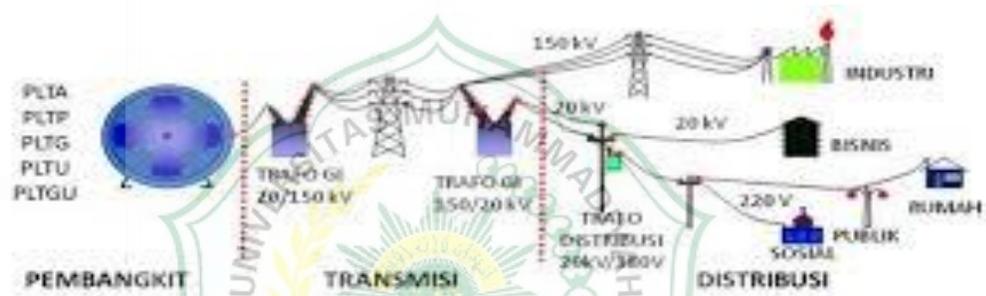


## BAB 2

### LANDASAN TEORI

#### 2.1 Sistem Tenaga Listrik

Pengertian sistem tenaga listrik secara umum sistem tenaga listrik terdiri atas komponen tenaga listrik yaitu pembangkit tenaga listrik, sistem transmisi dan sistem distribusi. Ketiga bagian ini merupakan bagian utama pada suatu rangkaian sistem tenaga listrik yang bekerja untuk menyalurkan daya listrik dari pusat pembangkit ke pusat-pusat beban. Rangkaian sistem tenaga listrik dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.1 Pembangkit tenaga listrik dan penyalurannya

Gambar di atas diilustrasikan bahwa listrik yang dihasilkan dari pusat pembangkitan yang menggunakan energy potensial mekanik (air, panas bumi, uap, nuklir dll) untuk menggerakkan turbin yang prosesnya dikopel atau dingandeng dengan generator. Dari generator yang di putar menghasilkan energy listrik. Energy yang dihasilkan disalurkan ke gardu induk melalui jaringan transmisi, kemudian langsung disalurkan ke konsumen melalui jaringan distribusi.

#### 2.2 Komponen Utama Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT)

Tenaga listrik yang disalurkan lewat sistem transmisi umumnya menggunakan kawat telanjang sehingga mengandalkan udara sebagai media isolasi antara kawat penghantar tersebut dengan benda sekelilingnya. Tower adalah konstruksi bangunan yang kokoh, berfungsi untuk menyangga/merentang kawat penghantar dengan

ketinggian dan jarak yang cukup agar aman bagi manusia dan lingkungan sekitarnya. Antara tower dan kawat penghantar disekat oleh isolator.

1) Jenis-jenis tower

Menurut bentuk konstruksinya jenis-jenis tower dibagi atas macam 4 yaitu;

- a) *Lattice tower*
- b) *Tubular steel pole*
- c) *Concrete Pole*
- d) *Wooden Pole*



(a) *Lattice tower*

(b) *Tubular steel pole*



(c) *Concrete Pole*

(d) *Wooden Pole*

Gamabr 2.2 Jenis-Jenis Tower

## 2) Bagian-bagian Tower

### a). Pondasi

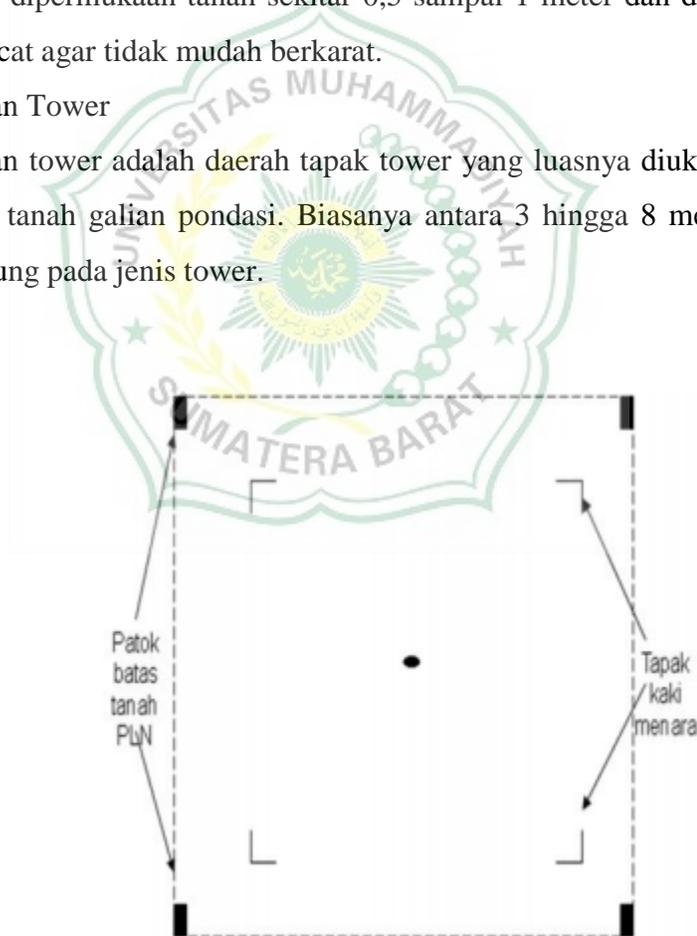
Pondasi adalah konstruksi beton bertulang untuk mengikat kaki tower (*stub*) dengan bumi. Jenis pondasi tower beragam menurut kondisi tanah tempat tapak tower berada dan beban yang ditanggung oleh tower. Pondasi tower yang menanggung beban Tarik dirancang lebih kuat/besar dari pada tower tipe suspension.

### b). *Stub*

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

### c). Halaman Tower

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



Gambar 2.3 Halaman Tower

d). *Leg*

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

e). *Common Body*

Common body adalah badan tower bagian bawah yang terhubung antara *leg* dengan badan tower bagian atas (*super structure*). Kebutuhan tinggi tower dapat dilakukan dengan pengaturan tinggi common body dengan cara penambahan atau pengurangan.

f). *Super Structure*

Super structure adalah badan tower bagian atas yang terhubung dengan *common body* dan *cross arm* kawat fasa maupun kawat petir. Pada tower jenis delta tidak dikenal istilah super structure namun digantikan dengan “K” *frame* dan *bridge*.

g). *Cross Arm*

*Cross arm* adalah bagian tower yang berfungsi untuk tempat menggantungkan atau mengaitkan isolator kawat fasa serta *clamp* kawat petir. Pada umumnya cross arm berbentuk segitiga kecuali tower jeni tension yang mempunyai sudut belokan besar berbentuk segi empat.

h). *K.frame*

*K.frame* adalah bagian tower yang terhubung antara common body dengan bridge maupun *cross arm*. *K.frame* terdiri atas sisi kiri dan kanan yang simetri. *K.frame* tidak dikenal di tower jenis pyramid.

i). *Bridge*

Bridge adalah penghubung antara *cross arm* kiri dan cross arm tengah. Pada tengah-tengah bridge terdapat kawat penghantar fasa tengah. *Bridge* tidak dikenal di tower jenis *pyramida*.

j). Rambu Tanda

Rambu tanda bahaya berfungsi untuk memberi peringatan bahwa instalasi SUTT mempunyai resiko bahaya. Rambu ini bergambar petir dan tulisan

“AWAS BERBAHAYA TEGANGAN TINGGI”. Rambu ini dipasang di kaki tower lebih kurang 5 meter diatas tanah sebanyak dua buah disisi yang menghadap tower nomor kecil dan sisi yang menghadap nomor besar.

k). Rambu identifikasi tower dan penghantar/jalur

Rambu identifikasi tower dan penghantar/jalur berfungsi untuk memberitahukan identitas tower nomor tower, dan urutan fasa penghantar/jalur. Rambu ini dipasang di kaki tower lebih kurang 5 meter diatas tanah sebanyak dua buah disisi yang menghadap tower nomor kecil dan sisi yang menghadap nomor besar dan bersebelahan dengan Rambu tanda bahaya.

l). (ACD) *Anti Climbing Device*

ACD disebut juga penghalang panjat berfungsi untuk menghalangi orang yang tidak berkepentingan untuk naik tower. ACD dibuat runcing berjarak 10 cm dengan yang lainnya dan dipasang di setiap kaki tower dibawa Rambu tanda bahaya.

m). *Step bolt*

*Step bolt* adalah baut yang dipasang dari atas ACD ke sepanjang badan tower hingga super structure dan arm kawat petir. Berfungsi untuk pijakan petugas sewaktu naik maupun turun dari tower.

3) Konduktor

Konduktor adalah media untuk tempat mengalirkan arus listrik dari Pembangkit ke Gardu induk atau dari GI ke GI lainnya, yang terentang lewat tower-tower. Konduktor pada tower tension dipegang oleh tension clamp, sedangkan pada tower suspension dipegang oleh *suspension clamp*. Dibelakang clamp tersebut dipasang rencengan isolator yang terhubung ke tower.

a). Bahan konduktor

Bahan konduktor yang dipergunakan untuk saluran energi listrik perlu memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

- 1) Konduktivitas tinggi
- 2) Kekuatan tarik mekanikal tinggi

- 3) Titik berat
- 4) Biaya rendah
- 5) Tidak mudah patah

Konduktor jenis Tembaga (BC : *Bare copper*) merupakan penghantar yang baik karena memiliki konduktivitas tinggi dan kekuatan mekanikalnya cukup baik. Namun karena harganya mahal maka konduktor jenis tembaga rawan pencurian. Aluminium harganya lebih rendah dan lebih ringan namun konduktivitas dan kekuatan mekanikalnya lebih rendah dibanding tembaga. Pada umumnya SUTT menggunakan ACSR (*Aluminium Conductor Steel Reinforced*). Bagian dalam kawat berupa steel yang mempunyai kuat mekanik tinggi, sedangkan bagian luarnya mempunyai konduktivitas tinggi. Karena sifat electron lebih menyukai bagian luar kawat daripada bagian sebelah dalam kawat maka ACSR cocok dipakai pada SUTT. Untuk daerah yang udaranya mengandung kadar belerang tinggi dipakai jenis ACSR/AS, yaitu kawat steelnya dilapisi dengan aluminium.

Pada saluran transmisi yang perlu dinaikkan kapasitas penyalurannya namun SUTT tersebut berada didaerah yang rawan longsor, maka dipasang konduktor jenis TACSR (*Thermal Aluminium Conductor Steel Reinforced*) yang mempunyai kapasitas besar tetapi berat kawat tidak mengalami 22 perubahan yang banyak. Konduktor pada SUTT merupakan kawat berkas (*stranded*) atau serabut yang dipilin, agar mempunyai kapasitas yang lebih besar dibanding kawat pejal.

b). Urutan Fasa

Pada sistem arus putar, keluaran dari generator berupa tiga fasa, setiap fasa mempunyai sudut pergerseran fasa  $120^\circ$ . Pada SUTT dikenal fasa R; S dan T yang urutan fasanya selalu R di atas, S di tengah dan T di bawah.

c). Penampang dan jumlah Konduktor

Penampang dan jumlah konduktor disesuaikan dengan kapasitas daya yang akan disalurkan, sedangkan jarak antar kawat fasa maupun kawat berkas disesuaikan dengan tegangan operasinya. Jika kawat terlalu kecil maka kawat akan panas dan rugi transmisi akan besar.

d). Jarak kawat antar fasa SUTT

Jarak kawat antar fasa SUTT 150 kV adalah 6 meter Hal ini karena menghindari terjadinya efek ayunan yang dapat menimbulkan *flash over* antar fasa.

e). Perlengkapan atau fitting kawat penghantar

Perlengkapan atau fitting kawat penghantar adalah: *Spacer, vibration damper*. Untuk keperluan perbaikan dipasang repair sleeve maupun armor rod. Sambungan kawat disebut mid span joint.

1) *Repair Sleeve*

*Repair Sleeve* adalah selongsong aluminium yang terbelah menjadi dua bagian dan dapat ditangkapkan pada kawat penghantar, berfungsi untuk memperbaiki konduktifitas kawat yang rantas. Cara pemasangannya dipress dengan hydraulic tekanan tinggi.

2) Bola pengaman

Bola pengaman adalah rambu peringatan terhadap lalu lintas udara, berfungsi untuk memberitanda kepada pilot pesawat terbang bahwa terdapat kawat transmisi. Bola pengaman dipasang pada *ground wire* pada setiap jarak 50m hingga 75 meter sekitar lapangan/bandar udara.

3) Lampu Aviasi

Lampu aviasi adalah rambu peringatan berupa lampu terhadap lalu lintas udara, berfungsi untuk memberi tanda kepada pilot pesawat terbang bahwa terdapat kawat transmisi.

4) *Tension Clamp*

*Tension clamp* adalah alat untuk memegang ujung kawat penghantar, berfungsi untuk menahan tarikan kawat di tower tension. Pemasangan tension clamp harus benar-benar sempurna agar kawat penghantar tidak terlepas. Sisi lain dari tension clamp dihubungkan dengan perlengkapan isolator. agar tidak terjadi pemanasan yang akhirnya dapat memutuskan hubungan kawat jumper. Pada tower tension dibutuhkan kawat penghubung antara kedua ujung kawat penghantar di kedua sisi cross arm, kawat ini disebut jumper

5) *Suspension Clamp*

*Suspension clamp* adalah alat yang dipasangkan pada kawat penghantar ke perlengkapan isolator gantung, berfungsi untuk memegang kawat penghantar pada tower suspension. Kawat penghantar sebelum dipasang suspension clamp pada harus dilapisi armor rod agar mengurangi kelelahan bahan pada kawat akibat dari adanya vibrasi atau getaran pada kawat penghantar. Pada kondisi tertentu yaitu letak tower yang terlalu rendah dibanding tower-tower sebelahnya maka dipasang pemberat atau *counter weight* agar rencengan isolator tidak tertarik ke atas.

6) Damper atau vibration damper

Damper atau vibration damper adalah alat yang dipasang pada kawat penghantar dekat tower, berfungsi untuk meredam getaran agar kawat tidak mengalami kelelahan bahan. Bentuk damper menyerupai dua buah bandul yang dapat membuang getaran kawat.

7) *Armor rod*

*Armor rod* adalah alat berupa sejumlah urat kawat yang dipilin, berfungsi untuk melindungi kawat dari kelelahan bahan maupun akibat adanya kerusakan. Bahan *armor rod* adalah aluminium keras, sehingga dapat menjepit kawat dengan erat.

8) Perlengkapan/*fitting isolator*

Berfungsi untuk menghubungkan rencengan isolator dengan arm tower maupun kawat penghantar, diantaranya: *U bolt; shackle; ball eye; ball clevis; socket eye; socket clevis; link; extension link; double clevis*, dan lain sebagainya, Bahan terbuat dari baja digalvanis dan mempunyai kuat mekanik sesuai beban yang ditanggungnya.

4) Kawat Tanah

Kawat Tanah atau *Earth wire* (kawat petir / kawat tanah) adalah media untuk melindungi kawat fasa dari sambaran petir. Kawat ini dipasang di atas kawat fasa dengan sudut perlindungan yang sekecil mungkin, karena dianggap petir menyambar dari atas kawat. Namun jika petir menyambar dari samping maka dapat

mengakibatkan kawat fasa tersambar dan dapat mengakibatkan terjadinya gangguan. Kawat pada tower tension dipegang oleh tension clamp, sedangkan pada tower suspension dipegang oleh suspension clamp. Pada tension clamp dipasang kawat jumper yang menghubungkannya pada tower agar arus petir dapat dibuang ke tanah lewat tower. Untuk keperluan perbaikan mutu pentanahan maka dari kawat jumper ini ditambahkan kawat lagi menuju ke tanah yang kemudian dihubungkan dengan kawat pentanahan.

#### 5) Isolator

Isolator adalah media penyekat antara bagian yang bertegangan dengan bagian yang tidak bertegangan. Fungsi isolator pada SUTT adalah untuk mengisolir bagian yang bertegangan dengan bagian yang tidak bertegangan/ *ground*, baik saat normal *continous operation* dan saat terjadi surja (termasuk petir) di dalam saluran transmisi. Pada umumnya isolator terbuat dari porselen atau keramik. Sesuai fungsinya, isolator yang baik harus memenuhi sifat:

##### a) Karakteristik Elektrik

Insulator mempunyai ketahanan tegangan impuls petir pengenal dan tegangan kerja, tegangan tembus minimum sesuai tegangan kerja dan merupakan bahan isolasi yang diapit oleh logam sehingga merupakan kapasitor. Kapasitansinya diperbesar oleh polutan maupun kelembaban udara di permukaannya. Apabila nilai isolasi menurun akibat dari polutan maupun kerusakan pada insulator, maka akan terjadi kegagalan isolasi yang akhirnya dapat menimbulkan gangguan.

##### b) Karakteristik Mekanik

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

### 2.3 Pengaman Dari Gangguan Petir

SUTT/ SUTET merupakan instalasi penting yang menjadi target mudah (easy target) bagi sambaran petir karena strukturnya yang tinggi dan berada pada lokasi yang terbuka. Sambaran petir pada SUTT/ SUTET merupakan suntikan muatan listrik. Suntikan muatan ini menimbulkan kenaikan tegangan pada SUTT / SUTET, sehingga pada SUTT/ SUTET timbul tegangan lebih berbentuk gelombang impuls dan merambat ke ujung-ujung SUTT/ SUTET. Tegangan lebih akibat sambaran petir sering disebut surja petir. Jika tegangan lebih surja petir tiba di GI, maka tegangan lebih tersebut akan merusak isolasi peralatan GI. Oleh karena itu, perlu dibuat alat pelindung agar tegangan surja yang tiba di GI tidak melebihi kekuatan isolasi peralatan GI. Komponen-komponen yang termasuk dalam fungsi proteksi petir adalah semua komponen pada SUTT/ SUTET yang berfungsi dalam melindungi saluran transmisi dari sambaran petir, yang terdiri dari:

A) Kawat *Ground Steel Wire* (GSW)

Kawat GSW 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



Gambar 2.4 Gambar kawat GSW

Pada gambar kawat GSW tersebut diketahui bahwa kawat tersebut 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*.

#### B) Isolator Porselen

Penggunaan porselin sebagai isolator adalah luas sekali baik sebagai isolator penyangga maupun sebagai isolator tarik, untuk itu penggunaan porselin sebagai isolator harus diperhatikan kemampuan mekanisnya dan kemampuan elektrisnya. Penggunaan isolator pada tegangan tinggi, yang juga harus menjadikan pertimbangan adalah tegangan pelepasan (*discharge-voltage*). Tegangan pelepasan adalah tegangan yang dikenakan pada isolator yang menyebabkan mengalirnya arus listrik melalui permukaan di antara elektroda-elektroda. Banyak isolator gantung atau isolator tarik tergantung besarnya tegangan yang diisolasi. Contoh: untuk tegangan 110 kV diperlukan 10 hingga 12 keping isolator, sedangkan untuk 400 kV terdiri 20 hingga 24 isolator. Hubungan atau korelasi antara besarnya tegangan kerja dengan banyaknya isolator harus sangat di perhatikan.



Gambar 2.5 Isolator Porselen

Kelebihan dan kekurangan Isolator porselen:

a) Beberapa kelebihan isolator porselin/keramik antara lain:

- 1) Mempunyai kekuatan mekanik yang baik merupakan ciri alami bahwa bahan keramik mempunyai sifat mekanik yang kuat, sehingga pada pemakaian isolator porselin sebagai terminal kabel, *bushing*, dan *arrester* surja tidak memerlukan material lain untuk menyokongnya Suatu dielektrik porselen dengan tebal 1,5 mm memiliki kekuatan dielektrik sebesar 22-28 kVrms/mm
- 2) Harganya relatif murah, penyusun porselin seperti *clay*, *feldspar* dan *quartz* harganya relatif murah dan persediaannya berlimpah.
- 3) Tahan lama, proses pembuatan porselin yang terdiri dari beberapa proses seperti pencetak dan pembakaran dalam mengurangi kadar air menyebabkan porselin mempunyai sifat awet.

b) Beberapa kekurangan isolator porselin/keramik antara lain:

- 1) Mudah pecah, isolator porselin rentan pecah pada saat dibawa maupun saat instalasi vandalisme merupakan faktor utama yang menyebabkan isolator pecah.
- 2) Mudah terpolusi, permukaan porselin bersifat hidrofilik, yang berarti bahwa permukaan porselin mudah untuk menangkap air, sehingga pada kondisi lingkungan yang berpolusi mudah untuk terbentuk lapisan konduktif di permukaannya. Hal ini yang dapat menyebabkan kegagalan isolasi yaitu flashover.
- 3) Berat, salah satu sifat dari keramik adalah mempunyai massa yang berat. Oleh karenanya, pada isolator porselin berukuran besar dan berat biasanya mahal karena biaya yang dikeluarkan untuk pengiriman dan instalasi

C) Konduktor AAACS (*All Aluminium Alloy Conductor Shielded*)

Kawat tanah atau ground wires disebut juga sebagai kabel pelindung atau *wires shield* yang berguna untuk melindungi kawat penghantar atau kawat fasa terhadap sambaran petir. Sehingga kawat tanah tersebut dipasang di atas kawat fasa.

Sebagai kawat tanah umumnya di pakai kawat kabel AAACS dengan ukuran 70mm Kabel AAACS 70mm adalah jenis kabel yang berbahan aluminium dengan pembungkus lapisan PVC, Kabel tersebut pada umumnya di gunakan sebagai kabel penangkal petir, jaringan listrik dan lain sebagainya pengganti kabel tembaga, 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.

Disamping harganya terjangkau juga dapat mengurangi resiko dari pencurian.. Berikut tabel dengan standart bahan AAACS dan luas penampang dengan KHA kabel.

Tabel 2.1 Standar mutu bahan konduktor AAACS

No.	Sifat	Syarat
1.	Tahanan jenis arus searah pada suhu 20°C (maksimum)	0,0328 ohm,mm <sup>2</sup> /m
2.	Berat jenis pada suhu 20°C	2,70 kg/dm <sup>3</sup>
3.	Koefisien muai panjang	23 x 10 <sup>-6</sup> / °C
4.	Kemurnian aluminium campuran (magnesium/silicon)	Minimum 97,28%
	Magnesium	± 0.5%
	Silicon	± 0.5%

Tabel 2.2 Daftar Luas penampang dan KHA konduktor AAAC

Tipe Kabel	Luas Penampang (mm <sup>2</sup> )	KHA (Ampere)
AAACS	16	105
	25	135
	35	170
	50	210
	70	255
	95	320
	120	365
	150	425
	185	490
	240	585
	300	670
	400	810
	500	930

#### D) ROD Pentanahan (Grounding)

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..



Gambar 2.6 ELektroda Pentahan (Grounding)

Jenis-jenis pentanahan tower pada SUTT:

- 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.

E) Counter IGWS/SKY COUNTER

Counter IGWS berguna untuk menghitung banyaknya jumlah sambaran pada menara tower yang telah terpasang IGWS. Mekanisme kerja alat ini adalah dengan menggunakan power dari induksi sambaran petir yang melewati pada down conductor sehingga kumparan dalam lightning counter dapat bergerak dengan indikator angka, menggunakan teknologi analog yang dapat merekam sambaran petir hingga 6 digit angka dalam alat ini.



Gambar 2.7 SKY COUNTER IGWS

Fitur *Sky Counter* CCF 2004 :

- 1) Weatherproof (bisa diaplikasikan pada luar ruangan)
- 2) Tidak membutuhkan daya tambahan
- 3) Umur pemakaian yang lama
- 4) Akurasi yang tinggi pada perhitungan sambaran
- 5) Rentang pengukuran arus petir yang lebar
- 6) Mudah dalam pemasangan
- 7) Kompatibel untuk semua jenis penangkal petir
- 8) Merekam lonjakan atau peristiwa petir dari ambang batas pemicu 500A

F) Penyebab Isolator IGWS *Flash Over*

a. Nilai Resistansi Pentanahan

Pentanahan merupakan salah satu faktor kunci dalam usaha pengamanan (perlindungan) sistem tenaga listrik. Tingginya nilai resistansi pentanahan mengakibatkan tegangan surja tidak dapat di bumikan dengan baik. Agar sistem pentanahan dapat bekerja dengan efektif, sistem pentanahan harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- 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 surja hubung (surge current).
- 3) Menggunakan bahan tahan korosi terhadap berbagai kondisi kimiawi tanah, untuk menyakinkan kontinuitas penampilannya sepanjang umur peralatan yang dilindungi.
- 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.

b. Tahanan Jenis Tanah

Faktor paling dominan mempengaruhi tahanan sistem pentanahan adalah tahanan jenis tanah dimana elektroda pentanahan ditanam. Harga tahanan resistansi pada kedalaman yang terbatas tergantung jenis tanah. Berikut table tahanan jenis tanah.

Tabel 2.3 Tahanan Jenis Tanah

<b>NO.</b>	<b>Jenis Tanah</b>	<b>Tahanan Jenis (ohm,m)</b>
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

G) Sambaran Surja Petir

Petir adalah suatu fenomena alam, yang pembentukannya berasal dari terpisahnya muatan di dalam awan cumulonimbus (yang terbentuk akibat adanya pergerakan udara keatas akibat panas dari permukaan laut serta adanya udara yang lembab).

Umumnya muatan negatif terkumpul dibagian bawah dan ini menyebabkan terinduksinya muatan positif di atas permukaan tanah, sehingga membentuk medan listrik antara awan dan tanah. Jika muatan listrik cukup besar dan kuat medan listrik di udara dilampaui, maka terjadi pelepasan muatan berupa petir atau terjadi sambaran petir yang bergerak dengan kecepatan cahaya dengan efek merusak yang sangat dahsyat karena kekuatannya. Indonesia terletak didaerah katulistiwa yang panas dan lembab, mengakibatkan sambaran yang sangat tinggi dibanding daerah lainnya (100-200 hari pertahun). Statistik menunjukan bahwa besaran arus Petir umumnya berkisar antara 30-80KA (pernah pula terdeteksi sampai 300KA) dengan kecepatan 150.000 km/detik. Semakin besar arus petir pada gilirannya akan menyebabkan kenaikan tegangan yang semakin besar. Pada awan dengan ketinggian 1-2 km di atas tanah, dapat mengakibatkan tegangan sebesar 10MV (10.000.000Volt).

## **2.4 Teori Petir**

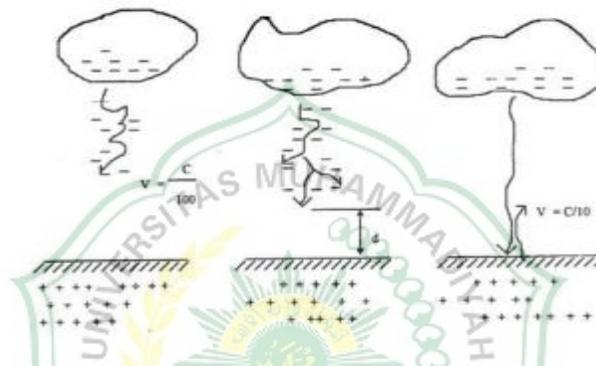
### **A. Teori Tentang Petir**

Petir adalah kejadian pelepasan/transfer muatan listrik yang terjadi antara awan yang berbedamuatan maupun antara awan dengan bumi. Arus puncak dari petir tersebut adalah puluhan hingga ratusan KA dan suhu nya mencapai 50.000 drajat F. adapun parameter dari petir tersebut adalah sebagai berikut:

- a) Arus puncak(KA) yaitu tegangan resistif pada konduktor yang dilalui arus petri.
- b) Energy yang dilepaskan pada titik sambaran dalam bentuk api.
- c) Kecuraman petir( $di/dt$ ) jatuh tegangan induktif pada konduktor yang dilalui arus petir.

Petir terjadi karena ada perbedaaan potensial antara awan dan bumi. Proses pemisahan muatan pada awan karena dia bergerak secara terus menerus secara teratur, dan selama pergerakannya dia kan berinteraksi dengan awan lainnya, sehingga muatan negatif akan berkumpul pada saat satu sisi (atas atau bawah).sedangkan muatan positif akan berkumpul pada posisi sebaliknya.

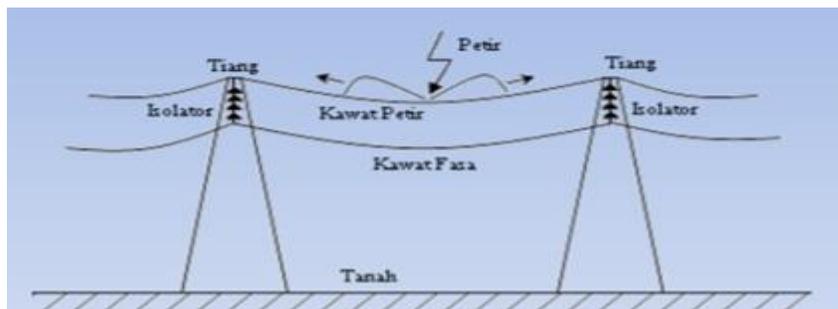
Jika perbedaan potensial antar awan dan bumi cukup besar maka akan terjadi pembuangan muatan negative (electron) dari awan ke bumi atau sebaliknya untuk mencapai kesetimbangan. Pada proses pembuangan muatan ini, media yang dilalui elektron adalah udara. Pada saat elektron mampu menembus ambang batas isolasi udara inilah yang menyebabkan suara. Petir sering terjadi pada musim hujan karena pada saat itu udara mengandung kadar air yang lebih tinggi sehingga daya isolasinya turun dan arus lebih mudah mengalir. Karena ada awan bermuatan negative dan positif, maka petir juga bisa terjadi antar awan yang berbeda muatan.



Gambar 2.8 Pelepasan Muatan Listrik

Adapun sambaran petir terbagi dua macam, diantaranya adalah:

1. Sambaran langsung yaitu sambaran yang mengenai struktur saluran seperti kawat tanah, kawat fasa atau tower.
2. Sambaran tidak langsung yaitu sambaran di dekat saluran yang menginduksikan tegangan lebih pada saluran tersebut.



Gambar 2.9 Gangguan petir pada Saluran Transmisi

Pada saat terjadinya petir pada sebuah saluran transmisi maka terjadi kenaikan tegangan pada jaringan dan tegangan lebih pada saat terjadi surja petir. Tegangan lebih adalah tegangan yang dapat di tahan untuk waktu yang terbatas. Adapun tegangan lebih menurut sumber nya ditimbulkan oleh:

1. Tegangan lebih petir (*lightning over voltage*) pada peralatan listrik baik sambaran langsung maupun sambaran tidak langsung, maupun secara induksi.
2. Tegangan lebih surja hubung (*switching over voltage*) baik akibat operasi penutupan maupun operasi pembukaan PMS.
3. Tegangan lebih sementara (*temporary over voltage*) disebabkan gangguan pada saluran transmisi.

#### B. Flashover

*Flashover* adalah fenomena pelepasan muatan bersifat merusak yang melintasi seluruh bagian permukaan isolator. Pelepasan muatan ini disebabkan pembebanan medan listrik pada permukaan isolator yang melebihi harga ketahanan elektriknya. Penyebab terjadinya *flashover* adalah pengotoran permukaan isolator, hujan asam, surja hubung dan surja petir. Tegangan lewat denyar atau flashover ini berupa fenomena loncatan api yang terjadi antara isolator atau komponen listrik tegangan tinggi. Hal ini dapat terjadi akibat gagalnya isolasi sistem tegangan tinggi tersebut.

Kegagalan lewat denyar (*flashover*) berawal dari terbentuknya pita kering (*dry band*). Terbentuknya lapisan konduktif di permukaan isolator diakibatkan oleh adanya polutan yang menempel. Lapisan yang terbentuk di permukaan isolator ini menyebabkan mengalirnya arus bocor (*leakage current*).

Dengan mengalirnya arus bocor, terjadi pemanasan di lapisan tersebut. Lapisan ini dapat membentuk pita kering (*dry band*) akibat dialiri arus bocor secara terus menerus. Pada tegangan tertentu, kondisi ini dapat menyebabkan pelepasan muatan melintasi pita kering. Pelepasan muatan dapat memanjang sehingga terbentuk busur listrik (*arc*) dan terjadi lewat denyar (*flashover*) yang melalui seluruh permukaan isolator. Mekanisme terjadinya lewat denyar (*flashover*)



Gambar 2.10 Isolator *flash*

### C. *Back flashover*

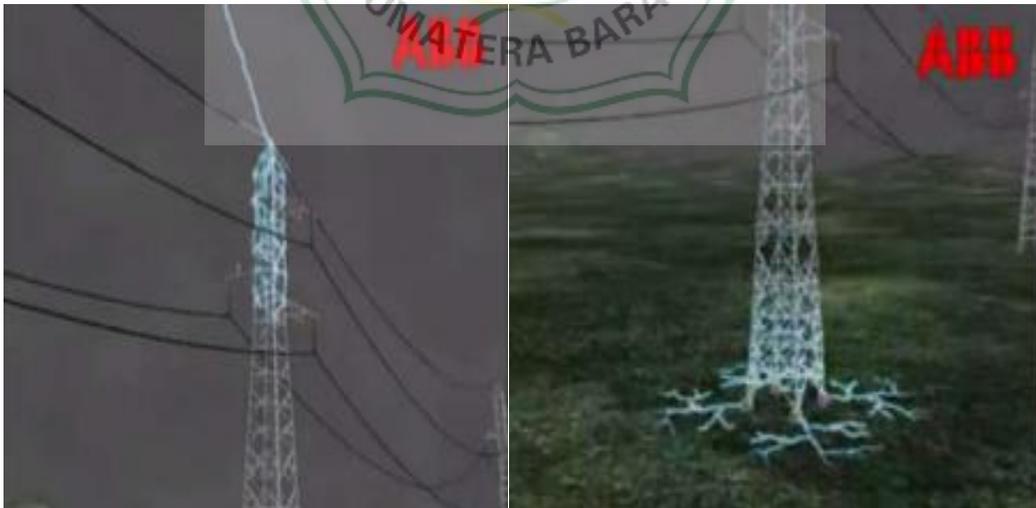
*Back flashover* terjadi akibat sambaran petir yang menyambar kawat perisai yang berada dibagian atas tower transmisi, tegangan yang besar itu mengalir ke bawah menara melalui kawat tanah ke grounding. Apabila grounding melebihi batas nilai standar yang di tetapkan maka flashover akan muncul dan menyebabkan gangguan pada saluran transmisi. Untuk itu pada gardu atau tower transmisi dilengkapi oleh kawat tanah / finial dan sistem pentanahan yang baik.

Bentuk terminal adalah batang tegak yang dikenal dengan *franklin rod* atau batang mendatar/kawat tanah. Keduanya dipasang sedemikian rupa agar sambaran petir mengenainya dan bukan peralatan yang harus dilindunginya, untuk kemudian disalurkan ke tanah melalui *down conductor*. *Down conductor* adalah saluran arus petir ke tanah. Biasanya penghantar turun ini mengikuti konstruksi tower atau busbar yang ada pada gardu yang. Ada juga yang menggunakan konduktor lain baik *bare conductor* atau kabel untuk keamanan dan mengurangi tegangan jatuh pada konduktor tersebut. Pada perhitungan unjuk kinerja terhadap petir (*lighting performance*) sebuah saluran udara tegangan tinggi, jumlah dan posisi kawat tanah sangat berpengaruh pada laju lewat denyar kegagalan perlindungan (*shielding failure flashover rate*) dan memberikan kontribusi pada laju lewat denyar balik (*back flashover rate*).

Apabila keadaan grounding melebihi batas nilai standar yang di tetapkan yaitu kurang dari  $10 \Omega$  maka flashover akan muncul, peristiwa ini disebut back flashover. Jika peristiwa ini terjadi akan mengakibatkan gangguan pada sistem transmisi antara lain sebagai berikut:

- a. Gangguan Beban Lebih
- b. Gangguan Hubung Singkat (Short Circuit)
- c. Gangguan Tegangan Lebih
- d. Gangguan kurangnya daya
- e. Gangguan ketidakstabilan (instability).

Untuk pencegahan *Back Flashover* dapat dilakukan dengan cara perawatan rutin. Kerusakan yang terjadi akibat sambungan pada baut-baut yang kendur dan bagian elektroda yang sudah korosi. Untuk mempertahankan kondisi optimal kinerja system grounding, tahanan grounding menara diukur dengan baik, apabila tahanan tower bernilai tinggi akan masuk dalam daftar perbaikan. Solusi untuk pentanahan grounding yang masih tinggi dapat di perkecil dengan cara memperdalam batang pentanahan atau menambah jumlah batang pentanahan agar memenuhi standar resistansi pentanahan sebesar  $\leq 5 \Omega$ .



Gambar 2.12 Sambaran Langsung dan Arus Ganguan di Tanahkan



Gambar 2.11 Terjadinya *Back Flashover* dan Gangguan

#### D. PMT/CB (*Circuit Breaker*)

*Circuit Breaker* atau Sakelar Pemutus Tenaga (PMT) adalah suatu peralatan pemutus rangkaian listrik pada suatu sistem tenaga listrik, yang mampu untuk membuka dan menutup rangkaian listrik pada semua kondisi, termasuk arus hubung singkat, sesuai dengan ratingnya.

Syarat-syarat yang harus dipenuhi oleh suatu PMT agar dapat melakukan hal-hal diatas, adalah sebagai berikut :

1. Mampu menyalurkan arus maksimum secara terus menerus.
2. Mampu memutuskan dan menutup jaringan dalam keadaan berbeban maupun terhubung singkat tanpa menimbulkan kerusakan.
3. Dapat memutuskan arus hubung singkat dengan kecepatan tinggi agar hubung singkat merusak peralatan system, membuat system kehilangan kestabilan , dan merusak pemutus tenaga itu sendiri.

Setiap PMT di rancang sesuai dengan tugas yang akan dipikulnya, ada beberapa hal yang harus di pertimbangkan dalam merancang suatu PMT, yaitu:

1. Tegangan efektif tertinggi dan frekuensi daya jaringan dimana pemutus daya itu akan dipasang. Nilainya tergantung pada jenis pentanahan titik netral sistem.

2. Arus maksimum kontinyu yang akan dialirkan melalui pemutus daya. Nilai arus ini tergantung pada arus maksimum sumber daya atau arus nominal beban dimana pemutus daya tersebut terpasang.
3. . Arus hubung singkat maksimum yang akan diputuskan pemutus daya tersebut.
4. . Lamanya maksimum arus hubung singkat yang boleh berlangsung. hal ini berhubungan dengan waktu pembukaan kontak yang dibutuhkan.
5. . Jarak bebas antara bagian yang bertegangan tinggi dengan objek lain disekitarnya.
6. Jarak rambat arus bocor pada isolatornya.
7. Kekuatan dielektrik media isolator sela kontak.
8. Iklim dan ketinggian lokasi penempatan pemutus daya.

PMT di seting dengan proteksi yang handal agar dapat mengamankan system agar tidak terganggu, terutama terjadinya arus lebih atau sambaran petir di saluran transmisi. Untuk mengatasi arus lebih tersebut digunakan lah relay arus lebih atau disebut juga dengan relay OCR (*Over Current Relay* ). Relay arus lebih adalah relay yang bekerja terhadap arus lebih, ia akan bekerja bila arus yang mengalir melebihi nilai settingnya ( $I_{set}$ ). Prinsip kerja OCR pada dasarnya adalah suatu alat yang mendeteksi besaran arus yang melalui suatu jaringan dengan bantuan trafo arus.

Tenaga listrik pada saat dalam keadaan gangguan hubung singkat, dimana nantinya akan diperoleh besar nilai besaran-besaran listrik yang dihasilkan sebagai akibat gangguan hubung singkat tersebut. Gangguan hubung singkat dapat didefinisikan sebagai gangguan yang terjadi akibat adanya penurunan kekuatan dasar isolasi (*basic insulation strength*) antara sesama kawat fasa, atau antara kawat fasa dengan tanah, yang menyebabkan kenaikan arus secara berlebihan atau biasa juga disebut gangguan arus lebih. Perhitungan arus gangguan hubung singkat sangat penting untuk mempelajari sistem tenaga listrik baik pada waktu perencanaan maupun setelah beroperasi nantinya.

Perhitungan arus hubung singkat dibutuhkan untuk:

1. Setting dan koordinasi peralatan proteksi
2. Menentukan kapasitas alat pemutus daya
3. Menentukan rating hubung singkat peralatan-peralatan yang digunakan
4. Menganalisa sistem jika ada hal-hal yang tidak baik yang terjadi pada waktu sistem sedang beroperasi.

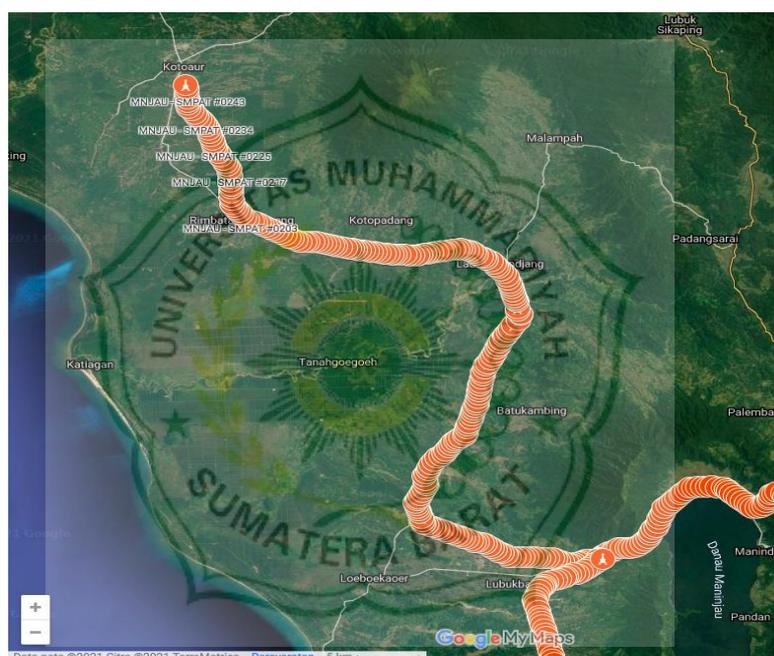


## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada asset PT PLN (Persero) ULTG Bukittinggi yakni SUTT penghantar Maninjau – Simpang Empat segment yang sering mengalami gangguan petir dan mengakibatkan pasokan energi listrik ke gardu induk Simpang Empat/Pasaman Barat sering mengalami gangguan. Jumlah towernya adalah 243 Tower dengan tipe medan tower bermacam macam ada perkebunan sawit, perbukitan dan dataran rendah.



Gambar 3.1 Peta Jalur SUTT Maninjau – Simpang Empat

#### 3.2. Data Penelitian

##### 3.2.1 Jenis dan sumber data

Data dalam penelitian ini sangat penting, karena sebagai bahan referensi bagi penulis dalam pelaksanaan analisis selanjutnya. Data-data yang dibutuhkan dalam mendukung pelaksanaan penelitian dan analisis hasil perhitungan nantinya menggunakan data yang bersumber dari data primer dan data teknis.

Untuk data primer yang merupakan data yang diperoleh langsung di lapangan didapat dari hasil pengambilan data pengukuran tahanan pentanahan

pada kaki tower dan pentanahan DGS itu sendiri. Untuk nilai tahanan didapat data sebagai berikut :

Tabel Nilai Pentanahan

No	No Tower	Nilai Pentanahan				Nilai Pentanahan DGS	Impedansi Tower	Impedansi DGS
		Leg A	Leg B	Leg C	Leg D			
1	24	2.59	2.54	2.6	2.61	<b>2.08</b>	<b>34</b>	<b>6</b>
2	33	1.44	1.45	2.82	2.3	<b>2.83</b>	<b>35</b>	<b>5</b>
3	41	2.65	2.81	2.72	2.66	<b>2.29</b>	<b>33</b>	<b>6</b>
4	65	3.6	3.9	4.3	3.7	<b>2.94</b>	<b>28</b>	<b>5</b>
5	80	2.2	2.2	2.87	2.87	<b>2.77</b>	<b>31</b>	<b>6</b>
6	90	6.9	6.9	5.33	5.33	<b>3.15</b>	<b>26</b>	<b>6</b>
7	92	2.09	2.09	2.08	2.08	<b>1.7</b>	<b>33</b>	<b>5</b>
8	97	1.2	1.2	01.02	1.2	<b>2.81</b>	<b>27</b>	<b>6</b>
9	100	3.12	4.83	3.12	1.61	<b>1.72</b>	<b>33</b>	<b>6</b>
10	108	4.68	4.68	4.14	4.14	<b>2.54</b>	<b>29</b>	<b>6</b>
11	111	2.86	2.86	2.95	2.95	<b>2.81</b>	<b>33</b>	<b>7</b>
12	126B	9.41	9.41	9.41	9.41	<b>2.51</b>	<b>27</b>	<b>6</b>
13	129	8.91	8.74	8.89	8.92	<b>2.52</b>	<b>26</b>	<b>6</b>
14	138	2.85	2.53	2.79	2.81	<b>1.38</b>	<b>29</b>	<b>5</b>
15	144	5.24	5.0	4.96	4.48	<b>2.82</b>	<b>31</b>	<b>7</b>
16	173	6.91	6.82	6.85	6.09	<b>2.53</b>	<b>28</b>	<b>7</b>
17	186	08.09	7.78	7.2	6.22	<b>2.33</b>	<b>33</b>	<b>6</b>
18	197	9.53	9.66	9.6	9.57	<b>2.95</b>	<b>34</b>	<b>6</b>
19	239	2.12	2.11	2.09	2.15	<b>2.89</b>	<b>30</b>	<b>7</b>

Data gangguan juga perlu digunakan dalam penelitian ini karena data tersebut sebagai data acuan mutlak keberhasilan DGS. Pada saat terjadi gangguan yang disebabkan oleh petir salah satu tandanya adalah isolator flash, jadi tegangan operasi/fasa tembus mengenai ground. Berikut data gangguan petir yang pernah dari tahun 2018 – 2021 di SUTT 150 kV penghantar Maninjau – Simpang Empat didata sebagai berikut :

Tabel Kali Gangguan Transmisi

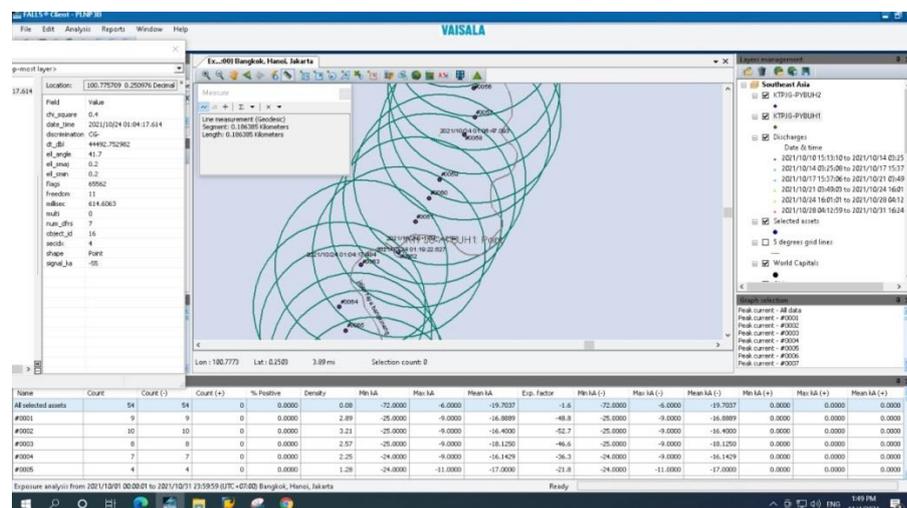
No	Tahun	Kali Gangguan	Tanggal	Jenis Gangguan
1	2018	1	18/03/2018	Reclose Sukses
2	2019	1	30/12/2019	Reclose Sukses
3	2020	2	03/04/2020, 15/11/2020	Reclose Sukses
4	2021	0	-	-

### 3.2.2 Teknik pengumpulan data

Data data yang dipakai dalam penelitian ini diperoleh dari beberapa sumber guna menunjang analisa, antara lain sebagai berikut :

- 1) Data Sambaran Petir di instalasi Tower

Menggunakan data pendekatan yang pernah terjadi diinstalasi tower dengan menggunakan aplikasi dari PLN saat terjadinya petir.



Gambar 3.2 Aplikasi melihat kekuatan petir

2) Standar yang dipakai PLN

Standar yang menjadi acuan PLN dalam mengoperasikan peralatan yang dimiliki.

Tabel 3.3 Jumlah keping isolator (Sumber SPLN 10 -1A-1996)

**Table 2— Typical line insulation**

Line-to-line voltage (kV)	Standard 146 mm disks, line-to-ground
115	7–9
138	7–10
161	10–12
230	11–14
345	15–18
500	22–28
765	30–37

Tabel 3.4 Kekuatan setiap keping isolator (Sumber SPLN 10 -1A-1996)

**Tabel 1**  
Spesifikasi nilai karakteristik dimensi, mekanis dan listrik unit isolator renteng jenis kap dan pin dengan kopling bola dan sendi

Kode pengenal	Beban gagal mekanik atau elektromekanik (kN)	Diameter nominal maksimum bagian isolasi D (mm)	Spasi nominal p (mm)	Jarak rambat nominal minimum (mm)	Kopling standar sesuai IEC 120	Tegangan ketahanan frekuensi kerja basah (kV)	Tegangan ketahanan impuls petir kering (kV)	Tegangan tembus minimum (kV)
U 70 BS	70	255	127	295	16 A	40	110	130
U 70 BL	70	255	146	295	16 A	40	110	130
U 70 BLP	70	280	146	440	16 A	45	100	130
U 120 B	120	255	146	295	16 A	40	110	130
U 120 BP	120	280	146	440	16 A	50	125	130
U 160 BS	160	280	146	315	20	45	110	130
U 160 BSP	160	330	146	440	20	55	140	130
U 160 BL	160	280	170	340	20	45	115	130
U 160 BLP	160	330	170	525	20	55	140	130
U 210 B	210	300	170	370	20	45	115	130
U 210 BP	210	330	170	525	20	55	140	130
U 300 B	300	330	195	390	24	50	130	140
U 300 BP	300	400	195	590	24	60	155	130
U 400 B	400	380	205	525	28	50	130	140
U 530 B	530	380	240	600	32	55	135	140

3) Literatur

Sumber lain dari yang dibutuhkan bisa dari rumusan teknik dasar listrik, namun dengan dilakukan diskusi dengan rekan rekan dari PLN.

## Pemasangan DGS

1. Tahap survei dimana Penyedia Barang/Jasa melakukan survei lokasi untuk persiapan mobilisasi barang, survei lokasi pemasangan DGS bagian *air termination system* (GSW, insulator gantung, ball clevis, socket clevis, shackle, parallel groove clamp dan insulator tumpu), survei lokasi pemasangan DGS bagian *down conductor* (kabel AAACS 70 mm<sup>2</sup>, insulator tumpu, besi support insulator tumpu, *Lightning Event Counter* dan pipa PVC, survei lokasi pemasangan DGS bagian *grounding/Earth termination*), pembuatan dokumen dan gambar desain, gambar kerja diserahkan sebelum pekerjaan dimulai.
2. Pekerjaan persiapan antara lain pekerjaan pembersihan lokasi, persiapan peralatan dan material kerja, pencarian titik penempatan elektroda/rod dengan mengukur nilai pentanahan sampai mendapatkan nilai pentanahan terkecil di sekitar tanah area tapak tower, penggalian tanah dengan kedalaman 1 m dan panjang saluran 8 m dari chimney tower untuk penanaman GSW 70 mm<sup>2</sup>.
3. Pekerjaan penggelaran peralatan dan material, menaikkan material dan peralatan kerja menggunakan *snactch block*, tali tambang, webbing sling, dan *tool bag* guna mobilisasi peralatan dan material.
4. Pembersihan insulator baik insulator gantung maupun insulator tumpu guna memastikan insulator tidak terdapat flash/rusak sebelum dipasang.
5. Merangkai peralatan yang akan dipasang (*sackle*, *ball clevis*, *insulator*, *socket clevis*).



**Gambar 3.3. Pemasangan Rangkaian Insulator Gantung**

6. Memastikan lokasi kerja aman.
7. Melakukan pemasangan grounding lokal pada lokasi kerja.

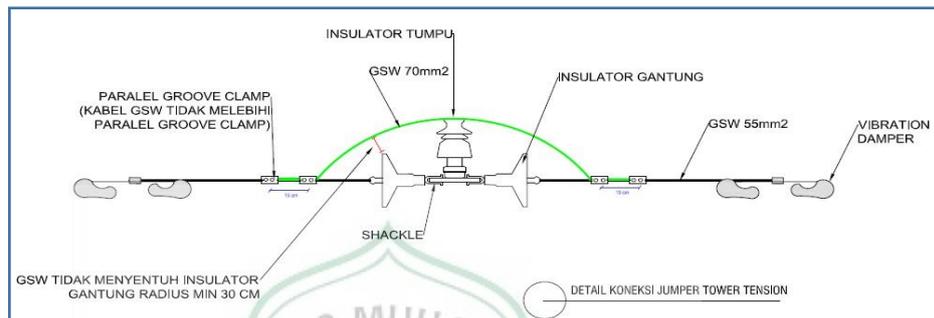


**Gambar 3.4. Pemasangan Grounding Lokal**

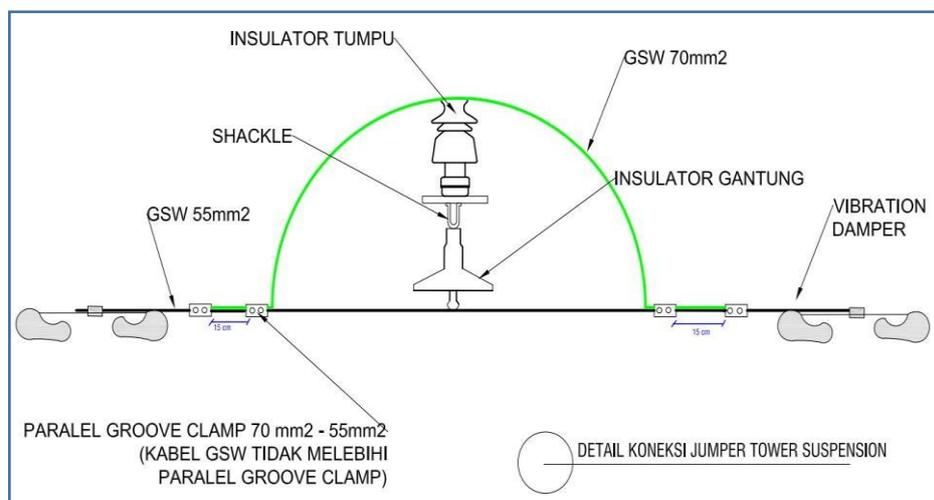
8. Melepas jumperan GSW *eksisting*.
9. Menaikkan chain hoist, camelong, rangkaian isolator dan tool bag peralatan.
10. Memasang *chain hoist* dan webbing sling di ujung travers GSW.
11. Memasang *camelong* di GSW / kawat tanah tower.
12. Memindahkan beban tarikan GSW dari tension clamp/tower ke *chain hoist*.
13. Buka *tension clamp* dari travers GSW.
14. Memasang rangkaian isolator gantung dari besi plat ujung travers sampai ke tension clamp GSW, pastikan terpasang pin di *shackle*, *ball clevis*, dan *socket clevis* agar baut tidak lepas pada saat terjadi tarikan maupun getaran. *Shackle* dapat dipasang atau tidak dipasang menyesuaikan kondisi aksesoris pada tension clamp. Jika memungkinkan *shackle* tidak dipasang untuk mengurangi jarak andongan GSW ke konduktor fasa atas.
15. Pemindahan tarikan GSW dari *chain hoist* ke insulator yang sudah terpasang.
16. Pembukaan rangkaian *webbing sling*, *camelong*, dan *chain hoist* untuk dilepas dan dipindahkan sisi clamp tensionlainnya serta proses kerja

untuk rangkaian insulator lain sama dengan poin 7 sampai 15 di atas hingga 4 titik rangkaian insulator gantungtension terpasang.

17. Pemasangan insulator tumpu di ujung travers line 1 dan 2.
18. Pemasangan GSW 70 mm<sup>2</sup> ke GSW eksisting dan insulator tumpu berbentuk melingkar sesuai gambar di bawah ini menggunakan parallel groove (2 buah per titik) serta dipastikan sambungan dikunci dengan erat / kencang.



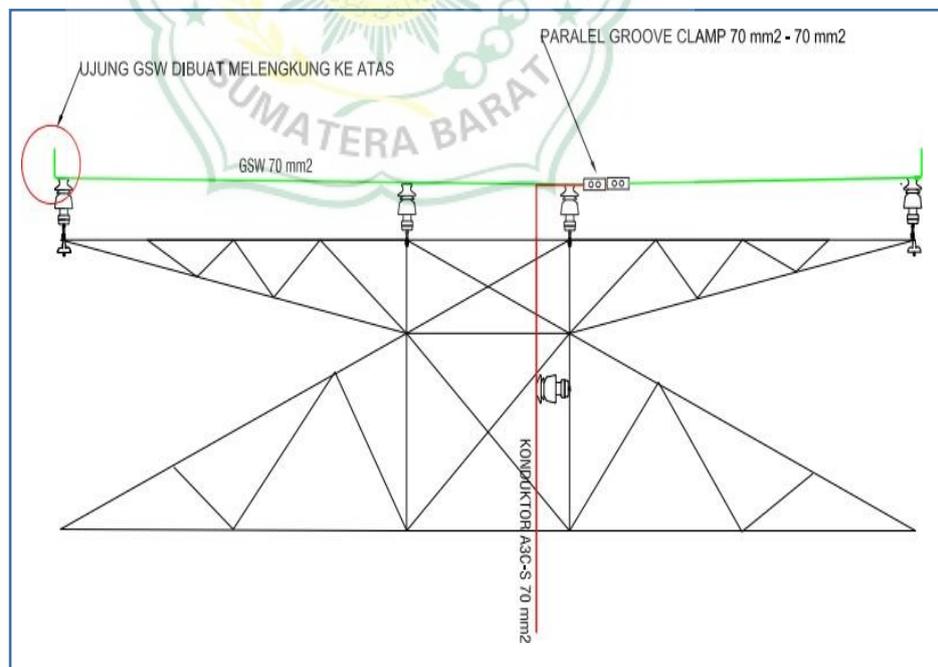
Gambar 3.5. Rangkaian *Insulator Tension*



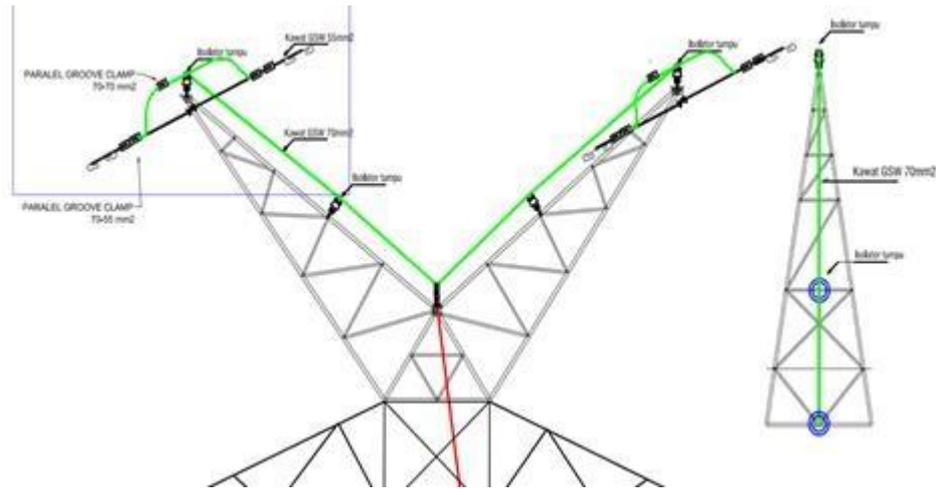


**Gambar 3.6. Rangkaian Insulator Suspension**

19. Pengukuran panjang traves GSW dari ujung line 1 ke ujung line 2 untuk ukuran panjang GSW *air termination* yang akan dipasang.
20. Pemasangan/penjumperan GSW line 1 dan GSW line 2 dengan GSW 70 mm<sup>2</sup> dan pemasangan insulator tumpesuai gambar desain di bawah ini.

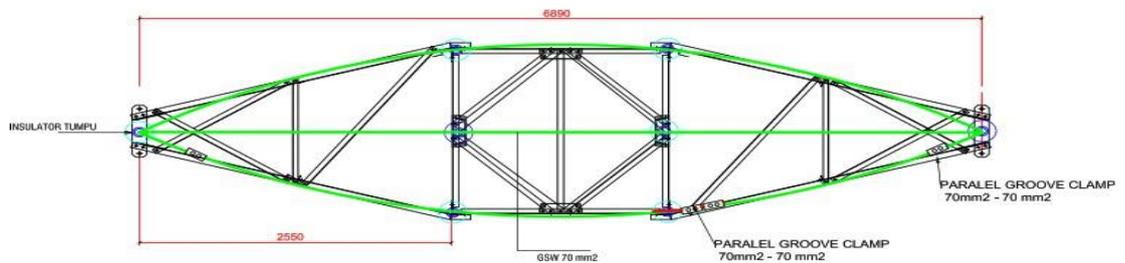


**Gambar 3.7. Air Termination System DGS Tampak Samping (150 kV)**



**Gambar 3.8. Air Termination System DGS Tampak Samping dan Atas (275 kV)**

21. Pemasangan *down conductor* kabel AAACS 70 mm<sup>2</sup> dari atas tower sampai ke grounding dan pemasangan insulator tumpu *down conductor* pada besi siku paling atas sampai ke bawah tower (sejumlah BoQ) dengan tujuan untuk mengisolasi/memisahkan kabel AAACS dari body tower.
22. Mengupas ujung kabel AAACS di atas tower sepanjang 2 buah parallel groove sehingga aluminium AAACS siap untuk disambungkan dengan GSW 70 mm<sup>2</sup> *air termination system*.
23. Penyambungan *down conductor* dengan GSW *air termination system* menggunakan parallel groove untuk GSW 70 mm<sup>2</sup> sebanyak 2 buah dan kunci dengan kuat/erat.
24. Rangkaian GSW di titik traves GSW membentuk sudut perlindungan 30°.

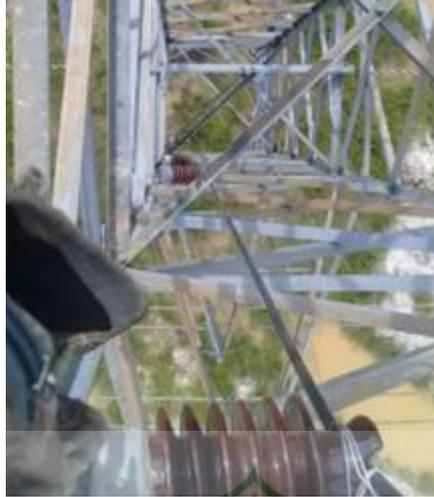


**Gambar 3.9. Sudut Perlindungan 30° GSW 150 kV**

25. Pemasangan plat clamp dari down conductor ke body tower dengan jarak 4 meter dari traves GSW sampai ke stub tower/disesuaikan dengan

kondisi lapangan.

26. Pemasangan down conductor AAACS ke isolator tumpu dengan menggunakan clamp/bendrat sesuai gambar di bawah ini.

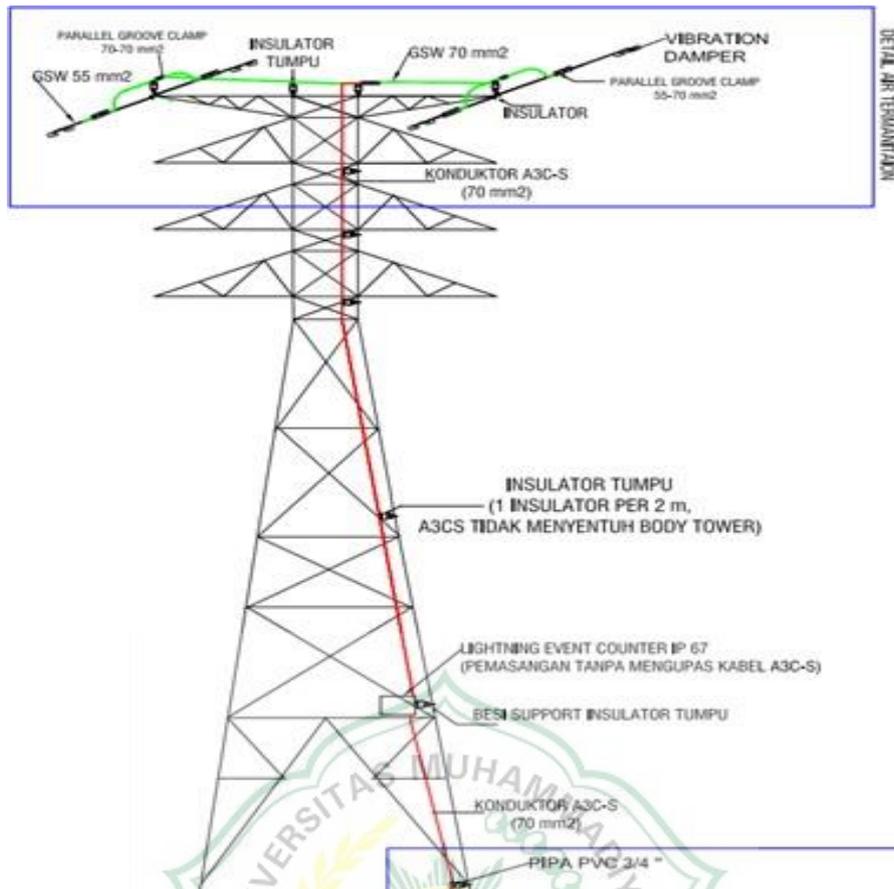


**Gambar 3.10. Pemasangan Insulator Tumpu Down Conductor**

27. Pemasangan *Lightning Event Counter* dengan memasukkan *down conductor* kabel AAACS ke lubang *counter*. Tinggi pemasangan *counter* berkisar antara 3 - 5 m dari chimney tower/di bagian ACD tower. Pemasangan *counter* tidak menyentuh body tower dan kabel AAACS tidak dikupas. Contoh pemasangan *counter* dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



**Gambar 3.11. Pemasangan Lightning Event Counter**

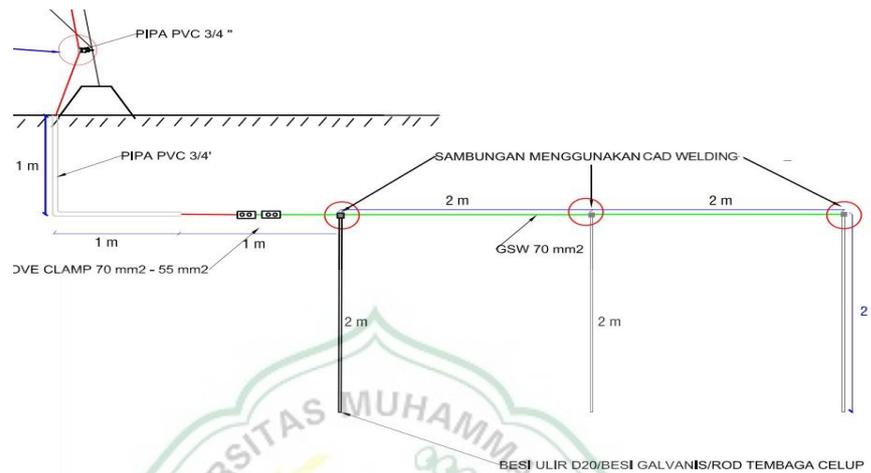


Gambar 3.12. Pemasangan *Down Conductor*

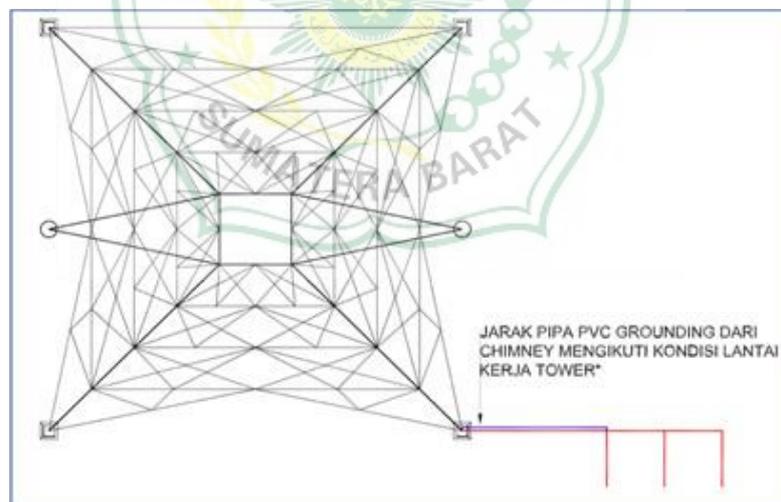
28. Pembuatan saluran *grounding* DGS dan *earth termination system* sepanjang 6 meter dengan kedalaman 1 meter ke arah luar tapak tower.
29. Penanaman elektroda/rod (besi silinder dilapis tembaga panjang min. 2 meter) sebanyak 3 buah sesuai gambar 11.
30. Membuat koneksi skun kabel AAACS pada kabel GSW ketinggian sekitar 1 meter di atas chimney (untuk mempermudah pemeliharaan pengukuran tahanan pentanahan DGS) dengan cara :
  - ✓ Memotong kabel AAACS 70 mm<sup>2</sup> pada ketinggian sekitar 1 meter di atas chimney.
  - ✓ Mengupas ujung kabel AAACS 70 mm<sup>2</sup> yang telah dipotong sesuai ukuran skun kabel AAACS 70 mm<sup>2</sup>.
  - ✓ Memasukkan pipa PVC 3/4" panjang 30 cm ke kabel AAACS 70 mm<sup>2</sup>.
  - ✓ Memasang skun/pres skun kedua ujung kabel AAACS 70 mm<sup>2</sup> dan GSW 70 mm<sup>2</sup>.
  - ✓ Memasang kedua skun/menyambungkan kedua skun dengan mur baur skun dan dikunci dengan kuat/erat.
  - ✓ Melapisi sambungan skun kabel AAACS 70 mm<sup>2</sup> dan GSW

70 mm<sup>2</sup> dengan pipa PVC 3/4" dengan bantuan bendrat.

31. Menyambungkan kawat GSW 70 mm<sup>2</sup> *earth termination system* dengan 3 titik ujung atas elektroda/rod yang sudah ditanam dengan cara *Cad welding* sehingga didapatkan nilai pentanahan yang terbaik.



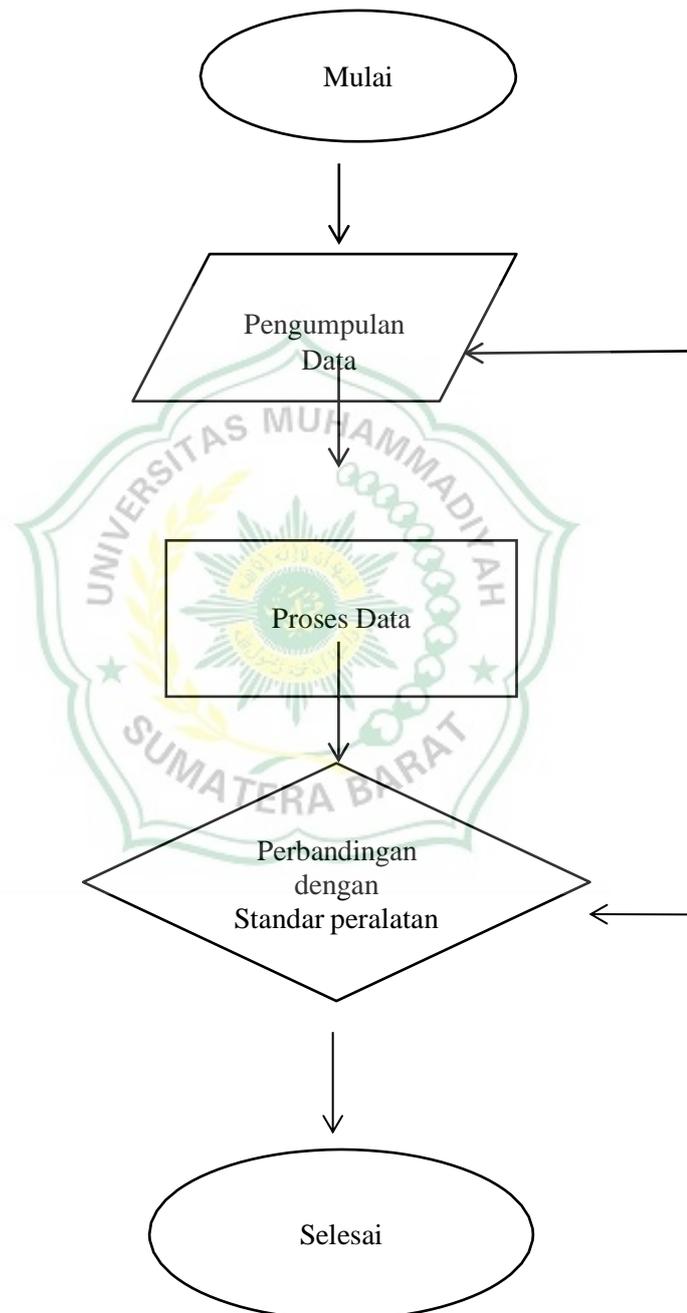
Gambar 4.12. Layout Tampak Samping Pemasangan DGS dan Rangkaian Pentanahan.



Gambar 3.14. Layout Tampak Atas *Earth Termination System* DGS

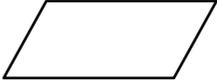
### 3.3 Metode Analisis Data

Metode yang digunakan untuk menganalisa pemasangan DGS dapat memperbaiki sistem proteksi tower terhadap petir, menggunakan langkah langkah diagram chart sebagai berikut :



Gambar 3.3 Alur Penelitian

Tabel 3.5 penjelasan flowchat

NO	GABAR	FUNGSI
1.		<p>Pada tahap ini adalah memulai kegiatan pengumpulan data</p>
2.		<p>Pengumpulan data (data sambaran petir yang terjadi pada tranmisi)</p>
3.		<p>Mengolah data yang sudah di peroleh di lapangan</p>
4.		<p>Membanding dengan standar perlatan yang sudah di atur dalam SPLN 10-1A</p>
5.		<p>Hasil dari analisa</p>

## BAB IV

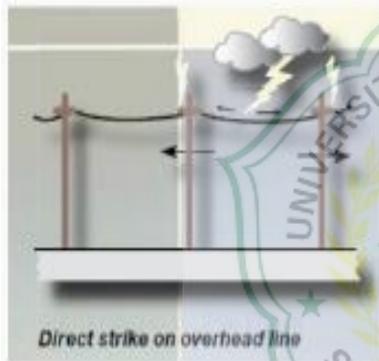
### PEMBAHASAN DAN ANALISA

#### 4.1 Pembahasan

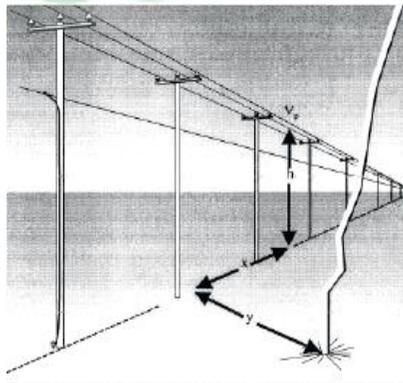
Gangguan akibat petir merupakan momok menakutkan setiap kali terjadi hujan. Tercatat ada 4 kali gangguan akibat petir yang terjadi dari tahun 2018-2020 di segmen maninjau – simpang empat.

Sambaran petir dibagi dua, yaitu sambaran langsung dan tidak langsung

- Sambaran langsung adalah sambaran yang mengenai struktur saluran seperti kawat tanah, kawat phasa atau tower



- Sambaran tidak langsung adalah sambaran ke tanah di dekat saluran yang menginduksikan tegangan lebih pada saluran tersebut



Kerusakan yang mungkin terjadi akibat petir ialah isolator pecah/flash.



## 4.2 Hasil Penelitian

Perbedaan penggunaan DGS dan tidak menggunakan DGS:

- Tanpa DGS

Pentanahan tower tanpa DGS sebenarnya bukanlah pentanahan murni dari tower itu sendiri, karena pentanahan ini terhubung dengan tower lain. Letak sambungan ini berada pada kawat pelindung surja. Kawat pelindung surja ini terhubung ke tower sehingga secara tidak langsung pentanahan ini terhubung parallel

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Sehingga apabila misalkan nilai pentanahan yang sebenarnya (independen) dari tower 1 = 6 ohm dan tower 2 = 8 ohm, maka ketika kawat GWS terhubung ke tower 1 dan 2 maka ketika kita ukur pentanahannya sekali lagi tidak akan dapat nilai yang sama dengan nilai pentanahan yang independen.

Yang kita dapat/ukur adalah nilai pentanahan parallel dari tower 1 dan tower 2. Sehingga ketika di ukur didapat nilai :

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{8}$$

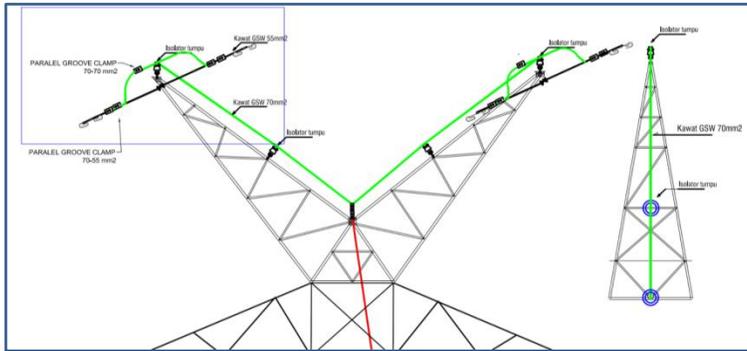
$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{6} + \frac{1}{8}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{4 + 3}{24}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{7}{24}$$

$$R_{total} = 3,42 \text{ ohm}$$

Ketika di ukur dalam kondisi terparallel maka hasilnya 3,42 ohm. Hasil ini tidak murni dari hasil pentanahan tower tersebut. Sesuai dengan SPLN cara pengukuran tower seharusnya secara independent (tidak terparallel dengan tower lain).



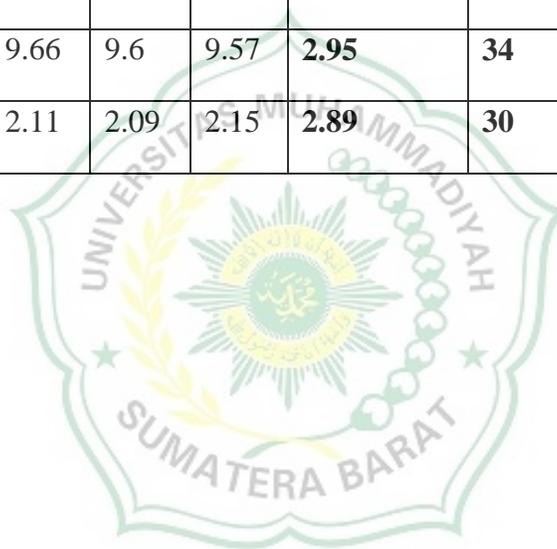
- Menggunakan DGS

Terlihat dalam gambar tower tersebut sudah independen tidak terhubung dengan pentanahan tower lain sehingga dengan menggunakan DGS ini ketika mengukur nilai pentanahan sudah di dapat nilai murni dari pentanahan tower itu sendiri.

Tabel 4.1 nilai pentanahan

No	No Tower	Nilai Pentanahan				Nilai Pentanahan DGS ohm	Impedansi Tower Ohm	Impedansi DGS ohm
		Leg A	Leg B	Leg C	Leg D			
1	24	2.59	2.54	2.6	2.61	<b>2.08</b>	<b>34</b>	<b>6</b>
2	33	1.44	1.45	2.82	2.3	<b>2.83</b>	<b>35</b>	<b>5</b>
3	41	2.65	2.81	2.72	2.66	<b>2.29</b>	<b>33</b>	<b>6</b>
4	65	3.6	3.9	4.3	3.7	<b>2.94</b>	<b>28</b>	<b>5</b>
5	80	2.2	2.2	2.87	2.87	<b>2.77</b>	<b>31</b>	<b>6</b>
6	90	6.9	6.9	5.33	5.33	<b>3.15</b>	<b>26</b>	<b>6</b>
7	92	2.09	2.09	2.08	2.08	<b>1.7</b>	<b>33</b>	<b>5</b>
8	97	1.2	1.2	01.02	1.2	<b>2.81</b>	<b>27</b>	<b>6</b>
9	100	3.12	4.83	3.12	1.61	<b>1.72</b>	<b>33</b>	<b>6</b>

10	108	4.68	4.68	4.14	4.14	<b>2.54</b>	<b>29</b>	<b>6</b>
11	111	2.86	2.86	2.95	2.95	<b>2.81</b>	<b>33</b>	<b>7</b>
12	126	9.41	9.41	9.41	9.41	<b>2.51</b>	<b>27</b>	<b>6</b>
13	129	8.91	8.74	8.89	8.92	<b>2.52</b>	<b>26</b>	<b>6</b>
14	138	2.85	2.53	2.79	2.81	<b>1.38</b>	<b>29</b>	<b>5</b>
15	144	5.24	5.0	4.96	4.48	<b>2.82</b>	<b>31</b>	<b>7</b>
16	173	6.91	6.82	6.85	6.09	<b>2.53</b>	<b>28</b>	<b>7</b>
17	186	08.09	7.78	7.2	6.22	<b>2.33</b>	<b>33</b>	<b>6</b>
18	197	9.53	9.66	9.6	9.57	<b>2.95</b>	<b>34</b>	<b>6</b>
19	239	2.12	2.11	2.09	2.15	<b>2.89</b>	<b>30</b>	<b>7</b>



Analisa setelah DGS terpasang.

Table 4.2 Data sambaran petir di bulan oktober

Name	Count	Count (-)	Count (+)	% Positive	Density	Min kA	Max kA	Mean kA	Min kA (-)	Max kA (-)	Mean kA (-)	Min kA (+)	Max kA (+)	Mean kA (+)
All selected assets	75	62	13	17.3333	0.1	-171	50	-17.6267	-171	-6	-24.9194	5	50	17.1539
MNJAU-SMPAT 100	2	1	1	50	0.64	-28	50	11	-28	-28	-28	50	50	50
MNJAU-SMPAT 108	2	2	0	0	0.64	-14	-9	-11.5	-14	-9	-11.5	0	0	0
MNJAU-SMPAT 111	3	3	0	0	0.96	-14	-8	-10.3333	-14	-8	-10.3333	0	0	0
MNJAU-SMPAT 126	7	7	0	0	2.24	-55	-10	-24.5714	-55	-10	-24.5714	0	0	0
MNJAU-SMPAT 129	8	8	0	0	2.56	-55	-10	-24	-55	-10	-24	0	0	0
MNJAU-SMPAT 138	2	2	0	0	0.64	-19	-15	-17	-19	-15	-17	0	0	0
MNJAU-SMPAT 144	4	3	1	25	1.28	-30	30	-6.5	-30	-12	-18.6667	30	30	30
MNJAU-SMPAT 173	8	8	0	0	2.56	-35	-9	-16.75	-35	-9	-16.75	0	0	0
MNJAU-SMPAT 186	2	2	0	0	0.64	-14	-9	-11.5	-14	-9	-11.5	0	0	0
MNJAU-SMPAT 197	1	0	1	100	0.32	20	20	20	0	0	0	20	20	20
MNJAU-SMPAT 239	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MNJAU-SMPAT 24	3	3	0	0	0.96	-44	-8	-25	-44	-8	-25	0	0	0
MNJAU-SMPAT 33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MNJAU-SMPAT 41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MNJAU-SMPAT 65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MNJAU-SMPAT 80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MNJAU-SMPAT 90	3	3	0	0	0.96	-22	-20	-21	-22	-20	-21	0	0	0
MNJAU-SMPAT 92	2	2	0	0	0.64	-22	-21	-21.5	-22	-21	-21.5	0	0	0
MNJAU-SMPAT 97	1	1	0	0	0.32	-28	-28	-28	-28	-28	-28	0	0	0

Setelah adanya DGS, total 75 kali sambaran petir pada bulan Oktober 2021 yang terekam oleh LDS disekitar radius 1 km dari posisi DGS. Diantaranya 62 kali sambaran petir bermuatan positif dan 13 kali sambaran petir bermuatan negative

Arus petir tertinggi yang tercatat mencapai -171 kA (muatan negative) dan 50 kA (muatan positif) dengan rata –rata arus petir 17 kA pada Oktober 2021. Hasilnya pada segmen maninjau-simpang empat pada tahun 2021 tidak terdapat gangguan yang di akibatkan oleh petir.

Tabel 4.3 Data keberhasilan DGS

KEBERHASILAN DGS												
NO	PHT/ UNIT	ASET	DGS TERPA SANG	% DGS VS ASET	TOTAL SAMBARAN	COUNTER DGS			KEGAGALAN DGS	% KEBERHASILAN 1	% KEBERHASILAN 2	RATA-RATA KEBERHASILAN
						AWAL	AKHIR	KENAIKAN				
1	TOWER SUTT 150kV MNJAU - SMPAT	243	21	9%	286	39	56	17	4	81%	76%	79%
2	TOWER SUTT 150kV MNJAU - SMPAT	243	21	9%	44	39	56	17	5	76%	71%	73%
3	TOWER SUTT 150kV MNJAU - SMPAT	243	21	9%	1793	39	56	17	5	76%	71%	73%
4	TOWER SUTT 150kV MNJAU - SMPAT	243	21	9%	411	39	56	17	5	76%	71%	73%
5	TOWER SUTT 150kV MNJAU - SMPAT	243	21	9%	989	39	56	17	5	76%	71%	73%
6	TOWER SUTT 150kV MNJAU - SMPAT	243	21	9%	207	39	56	17	5	76%	71%	73%
7	TOWER SUTT 150kV MNJAU - SMPAT	243	21	9%	11	39	56	17	5	76%	71%	73%
8	TOWER SUTT 150kV MNJAU - SMPAT	243	21	9%	1400	39	56	17	5	76%	71%	73%
9	TOWER SUTT 150kV MNJAU - SMPAT	243	21	9%	2196	39	56	17	5	76%	71%	73%
10	TOWER SUTT 150kV MNJAU - SMPAT	243	40	16%	490	243	56	-187	6	85%	103%	94%
11	TOWER SUTT 150kV MNJAU - SMPAT	243	40	16%	24	243	56	-187	6	85%	103%	94%
12	TOWER SUTT 150kV MNJAU - SMPAT	243	40	16%	347	243	56	-187	6	85%	103%	94%

Diatas adalah hasil rekap data sambaran petir yang terekam pada sensor LDS (Lightning Detection System) di segmen maninjau-simpang empat. Total tower segmen maninjau –simpang empat sejumlah 243 tower pada tahun 2021 terkena 8198 kali sambaran petir yang terekam oleh sensor LDS. Total 8198 kali sambaran yang terekam hanya 6 kali DGS mengalami kegagalan yang tercatat sepanjang tahun 2021. Total 40 DGS terpasang sampai penghujung tahun 2021 dan memiliki rata-rata nilai keberhasilan DGS sebesar 94 % sampai akhir tahun 2021.

Adapun penjelasan dari poin table di atas adalah

A. Tabel 4.1 data sambaran petir pada bulan oktober 2021

- Nama sekmen tower dan nomor tower.
- Count merupakan data jumlah sambaran dalam satu bulan.
- Count negative merupakan jumlah sambaran negative yang mengenai tranmisi.
- Count positif merupakan jumlah sambaran positif yang mengenai transmisi.
- Positive adalah berapa persen muatan positif menyambar dari keseluruhan sambaran yang terjadi.
- Density adalah jumlah kerapatan petir.
- Min KA adalah arus petir yang paling kecil.
- Max KA adalah arus petir yang paling besar.
- Mean KA total petir arus rata-rata
- Minimal KA negative adalah arus minimal yang paling besar.
- Maksimal KA negative adalah arus maksimal yang tertinggi.
- Mean KA rata negative sambaran negative
- Minimal KA positif adalah arus positif yang menyambar paling kecil.
- Maksimal KA positif adalah arus positif yang menyambar paling besar.
- Mean KA positif adalah rata-rata jumlah sambaran positif yang menyambar.

B. Tabel 4.2 keberhasilan DGS

- Penghantar adalah sekmen Maninjau-Simpang Empat
- Asset adalah jumlah tower yang ada pada sekmen Maninjau – Simpang Empat.
- DGS terpasang adalah banyak nya DGS yang di pasang pada sekmen Mainjau – Simpang Empat.
- DGS vs asset adalah persentase DGS terpasang dari aset yang dimiliki.
- Total sambaran adalah jumlah sambaran yang terjadi pada bulan tersebut.
- Conter DGS awal,akhir dan kenaikan adalah berapa kali konter tersebut bekerja dan berapa kenaikan yang terbaca.
- Kegagalan DGS adalah terjadinya flas over pada isolator DGS.
- Keberhasilan 1 dan 2 adalah bagaimana tingkat kerbehasilan dari DGS tersebut

Tabel 4.4 Data gangguan

No	Tahun	Kali Gangguan	Tanggal	Gangguan	Phasa
1	2018	1	18/03/2018	Reclose Sukses	1 phasa ke tanah
2	2019	1	30/12/2019	Reclose Sukses	1 phasa ke tanah
3	2020	2	03/04/2020, 15/11/2020	Reclose Sukses	1 phasa ke tanah
4	2021	0	-	-	-

Setelah 3 tahun terakhir terjadi gangguan akibat petir sebanyak 4 kali pada tahun 2021 setelah pemasangan DGS tidak terjadi gangguan akibat petir di segmen maninjau-simpang empat.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari analisa di atas dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut:

1. pemasangan DGS sangat efektif untuk menurunkan gangguan akibat sambaran petir pada transmisi 150 KV penghantar maninjau simpang empat. Dikarnakan sejak pemasangan DGS tersebut tidak ada terjai gangguan yg terjadi pada tahun 2021.
2. DGS dapat menurunkan nilai pentanahan dikarnakan pentanahan suatu tower tidak nyambung ke bodi tower  $\geq 10$  menjadi  $\leq 10$  yang sesuai dengan standar PLN.
3. DGS terbukti dapat menurunkan gangguan , tercatat sepanjang tahun 2018 – 2020 terjadi gangguan 4 kali dan pada tahun 2021 di pasang DGS dan pada tahun tersebut tidak terjadi gangguan akibat sambran petir.
4. Setelah pemasangan DGS didapat nilai pentanahan dan independen.
5. Pemasangan DGS meguranggi nilai iupedansi dan arus petir cepat tersalurkan ke tanah.

#### 5.2 Saran

1. Pemasangan DGS di pasang di titik yang sering aktifitas petir.
2. Jiak terjadi flesh pada isolator tumpu agar dilakukan pengantian dengan isolator yang lebih baik dan melakukan pemeliharaan secara rutin dan berkala.

## DAFTAR PUSTAKA

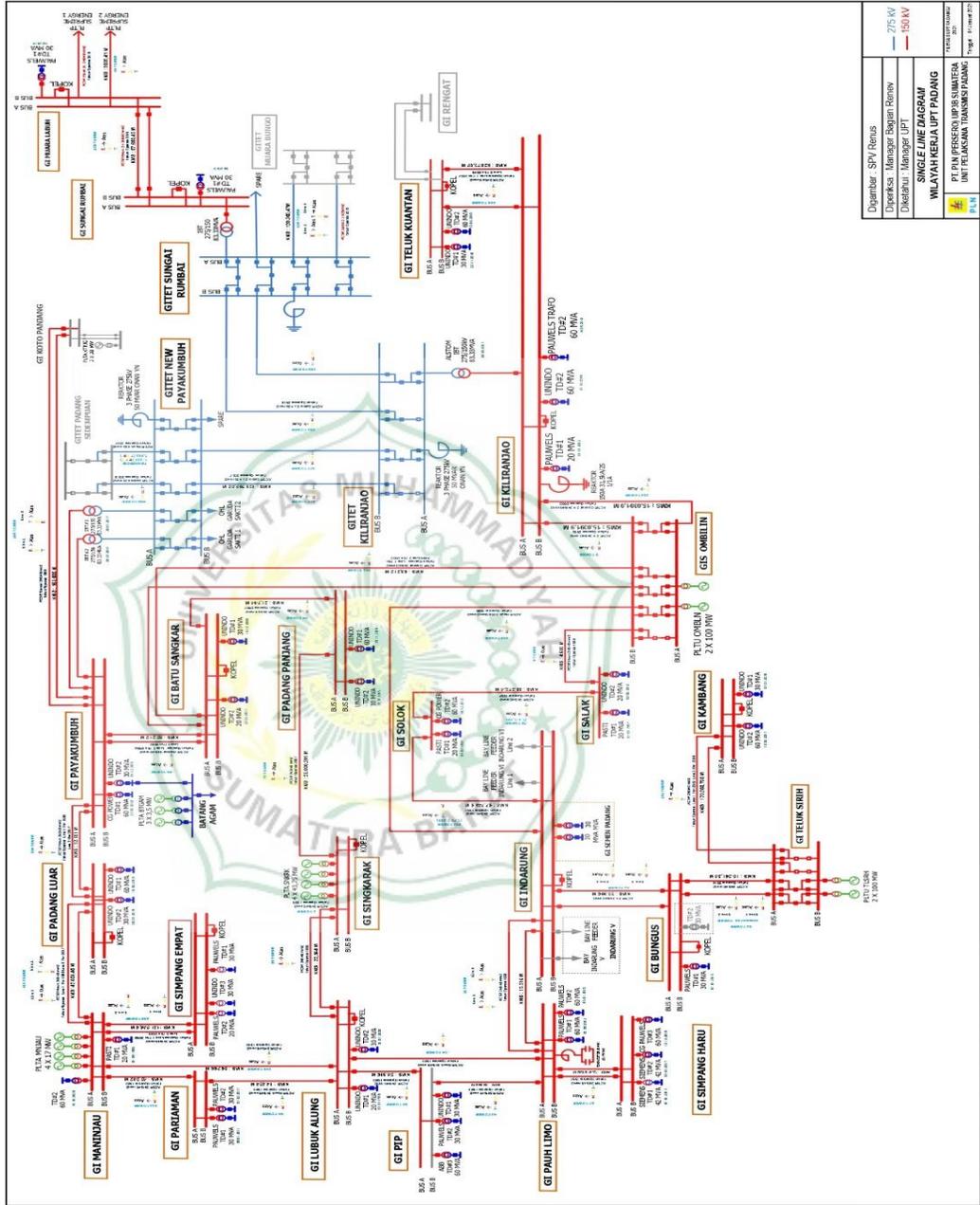
- [1] Nurcahyo, S. 2016, *Analisis Pentanahan Kaki Menara Transmisi 150kV*. (Skripsi Yang Tidak Dipublikasikan, Universitas Muhammadiyah Surakarta., 2016)
- [2] Reynaldo. Z. 2018. *Sistem Proteksi Petir Pada Sistem Tenaga Listrik*. Remaja Rosdakarya. Bandung.
- [3] Dr. Ir. D. D. Gitokarsono. Konsep Dasar Sistem Penangkal Petir Eksternal & Internal Terintegrasi (*Integrated Lightning Protection System-ILPS*). Teknik Tegangan dan Arus Tinggi, Elektro ITB.
- [4] SKDIR 0520-2.K/DIR/2014, 2014, Buku Pedoman Pemeliharaan Saluran Udara Tegangan Tinggi No dokumen : PDM/STT/10:2014, PT PLN (Persero), Jakarta. Indonesia
- [5] Hutaaruk. M. 1985. *Transmisi Daya Listrik*. Erlangga. Jakarta
- [6] Tobing, Bonggas, L, 2003, "*Peralatan Tegangan Tinggi*", Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- [7] Arismunandar, A., *Teknik Tegangan Tinggi*, Pradnya Paramita, Jakarta, 200

# LAMPIRAN

Lampiran 1. Single Line Diagram Wilayah Kerja UPT Padang.

## SINGLE LINE DIAGRAM WILAYAH KERJA UPT PADANG

PT. PLN (PERSERO) JUPB3 SUMATERA  
UNIT PELAKSANA TRANSMISI PADANG  
PLN



Digambar: SPV Renuh	275 KV
Diperiksa: Managar Bagian Renuh	150 KV
Dibuat: Managar UPT	
<b>SINGLE LINE DIAGRAM</b>	
<b>WILAYAH KERJA UPT PADANG</b>	
PT. PLN (PERSERO) JUPB3 SUMATERA UNIT PELAKSANA TRANSMISI PADANG	
PLN	

Lampiran 2: Pemasangan DGS



Lampiran 3: counter DGS



Lampiran 3: Konstruksi Tower 150 K

