



**SEKOLAH TINGGI TEKNIK – PLN**

**ANALISIS PEMASANGAN KAWAT TANAH YANG MELALUI  
DAERAH PEPOHONAN PADA SALURAN UDARA TEGANGAN  
MENENGAH 20 kV PADA PENYULANG LUKISAN DI PT. PLN  
AREA TELUK NAGA**

**SKRIPSI**

**DISUSUN OLEH :  
ISRAFI IBNU RAAFSANJANI  
2014-11-090**

**PROGRAM STUDI SARJANA  
TEKNIK ELEKTRO  
JAKARTA, 2018**

## **LEMBAR PENGESAHAN**

Skripsi dengan Judul

**ANALISIS PEMASANGAN KAWAT TANAH YANG MELALUI  
DAERAH PEPOHONAN PADA SALURAN UDARA TEGANGAN  
MENENGAH 20 kV PADA PENYULANG LUKISAN DI PT. PLN  
AREA TELUK NAGA**

Disusun oleh :

**ISRAFI IBNU RAAFSANJANI**

**NIM: 2014-11-090**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan

Program Studi Sarjana Teknik Elektro

**SEKOLAH TINGGI TEKNIK – PLN**

Jakarta, 19 Juli 2018

Mengetahui,



**(Syarif Hidayat. S.Si., MT.)**  
Ka. Prodi S1 Teknik Elektro

Disetujui,

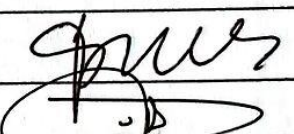


**(Dr., Ir., Soetjipto Soewono, Dipl. GE.)**  
Pembimbing Skripsi

## LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI

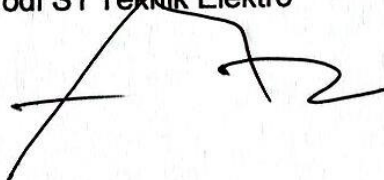
Nama Mahasiswa : Israfi Ibnu Raafsanjani  
NIM : 2014-11-090  
Program Studi : S1 Teknik Elektro  
Perguruan Tinggi : STT - PLN  
Judul : Analisis Pemasangan Kawat Tanah Yang Melalui Daerah Pepohonan Pada Saluran Udara Tegangan Menengah 20 kV Pada Penyulang Lukisan Di PT. PLN Area Teluk Naga

Telah disidangkan dan dinyatakan Lulus Sidang Skripsi pada Sarjana Strata 1, Program Studi Teknik Elektro Sekolah Tinggi Teknik – PLN pada tanggal 13 Agustus 2018.

Nama Penguji	Jabatan	Tanda Tangan
Isworo Pujotomo, Ir., MT	Ketua Sidang	
Novi Gusti Pahiyanti, ST., MT	Sekretaris Sidang	
Tony Koerniawan, ST., MT	Anggota Sidang	

Mengetahui :

Ka. Prodi S1 Teknik Elektro



**Syarif Hidayat. S.Si., MT.**

## **SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya :

Nama Mahasiswa : Israfi Ibnu Raafsanjani  
Nomor Induk Mahasiswa : 2014-11-090  
Program Studi : S1 Teknik Elektro  
Perguruan Tinggi : STT - PLN  
Judul : Analisis Pemasangan Kawat Tanah Yang Melalui Daerah Pepohonan Pada Saluran Udara Tegangan Menengah 20 kV Pada Penyulang Lukisan Di PT. PLN Area Teluk Naga

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini merupakan karya ilmiah saya sendiri dan bukan merupakan tiruan, salinan, atau duplikasi dari skripsi yang telah dipergunakan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik Elektro baik di lingkungan Sekolah Tinggi Teknik – PLN maupun di perguruan tinggi lain, serta belum pernah dipublikasikan. Pernyataan ini dibuat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab serta bersedia memikul segala resiko jika ternyata pernyataan diatas tidak benar.

Jakarta, 19 Juli 2018



Israfi Ibnu Raafsanjani



## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Dengan ini saya menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada yang saya hormati:

**Dr., Ir., Soetjipto Soewono, Dipl. GE. Selaku Pembimbing Skripsi**

Yang telah memberikan arahan, saran-saran, serta bimbingannya sehingga Skripsi ini dapat diselesaikan.

Jakarta, 19 Juli 2018



**ISRAFI IBNU RAAFSANJANI**  
**NIM: 2014-11-090**

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Sekolah Tinggi Teknik - PLN, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Israfi Ibnu Raafsanjani  
NIM : 2014-11-090  
Program Studi : Strata Satu  
Jurusan : Teknik Elektro  
Jenis karya : **Skripsi**

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Sekolah Tinggi Teknik - PLN **Hak Bebas Royalti Non eksklusif (*Nonexclusive Royalty Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

### **ANALISIS PEMASANGAN KAWAT TANAH YANG MELALUI DAERAH PEPOHONAN PADA SALURAN UDARA TEGANGAN MENENGAH 20 kV PADA PENYULANG LUKISAN DI PT. PLN AREA TELUK NAGA**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Sekolah Tinggi Teknik-PLN berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Sekolah Tinggi Teknik - PLN Jakarta.  
Pada tanggal : 19 Juli 2018

Yang menyatakan



**(Israfi Ibnu Raafsanjani)**

## **ABSTRAK**

### **ANALISIS PEMASANGAN KAWAT TANAH YANG MELALUI DAERAH PEPOHONAN PADA SALURAN UDARA TEGANGAN MENENGAH 20 kV PADA PENYULANG LUKISAN DI PT. PLN AREA TELUK NAGA**

**Israfi Ibnu Raafsanjani 2014-11-090**

**Di Bawah Bimbingan : Dr., Ir., Soetjipto Soewono, Dipl. GE.**

Indonesia terletak di wilayah tropis yang memiliki jumlah hari guruh per tahun (IKL) yang cukup banyak. Sehingga pada saluran udara tegangan menengah (SUTM) dapat terkena sambaran petir. Sambaran petir terbagi menjadi 2, yaitu sambaran langsung dan sambaran tidak langsung. Sambaran petir langsung akan mengarah ke kawat fasa atau ke kawat tanah yang terpasang pada SUTM, akan tetapi kemungkinan SUTM terkena sambaran petir langsung sangatlah kecil, dikarenakan SUTM melewati daerah pemukiman yang terdapat banyak pepohonan. Sedangkan, sambaran tidak langsung akan mengarah ke pepohonan yang berdekatan dengan SUTM, namun demikian karena tingkat isolasi dasar SUTM relatif rendah, sambaran petir tidak langsung dapat menyebabkan tegangan lebih induksi yang dapat menyebabkan gangguan. Pemasangan kawat tanah dapat mengurangi gangguan akibat sambaran petir langsung dan sambaran tidak langsung. Maka, dalam penelitian ini dilakukan analisis pemasangan kawat tanah yang melalui daerah pepohonan pada saluran udara tegangan menengah 20 kV pada penyulang Lukisan di PT. PLN area Teluk Naga. Gangguan sambaran petir sebelum pemasangan kawat tanah sebesar 322,116 sambaran/ 100 km/ tahun dan setelah terpasang kawat tanah sebesar 23,755 sambaran/ 100 km/ tahun. Sehingga persentase pengurangan jumlah gangguan sambaran petir dengan terpasang kawat tanah sebesar 92,625 %.

*Kata Kunci : Kawat tanah, Sambaran Petir, Pepohonan.*

## **ABSTRACT**

### **ANALYSIS MOUNTING OF GROUND WIRE PASSING THROUGH THE TREES AREA ON MEDIUM VOLTAGE LINES 20 kV AT LUKISAN FEEDER IN PT.PLN AREA TELUK NAGA**

**Israfi Ibnu Raafsanjani 2014-11-090**

**Under Guidance Dr., Ir., Soetjipto Soewono, Dipl. GE.**

*Indonesia is located in the tropics have a lot of the number of thunder per year (IKL). So, medium voltage lines (MVL) can be exposed thunder strike. Thunder strikes are divided into 2, namely direct strikes and indirect strikes. Direct strikes lead into phase line or ground wire those are applied to MVL, but probability MVL are stroke by direct strikes is incredibly small, because MVL are passing through the residence there are many trees. While, indirect strikes would lead to the trees near MVL, however because the basic insulation of MVL relatively low, direct strikes can cause induction overvoltage that is be able cause disturbance. Applying ground wire can reduce disturbance that caused by direct strikes and indirect strikes. Therefore in this study, will be analyzed mounting of ground wire passing through the trees area on medium voltage lines 20 kV at Lukisan feeder in PT.PLN Area Teluk Naga. The disturbance of thunder strike before mounting of ground wire is 322,116 flasover/ 100 km/ year and after mounting of ground wire is 23,755 flashover/ 100 km/ year. Then, decrease percentage of thunder strikes disturbace with mounting of ground wire is 92,625 %.*

*Keywords : Ground Wire, Lightning Strikes, Trees.*



## DAFTAR ISI

### Judul Skripsi

Lembar Pengesahan .....	i
Lembar Pengesahan Tim Penguji .....	ii
Surat Pernyataan Keaslian Skripsi .....	iii
Ucapan Terima Kasih .....	iv
Lembar Pernyataan Persetujuan Publikasi .....	v
Abstrak (Indonesia) .....	vi
Abstrak (Inggris) .....	vii
Daftar Isi .....	viii
Daftar Gambar .....	xi
Daftar Table .....	xii
Daftar Grafik .....	xiii
Daftar Lampiran .....	xiv

<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Permasalahan Penelitian .....	1
1.2.1. Identifikasi Masalah .....	1
1.2.2. Ruang Lingkup Masalah .....	1
1.2.3. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penulisan .....	2
1.4. Manfaat Penulisan .....	2
1.5. Sistematika Penulisan .....	3

<b>BAB II UMUM .....</b>	<b>4</b>
2.1. Sistem Distribusi Tenaga Listrik .....	4
2.2. Petir .....	4
2.2.1. Proses Terjadinya Petir .....	5
2.2.2. Arus Petir .....	6
2.2.3. Jenis – jenis Pelepasan Petir .....	7
2.2.4. Hari Guruh (Isokeraunic Level) .....	9

2.2.5. Kerapatan Sambaran.....	9
2.3. Penyebab Gangguan SUTM 20 kV .....	10
2.4. Penyebab Gangguan Sambaran Petir SUTM 20 kV .....	10
2.4.1. Sambaran Petir Langsung Pada SUTM 20 kV .....	11
2.4.2. Sambaran Petir Tidak Langsung Pada SUTM 20 kV .....	12

### **BAB III PERLINDUNGAN GANGGUAN SAMBARAN PETIR PADA SUTM**

<b>DENGAN MENGGUNAKAN KAWAT TANAH .....</b>	<b>14</b>
3.1. Umum .....	14
3.2. Kawat Tanah.....	15
3.2.1. Fungsi Kawat Tanah .....	16
3.2.2. Pemilihan Kawat Tanah .....	16
3.2.3. Pemasangan Kawat Tanah.....	16
3.3. Metode Penelitian .....	19
3.4. Teknik Pengolahan Data.....	20
3.5. Teknik Analisa Data .....	20
3.5.1. Jumlah Gangguan Sambaran Petir Tanpa Kawat Tanah.....	20
3.5.2. Jumlah Gangguan Sambaran Petir Terpasang Kawat Tanah.....	22
3.5.3. Jumlah Gangguan Sambaran Petir SUTM.....	24
3.5.4. Persentase Gangguan Sambaran Petir .....	24

### **BAB IV ANALISA PEMASANGAN KAWAT AKIBAT PENGARUH**

#### **LINGKUNGAN PADA SALURAN UDARA TEGANGAN MENENGAH**

**20**

#### **kV PADA PENYULANG LUKISAN DI PT. PLN**

<b>AREA TELUK NAGA .....</b>	<b>25</b>
4.1. Umum .....	25
4.2. Data Penyulang Lukisan .....	26
4.2.1. Panjang Saluran Penyulang Lukisan .....	26
4.2.2. Data Jumlah Gangguan Penyulang Lukisan Tahun 2016 Dan 2017 PT. PLN (Persero) Area Teluk Naga.....	29
4.3. Gangguan Petir Pada SUTM 20 kV Tanpa Kawat Tanah .....	30
4.3.1. Sambaran Langsung.....	30

4.3.2. Sambaran Tidak Langsung .....	31
4.3.3. Jumlah Gangguan Petir Sebelum Pemasangan Kawat Tanah .....	32
4.4. Gangguan Petir Pada SUTM 20 kV Terpasang Kawat Tanah .....	33
4.4.1. Sambaran Langsung.....	33
4.4.2. Sambaran Tidak Langsung.....	35
4.4.3 Jumlah Gangguan Petir Setelah Terpasang Kawat Tanah .....	36
4.5. Analisis Gangguan Akibat Petir Pada SUTM 20 kV .....	37
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>39</b>
5.1. Simpulan .....	39
5.2. Saran .....	39

#### **Daftar Pustaka**

#### **Daftar Riwayat Hidup**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Proses Terjadinya Petir.....	5
Gambar 2.2. Bentuk Gelombang First Short Stroke Current .....	7
Gambar 2.3. Sambaran Petir.....	7
Gambar 2.4. Sambaran Petir Dan Gelombang Berjalan.....	12
Gambar 3.1. Wilayah SUTM dan Pohon Dekat SUTM Terkana Sambaran Petir .....	14
Gambar 3.2. Kawat Tanah Terpasang Diatas SUTM .....	15
Gambar 3.3. Pemasangan Penyangga UNP .....	17
Gambar 3.4. Pemasangan Penyangga Pipa Galvanize .....	18
Gambar 3.5. Pemasangan Kawat Penghantar Kawat Tanah .....	18
Gambar 3.6. Diagram Alir Penelitian.....	19
Gambar 4.1. Ukuran Tiang Penyulang Lukisan (a) Tiang Tanpa Kawat Tanah dan (b) Tiang Terpasang Kawat Tanah .....	26
Gambar 4.2. Isolator Tipe Pin Post .....	27
Gambar 4.3. Sketsa Lingkungan Penyulang Lukisan Yang Terpasang Kawat Tanah.....	27
Gambar 4.4. Peta Jaringan Penyulang Lukisan.....	28

## DAFTAR TABLE

Table 4.1.	Penyebab Gangguan Penyulang Lukisan Tahun 2016	
	PT. PLN (Persero) Area Teluk Naga.....	29
Table 4.2.	Penyebab Gangguan Penyulang Lukisan Tahun 2017	
	PT. PLN (Persero) Area Teluk Naga.....	29
Table 4.3.	Gangguan Sambaran Petir Sebelum Terpasang Kawat Tanah	
	dan Setelah Terpasang Kawat Tanah.....	38



## **DAFTAR GRAFIK**

3.1. Nilai Shielding Faktor Akibat Adanya Benda Disekitar Saluran .....	21
---	----

## **LAMPIRAN**

Lampiran A. Rekapitulasi Gangguan PT. PLN (Persero) Area Teluk Naga ....	A1
Lampiran B. Single Line Diagram Penyulang Lukisan .....	B1
Lampiran C. Data Hari Guruh (IKL) Wilayah Tangerang 2016 dan 2017 .....	C1
Lampiran D. Lembar Bimbingan Skripsi.....	D1

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Sejalan dengan kebutuhan energi listrik yang semakin meningkat, maka diperlukan suatu sistem tenaga listrik yang dapat bekerja secara optimal. Sistem tenaga listrik menyalurkan daya dari pembangkit tenaga listrik ke konsumen melalui jaringan tenaga listrik yang terdiri dari saluran transmisi dan distribusi.

Penyaluran daya listrik dengan saluran udara tegangan menengah (SUTM) 20 kV terkadang melalui daerah dengan potensi sambaran petir yang cukup tinggi sehingga dapat mengalami gangguan yang diakibatkan sambaran petir. Gangguan yang terjadi dapat berupa sambaran langsung dan sambaran tidak langsung.

Pada jaringan SUTM di penyulang Lukisan di PT. PLN Area Teluk Naga melewati daerah pemukiman yang terdapat pepohonan, sehingga pepohonan itu dapat sebagai perisai agar tidak terjadi sambaran langsung. Karena tingkat isolasi pada SUTM tersebut relatif cukup rendah, maka dapat timbul tegangan lebih induksi akibat sambaran petir tidak langsung.

### **1.2 Permasalahan Penelitian**

#### **1.2.1 Identifikasi Masalah**

Banyak gangguan yang diperkirakan akibat sambaran petir pada sistem jaringan saluran udara tegangan menengah 20 kV yang sebelumnya tidak terpasang kawat tanah.

#### **1.2.2 Ruang Lingkup Masalah**

Penulisan skripsi dengan judul “Analisis Pemasangan Kawat Tanah Yang Melalui Daerah Pepohonan Pada Saluran Udara Tegangan Menengah 20 kV Akibat Pengaruh Lingkungan Pada Penyulang Lukisan Di PT. PLN Area Teluk Naga” ini melingkupi

masalah sebagai berikut :

1. Menjelaskan sambaran petir secara langsung dan tidak langsung pada saluran udara tegangan menengah 20 kV.
2. Menjelaskan sambaran petir secara langsung dan tidak langsung pada saluran udara tegangan menengah 20 kV tanpa kawat tanah.
3. Menjelaskan sambaran petir secara langsung dan tidak langsung pada saluran udara tegangan menengah 20 kV dengan terpasang kawat tanah.

#### 1.2.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan ruang lingkup masalah diatas, maka permasalahan yang akan dibahas di skripsi ini adalah :

1. Apa pengaruh dari pemasangan dan tanpa pemasangan kawat tanah pada saluran udara tegangan menengah 20 kV?
2. Bagaimana perbandingan jumlah gangguan yang terjadi sebelum pemasangan kawat tanah dengan sesudah pemasangan kawat tanah?

### 1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan dalam penulisan skripsi ini adalah :

1. Untuk menghindari gangguan yang diperkirakan akibat petir pada saluran udara tegangan menengah 20 kV.
2. Untuk mengetahui gangguan akibat petir pada SUTM 20 kV pada penyulang lukisan di PT. PLN area Teluk Naga.
3. Sebagai syarat kelulusan dan meraih gelar sarjana di STT-PLN.

### 1.4 Manfaat Penulisan

Manfaat dalam penulisan skripsi ini adalah :

1. Untuk memperoleh pengalaman operasional mengenai penerapan ilmu pengetahuan yang sesuai dengan bidang yang di ambil pada penulis.

2. Dapat menganalisa permasalahan yang ada di lapangan berdasarkan teori yang diperoleh selama proses belajar.
3. Hasil penulisan skripsi ini dapat digunakan sebagai bahan referensi pengembangan terhadap PLN area daerah dimana saja agar perlu memperhatikan pemakain kawat tanah pada saluran udara tegangan menengah 20 kV.

### **1.5 Sistematika Penulisan**

Sistematika yang digunakan pada penulisan Skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Pada bab satu berisi latar belakang, permasalahan penelitian, tujuan penelitian dan manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.
2. Bab dua merupakan landasan teori yang membahas tentang dasar teori yang digunakan dan menjadi ilmu penunjang bagi peneliti, berkenaan dengan masalah yang ingin diteliti mengenai pemasangan kawat tanah pada saluran udara tegangan menengah 20 kV.
3. Pada bab tiga membahas mengenai metode penelitian dan standar-standar yang digunakan.
4. Pada bab empat membahas mengenai hasil dan pembahasan pada penelitian ini.
5. Serta pada bab lima yaitu simpulan dan saran yang berisi simpulan dari seluruh hasil penelitian dan juga berisi saran-saran yang berhubungan dengan pemasangan kawat tanah pada saluran udara tegangan menengah 20 kV.



## **BAB II**

### **UMUM**

#### **2.1 Sistem Distribusi Tenaga Listrik**

Pada sistem tenaga listrik, untuk menyalurkan daya dari pembangkit tenaga listrik ke konsumen diperlukan suatu jaringan tenaga listrik yang terdiri dari saluran transmisi dan distribusi. Salah satu penyaluran daya saluran distribusi adalah saluran udara tegangan menengah 20 kV. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV, 150 kV, 220 kV atau 500 kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi.

Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20 kV dengan transformator penurun tegangan pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dari saluran distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan trafo distribusi (GD) menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380 Volt. Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen-konsumen melalui Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR). Dengan ini jelas bahwa sistem distribusi merupakan bagian yang penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan.

Sistem distribusi Tegangan Menengah ini biasanya disebut dengan Sistem Distribusi Primer, dan tegangan rendah disebut distribusi sekunder.

#### **2.2 Petir**

Petir juga kita kenal sebagai halilintar atau kilat. Petir seringkali kita temui ketika musim penghujan datang. Petir mempunyai ciri khas berupa kilatan putih yang terang dan disusul dengan suara dentuman yang keras. Petir merupakan sebuah gejala alam yang biasa terjadi dimanapun ketika musim hujan tiba, tak terkecuali di Indonesia. Yang dinamakan petir ialah kilatan cahaya putih yang menyilaukan, sementara suara menggelegar

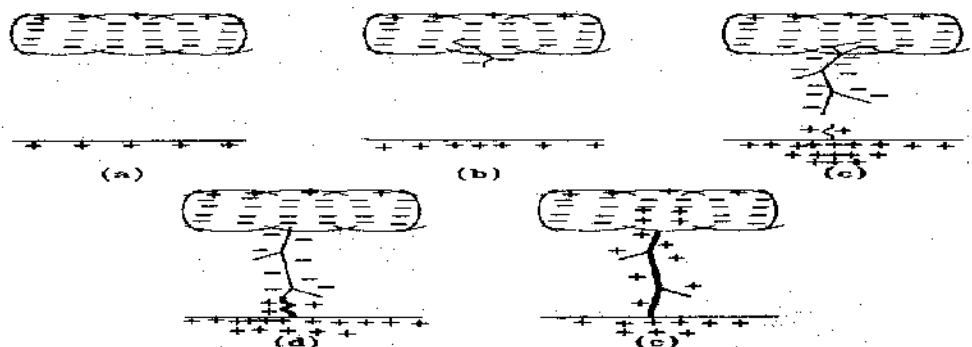
yang datang sesudahnya disebut dengan guruh. Petir dan guruh datang beriringan, namun terkadang jeda waktu antara kilatan dan juga suara gemuruh terbelang sesaat. Perbedaan waktu datang ini disebabkan karena perbedaan antara kecepatan suara dan juga kecepatan cahaya.

### 2.2.1 Proses Terjadinya Petir

Pada keadaan tertentu, dalam lapisan atmosfer bumi terdapat gerakan angin ke atas membawa udara lembab. Makin tinggi dari muka bumi, makin rendah tekanan dan suhunya. Uap air mengondensasi menjadi titik air, dan membentuk awan.

Angin keras yang meniup ke atas membawa lebih tinggi. Pada ketinggian  $\pm 5$  km, membeku menjadi kristal es yang turun lagi karena adanya gravitasi bumi. Karena tetesan air mengalami pergeseran horizontal maupun vertikal, maka terjadilah pemisahan muatan listrik. Tetesan air yang bermuatan positif biasanya berada dibagian atas, dan yang bermuatan negatif dibagian bawah.

Dengan adanya awan yang bermuatan akan timbul muatan induksi pada muka bumi, hingga timbul medan listrik. Mengingat dimensinya, bumi dianggap rata terhadap awan. Jadi awan dan bumi dapat dianggap sebagai kedua plat kondensator. Jika medan yang terjadi melebihi medan tembus udara, maka akan terjadi pelepasan muatan. Pada saat itulah terjadi petir.



Gambar 2.1 Proses Terjadinya Petir

### 2.2.2 Arus Petir

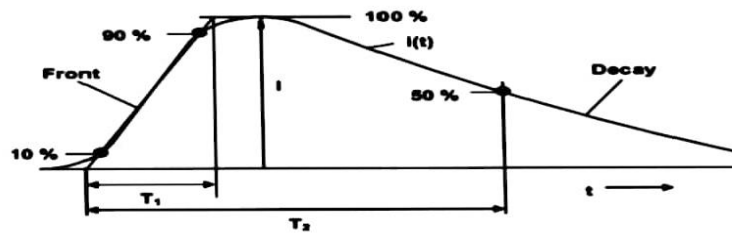
Besarnya arus petir sangatlah penting untuk diketahui karena arus petir menimbulkan kerusakan pada objek yang disambar petir tersebut. Karakteristik dari arus petir yang mempengaruhi kerusakan adalah :

- Arus puncak ( $I_{max}$ )
- Pelepasan muatan ( $Q = \int i \, dt$ )
- Spesifik energy ( $W/R = \int i^2 \, dt$ )
- Kecuraman rata – rata arus petir ( $\frac{di}{dt}$ )<sub>max</sub>

Besarnya arus petir sangat perlu diketahui untuk menentukan sistem proteksi yang digunakan. Bentuk gelombang arus petir yang sesungguhnya tidak sama antara satu petir dengan petir yang lainnya. Tiap – tiap sambaran petir menghasilkan bentuk gelombang yang berbeda – beda. Sehingga untuk keperluan perhitungan dibuatlah standart yang telah disetujui oleh suatu badan kelistrikan (IEC). Menurut IEC ada tiga bagian utama dari arus petir, yaitu :

- a. Sambaran pertama singkat (*first short stroke current*)
- b. Sambaran pada subsequent current (*subsequent short stroke current*)
- c. Sambaran petir lama (*long stroke current*)

Sambaran pertama singkat terjadi pada saat return stroke sambaran ke bawah terjadi. Pada saat inilah besaran arus puncak dan pelepasan muatan paling besar terjadi. Adapun bentuk gelombang dapat digambarkan seperti Gambar 2.2 :



Gambar 2.2 Bentuk Gelombang First Short Stroke Current

Arti symbol pada Gambar 2.2 adalah :

$I$  = arus puncak petir (A)

$T_1$  = waktu muka (s)

$T_2$  = waktu ekor (s)

Adapun bentuk persamaan gelombang menurut Gambar 2.2 adalah :

$$I = \frac{I_p}{K(e^{-\alpha t} - e^{-\beta t})} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana :

$I_p$  = arus puncak (A)

$K$  = faktor korelasi puncak

$\alpha$  = konstanta waktu muka

$\beta$  = konstanta waktu ekor

Perbedaan antara first short stroke dengan subsequent short stroke adalah pada saat terjadinya, sedangkan bentuk gelombangnya sama. First short stroke terjadi pada saat return stroke dan subsequent stroke terjadi pada saat subsequent.

### 2.2.3 Jenis-Jenis Pelepasan Petir

Petir selalu mencari tempat yang terdekat untuk pelepasan muatannya. Bentuk sambaran petir ditunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Sambaran Petir

Pelepasan yang terjadi terdiri dari berbagai jenis petir, yaitu :

- a. Petir Dari Awan ke Tanah (*cloud to ground*) merupakan bukan petir yang sering terjadi, tetapi petir jenis ini mempunyai informasi yang lebih banyak. Jenis lain sulit diamati oleh peneliti, karena biasanya terjadi di dalam awan atau di antara awan, dengan berbagai cara dapat diperkirakan bahwa kilat dari awan ke tanah tercatat dari 10 sampai 50 % dari keseluruhan kilat petir. Tidak semua kilat dari awan ke tanah sama modelnya. Tipe yang sering terjadi dimulai dengan sambaran yang menjalar kebawah didekat pusat muatan negative di bawah, kemudian mengalir muatan negative ke bumi, dan ada beberapa tipe yang membawa muatan positif ke bumi. Pelepasan muatan antara daerah kecil muatan positif bagian bawah dengan muatan positif menuju bumi. Di bawah awan positif arus sambaran perintis berkisar antara 1000 – 3000 Ampere, dibawah awan negative berkisar antara 50 – 3000 Ampere tetapi sambaran balik di bawah awan positif sampai 300 kV.
- b. Petir Dalam Awan (*intra cloud lightning*) adalah tipe pelepasan muatan yang sering terjadi, diantara dua pusat muatan yang berlawanan yang berada dalam sebuah awan dan dapat di amati dalam luar sebagian sinar terang yang bias tersebar dan kadang-kadang berkedip. Namun ada kalanya kilat petir tersebut keluar dari perbatasan awan, menampakkan suatu sinar terang yang sama dengan kilatan dari awan ke tanah. Pada petir dalam awan ini pelepasan muatan yang sering terjadi pada dasarnya tegak lurus, yaitu antara pusat muatan positif bagian atas dengan pusat muatan negative bagian bawah.
- c. Petir Dari Awan ke Awan (*cloud to cloud*), pusat muatan yang terlibat dalam petir jenis ini adalah dua jenis awan yang berbeda. Pelepasan muatan yang sering terjadi



menjembatani celah-celah udara diantara kedua awan tersebut. Medan-medan yang berada diantara awan-awan lebih cepat mencapai potensial gangguan dari pada medan-medan yang berada pada area ke bumi atau sebelum daerah muatan lain pada awan yang sama. Pada ketinggian dimana kepadatan udara lebih rendah, tegangan menjadi lebih rendah, dan gangguan terjadi lebih cepat.

#### 2.2.4 Hari Guruh (Isokeurancic Level)

Banyaknya sambaran petir terhadap suatu benda di bumi tidaklah sama. Hal ini tergantung dengan banyaknya hari guruh rata – rata per – tahun, yaitu yang disebut dengan IKL (isokeurancic level). Pada umumnya IKL ini digambarkan dalam bentuk peta hari guruh (isokeurancic map), yaitu suatu peta yang menggambarkan tempat di bumi yang mempunyai IKL yang sama.

Untuk Indonesia, badan yang menerbitkan peta hari guruh ini adalah Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG), sebelumnya bernama Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG).

#### 2.2.5 Kerapatan Sambaran Petir

Dalam perencanaan pengamanan terhadap sambaran petir, angka kerapatan harus ditinjau terlebih dulu, untuk menentukan mutu pengamanan yang akan dipasang. Hal tersebut dapat diketahui dengan mempergunakan peta hari guruh pertahun (Isokeurancic Level). Kemudian mencari harga korelasi dengan kerapatan sambaran ke tanah.

Untuk menentukan kerapatan sambaran petir ke tanah dapat diperoleh rumus sebagai berikut :

$$N_g = 38 \cdot 10^{-3} (IKL)^{1,38} \dots\dots\dots (2.2)$$

$N_g$  = Kerapatan Sambaran Petir Ke Tanah  
(sambaran/ km<sup>2</sup>/ tahun)

IKL = Hari Guruh Rata – Rata Per – Tahun

Jumlah sambaran petir ke tanah hanya ± 25% dari seluruh pelepasan muatan yang terjadi di alam. (Awan – awan, antar muatan

di dalam awan, awan – awan).

Semakin besar harga kerapatan sambaran petir pada suatu daerah, maka kegagalan perlindungan di saluran udara tegangan menengah akan semakin besar.

### **2.3 Penyebab Gangguan SUTM 20 kV**

Gangguan yang terjadi pada jaringan tegangan menengah dibedakan menjadi, gangguan berakibat tegangan lebih dan arus lebih. Penyebab gangguan ini terdiri dari :

- Petir
- Layang – layang
- Ferro resonansi
- Beban lebih
- Angin dan pohon
- Kegagalan dan kerusakan peralatan dan saluran
- Binatang dan benda – benda lain
- Api
- Dan lain sebagainya.

Bila tegangan lebih yang terjadi melampaui ketahanan isolasi peralatan, dapat berakibat kegagalan atau kerusakan peralatan sehingga terjadi hubung singkat. Terjadinya hubung singkat ini yang berakibat timbulnya arus lebih.

### **2.4 Penyebab Gangguan Sambaran Petir SUTM 20 kV**

Sambaran petir menyambar disuatu titik pada saluran tegangan menengah, maka gerak dari gelombang petir itu menjalar ke segala arah menuju suatu titik lain yang dapat menetralsir arus petir tersebut. Arus petir tersebut menuju ke titik pembumian, dengan perkataan lain terjadi gelombang yang disebut gelombang berjalan, yang berjalan sepanjang jaringan. Gelombang berjalan ini menyebabkan adanya beda potensial

antara fasa dengan tanah, sehingga arus petir akan mengalir ke tanah melalui kawat yang dekat dengan bumi seperti isolator (pin), traves, tiang dan belitan trafo tenagayang terpasang pada jaringan listrik tersebut. Peralatan listrik yang di lalui gelombang petir dapat mengakibatkan kerusakan, pada isolator terjadi keretakan, bila petir melalui trafo tenaga dapat menimbulkan kerusakan pada belitan sisi primernya.

Sambaran petir dapat menyambar langsung ke kawat fasa atau tiang pada sutm. Bisa juga sambaran petir menyambar peralatan – peralatan yang ada disekitar saluran yang banyak mengandung logam diatas permukaan bumi atau yang lebih tinggi dari lingkungannya. Seperti manusia, pepohonan, rumah, gedung bertingkat atau menara antena.

#### **2.4.1 Sambaran Petir Langsung Pada SUTM 20 kV**

Yang dimaksud dengan sambaran langsung adalah apabila kilat menyambar langsung pada kawat fasa (untuk saluran tanpa Kawat Tanah) atau pada kawat tanah (untuk saluran dengan kawat tanah). Pada saluran udara tegangan menengah diasumsikan bahwa pada saluran dengan kawat tanah tidak ada kegagalan perisai. Asumsi ini dapat dibenarkan karena tinggi kawat diatas tanah relative rendah (10 sampai 13 meter) dan juga karena dengan sudut perisai yang biasanya lebih kecil dari  $60^\circ$  sudut dapat dianggap semua sambaran petir mengenai kawat tanah, jadi tidak ada kegagalan perisai.

Pada waktu petir menyambar kawat tanah atau kawat fasa akan timbul arus besar dan sepasang gelombang berjalan yang merambat pada kawat. Arus yang besar ini dapat membahayakan peralatan – peralatan yang ada pada saluran. Besarnya arus petir atau tegangan akibat sambaran ini tergantung kepada arus petir, waktu muka dan jenis tiang saluran. Oleh karena itu saluran tegangan menengah tidak begitu tinggi diatas tanah, maka jumlah sambaran langsung sangatlah rendah. Makin tinggi tegangan sistem makin tinggi tiang yang dipakai, dan makin besar pula jumlah sambaran petir ke saluran.

Tegangan lebih pada kawat fasa akibat sambaran petir langsung mengenai kawat fasa adalah.

$$V = \frac{1}{2} I \cdot Z \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

$V$  = Tegangan lebih petir (kV)

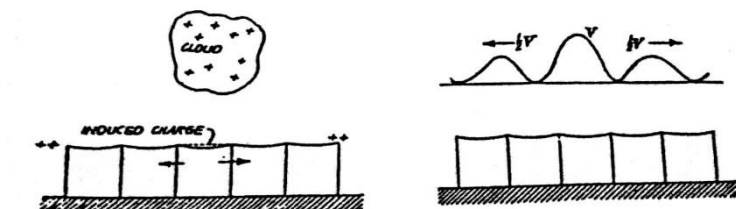
$I$  = Arus petir (kA)

$Z$  = Impedansi surja petir(Ohm)  $\pm 400 \Omega$

#### 2.4.2 Sambaran Petir Tidak Langsung Pada SUTM 20 kV

Bila terjadi sambaran petir ke tanah didekat saluran maka akan terjadi fenomena transien yang diakibatkan oleh medan elektromagnetis dari kanal petir. Fenomena petir ini terjadi pada kawat penghantar. Akibat dari itu kejadian ini timbul tegangan lebih dari gelombang berjalan yang merambat pada kedua sisi kawat ditempat sambaran langsung.

Fenomena transien pada kawat berlangsung hanya dibawah pengaruh gaya yang memaksa muatan – muatan bergerak sepanjang hantaran. Atau dengan perkataan lain transien dapat terjadi dibawah pengaruh komponen vector kuat medan yang berarah sejajar dengan arah penghantar. Jadi, bila komponen vector dari kuat medan berarah vertical, dia tidak akan mempengaruhi atau menimbulkan fenomena transien pada penghantar.



Gambar 2.4 Sambaran Petir Dan Gelombang Berjalan

Besarnya tegangan induksi petir pada SUTM tanpa kawat tanah adalah.

$$V_{id} = \frac{50.I.h}{D} \dots\dots\dots(2.4)$$

Sedangkan untuk besarnya tegangan induksi petir pada SUTM yang dilengkapi kawat tanah adalah.

$$V_{id} = \frac{50.I.h}{D} (1 - k_1) \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

$V_{id}$  = Tegangan lebih petir induksi (kV)

$I$  = Arus petir (kA)

$D$  = Jarak letak sambaran dengan SUTM (m)

$H$  = Tinggi SUTM (m)

$K_1$  = Faktor pengurangan

Maka dari itu, apabila tegangan induksi ( $V_{id}$ ) bernilai lebih besar dari tegangan ketahanan *impuls* isolator ( $V_{50\%}$ ) akan dapat menyebabkan gangguan pada jaringan SUTM.



### BAB III

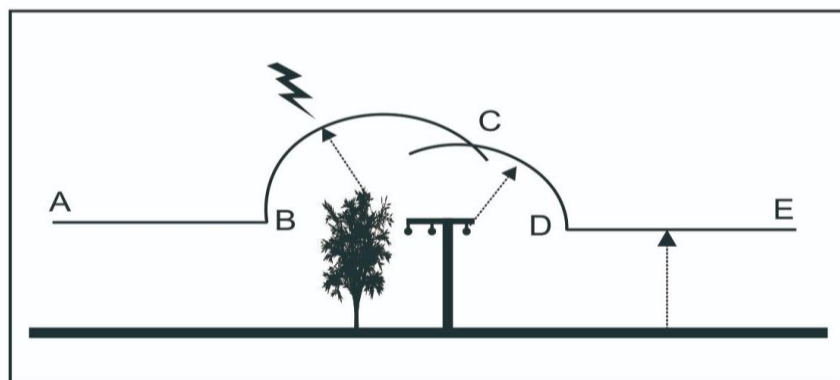
## PERLINDUNGAN GANGGUAN SAMBARAN PETIR PADA SUTM DENGAN MENGGUNAKAN KAWAT TANAH

### 3.1 Umum

Pada saluran udara tegangan menengah (SUTM) gangguan sambaran petir langsung sangat kecil, karena ketinggian SUTM dan daerah yang dilalui umumnya merupakan daerah yang melewati daerah pemukiman yang banyak terdapat bangunan dan pepohonan. Meskipun begitu, gangguan sambaran akibat petir pada SUTM cukup banyak. Gangguan sambaran petir tidak langsung lebih banyak dibandingkan dengan sambaran petir langsung. Hal ini dapat disebabkan pengaruh, yaitu :

1. Karena tingkat tahanan impuls isolasi  $V_{50\%}$  dari isolator SUTM relative rendah.
2. Karena lingkungan pemukiman yang di lewati SUTM terdapat banyak bangunan dan pepohonan.

Sambaran petir tidak akan mengenai pohon atau SUTM, apabila aliran petir berada diluar dari jarak sambaran petir. Jika petir mengenai bagian wilayah AB atau wilayah DE, sambaran petir mengenai bagian tanah. Untuk bagian BC sambaran petir akan mengenai pohon dan bila untuk bagian CD sambaran petir akan mengenai SUTM. Sambaran petir yang tidak mengenai bagian dari SUTM bisa dapat menyebabkan tegangan induksi sambaran petir pada SUTM.

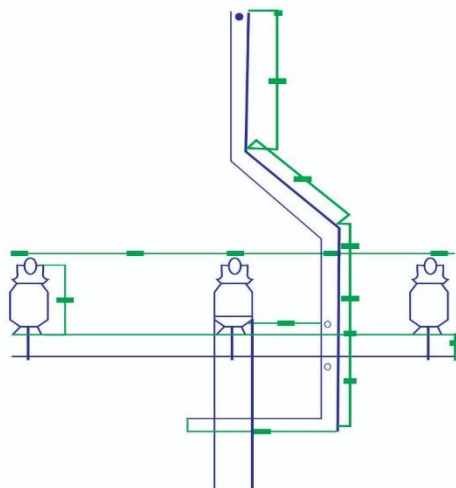


Gambar 3.1 Wilayah SUTM dan Pohon Dekat SUTM  
Terkana Sambaran Petir

### 3.2 Kawat Tanah

Peralatan perlindungan berfungsi perlindungan peralatan tenaga listrik agar tidak terkena sambaran petir dan dengan cara membatasi tegangan lebih yang datang. Kemudian mengalirkannya ke tanah.

Kawat Tanah (*Earth wire/ ground wire/ kawat petir*) adalah suatu pengamanan dari sistem tenaga listrik khususnya pada sistem transmisi/ distribusi yaitu dengan melindungi kawat penghantar atau kawat fasa terhadap sambaran petir. Kawat tanah ini dipasang diatas kawat fasa dengan sudut perlindungan yang sekecil mungkin, karena dianggap petir menyambar dari atas kawat. Oleh karena itu, kawat tanah juga disebut sebagai kawat pelindung (*shield wires*). Kawat tanah dipasang sejajar dengan tiang dan terletak di atas kawat fasa pada sistem distribusi listrik sehingga jika terjadi sambaran petir, yang terkena adalah kawat tanah bukan kawat fasanya sehingga peralatan listrik pada sistem distribusi tidak mengalami kerusakan. Sambaran petir yang mengenai kawat tanah akan ditanahkan (*grounding*). Namun jika petir menyambar dari samping maka dapat mengakibatkan kawat fasa tersambar dan dapat mengakibatkan terjadinya gangguan.



Gambar 3.2 Kawat Tanah Terpasang Diatas SUTM

### **3.2.1 Fungsi Kawat Tanah**

Kawat tanah berfungsi pelindung dari sambaran petir yang mengenai kawat fasa dan beranggapan sambaran petir mengenai kawat tanah agar tidak mengenai kawat fasa. Kawat tanah ini dapat diketanahkan secara langsung atau secara tidak langsung. Apabila sambaran petir terjadi secara langsung diharapkan sambaran mengenai kawat tanah dan kemudian arus tersebut akan menuju ke bawah tanah. Lalu, apabila sambaran petir terjadi secara tidak langsung, tegangan induksi yang terjadi diharapkan dapat bekurang.

### **3.2.2 Pemilihan Kawat Tanah**

Didalam pemilihan penggunaan kawat tanah harus dapat terdapat 4 kriteria [L.V. Bewley,1933], yaitu :

1. Jarak kawat tanah di atas kawat fasa diatur sedemikian rupa agar dapat mencegah sambaran langsung pada kawat fasa. Fungsi ini disebut sebagai perisai.
2. Pada tengah gawang (*mid span*) kawat tanah harus mempunyai jarak yang cukup di atas kawat fasa untuk mencegah terjadinya lompatan api samping (*side flashover*) selama waktu yang diperlukan untuk gelombang pantul negative dari manara kembali ke tengah dan ini akan mengurangi tegangan pada tengah gawang.
3. Tahanan kaki Menara harus cukup rendah untuk membatasi tegangan yang timbul pada isolator tidak terjadi lompatan api.

### **3.2.3 Pemasangan Kawat Tanah**

Pemasangan kawat tanah pada SUTM idealnya dilakukan mulai dari Gardu Induk sampai dengan ujung JTM. Hal tersebut membutuhkan anggaran investasi yang cukup besar sehingga dapat dilakukan pemetaan terlebih dahulu melalui peta petir dan evaluasi gangguan khususnya gangguan petir beberapa periode yang lalu untuk menentukan prioritas titik pemasangan kawat tanah pada SUTM tersebut.

Adapun langkah pemasangan kawat tanah adalah sebagai berikut :

- 1) Pemasangan arde atau *grounding* setiap 3 gawang, arde berfungsi sebagai pembumian dimana paling baik dipasang disetiap tiang sehingga dapat menyalurkan gelombang petir/surja ke tanah lebih cepat dan tidak mengganggu/merusak isolasi peralatan. Pertimbangan pemasangan arde tiap 3 tiang dengan mempertimbangkan nilai keandalan dan nilai ekonomis. Adapun pemasangan arde meliputi pemasangan pipa pelindung galvanize sebagai pelindung kawat BC atau kawat tembaga. Pada bagian tengah pipa galvanize yang telah dimasukkan kawat BC kemudian dilakukan pengecoran.
- 2) Pemasangan penyangga atau travers kawat tanah yaitu berupa UNP untuk travers tarik, serta pipa galvanize. UNP digunakan sebagai travers tarik dan dipasang pada tiang yang terdapat arde atau *grounding*, sedangkan untuk pipa galvanize dipasang pada tiang tanpa arde.

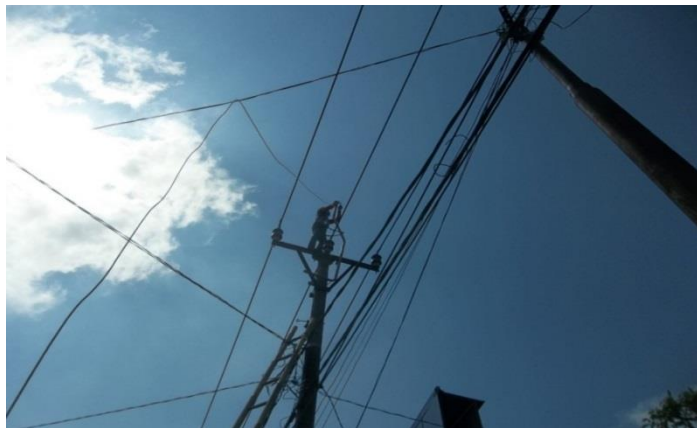


Gambar 3.3 Pemasangan Penyangga UNP



Gambar 3.4 Pemasangan Penyangga Pipa Galvanize

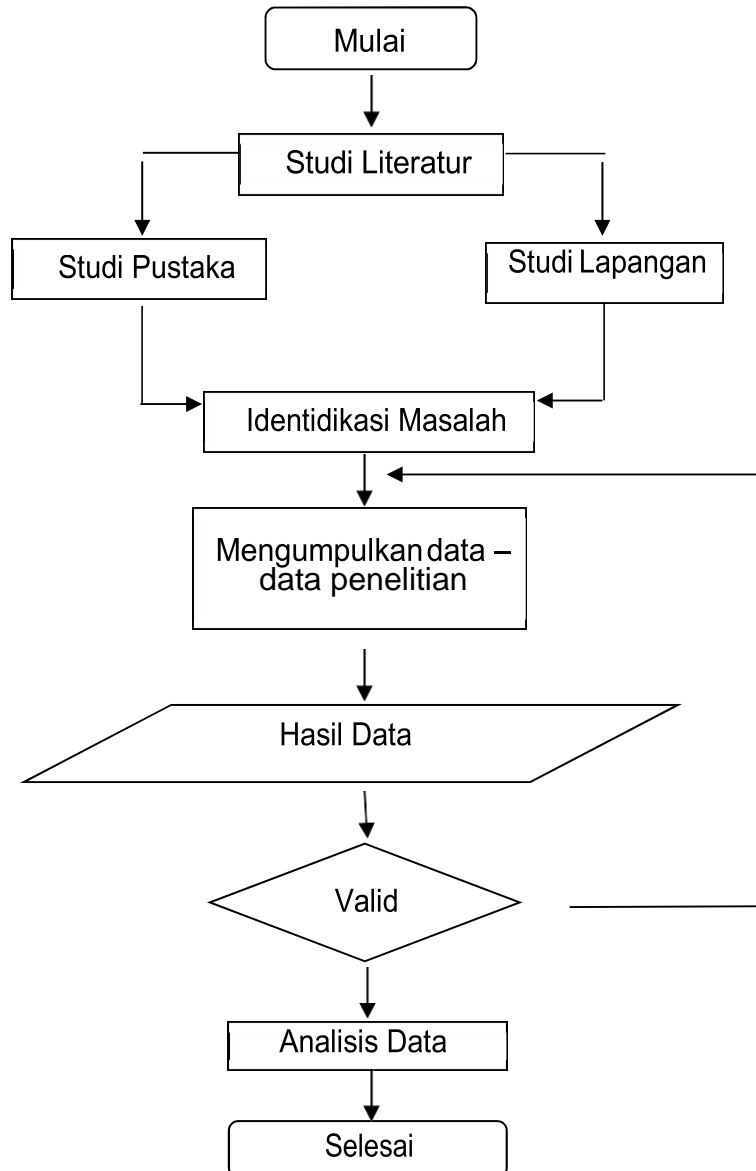
- 3) Langkah terakhir ialah pemasangan kawat penghantar *steel/wire*. Karena kawat penghantar yang akan dipasang dekat dengan konduktor SUTM maka pada saat pemasangan tersebut kondisi jaringan harus padam, hal ini dilakukan sesuai dengan prosedur langkah kerja serta dengan mempertimbangkan keselamatan kerja.



Gambar 3.5 Pemasangan Kawat Penghantar Kawat Tanah

### 3.3 Metode Penelitian

Untuk mempermudah pemahaman yang dilakukan di dalam penelitian, maka digunakan *flow chart* seperti ditunjukkan oleh Gambar 3.3 sebagai berikut ini



Gambar 3.6 Diagram Alir Penelitian

### 3.4 Teknik Pengolahan Data

Setelah didapatkan beberapa data terkait melalui tahap pengambilan data, dilakukan tahap berikutnya, yaitu tahap pengolahan data. Pengolahan data dilakukan dengan menganalisa data-data yang ada kemudian diikuti dengan merumuskan kesimpulan dari penelitian yang mengacu pada tujuan yang telah di rumuskan pada tahap persiapan.

### 3.5 Teknik Analisa Data

Analisa data digunakan untuk mengolah data yang telah di dapat, sehingga dapat menjawab rumusan masalah yang ada. Teknik analisis membahas hal-hal apa yang berkaitan dengan hal – hal tersebut.

#### 3.5.1 Jumlah Gangguan Sambaran Petir Tanpa Kawat Tanah

Dalam hal ini sambaran petir tidak terpasang kawat tanah dan berasumsikan sambaran petir mengenai kawat fasa. Akan tetapi, jalur SUTM terdapat pada pemukiman bangunan dan pepohonan sebagai pelindung dari terjadinya sambaran petir langsung.

##### 1. Sambaran petir langsung

Menentukan nilai kerapatan sambaran petir ke tanah.

$$N_g = 38 \cdot 10^{-3} (IKL)^{1,38} \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana :

$N_g$  = Kerapatan sambaran petir ke tanah (sambaran/ km<sup>2</sup>/ tahun)

IKL = Isokeuranc level (Hari Guruh)

Mencari luas bayang – bayang tiang

$$A = \left( \frac{28h^{0,6}+b}{10} \right) \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana :

A = Luas bayang – bayang tiang (km<sup>2</sup>/ 100 km saluran)

h = tinggi tiang SUTM terhadap permukaan tanah (meter)

b = lebar atau cross arm tiang (meter)

Maka didapat jumlah gangguan sambaran langsung tempat

terbuka.

$$N = N_g \times A \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana :

$N$  = Jumlah gangguan sambaran langsung daerah terbuka  
(sambaran/  $\text{km}^2$ / tahun)

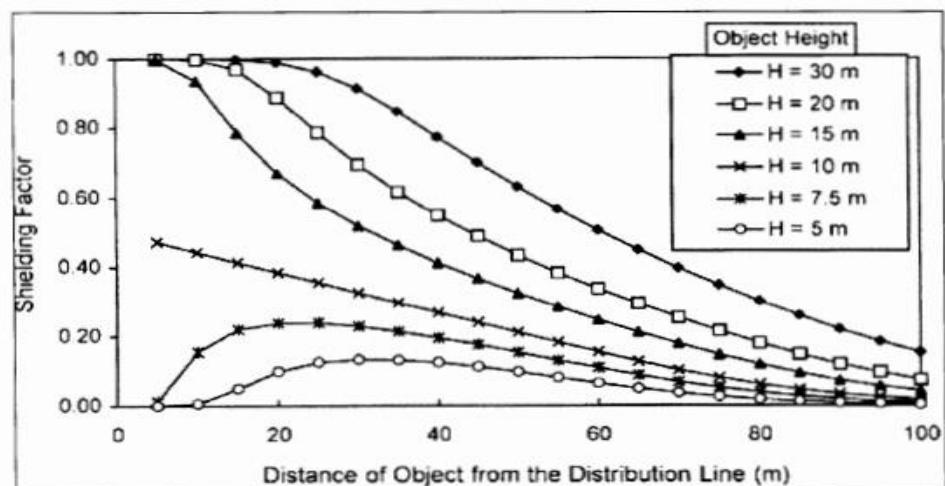
Dikarena SUTM terdapat di daerah pemukiman yang terdapat bangunan dan pepohonan. Maka, jumlah gangguan sambaran langsung.

$$N_f = N \times (1 - S_f) \dots\dots\dots(3.4)$$

Dimana :

$N_f$  = jumlah gangguan sambaran langsung di daerah pemukiman  
(sambaran/  $\text{km}^2$ / tahun)

$S_f$  = Shielding Faktor sebagai mengetahui objek terdekat dengan SUTM (Untuk mengetahui Shielding faktor dapat dilihat pada grafik 3.1)



Grafik 3.1 Nilai Shielding Faktor akibat adanya benda disekitar saluran.



## 2. Sambaran tidak langsung

Jumlah gangguan sambaran tidak langsung tempat terbuka tidak ada pemukiman.

$$N_i = N_g \times A \dots\dots\dots(3.5)$$

Dimana :

$N_i$  = Jumlah gangguan sambaran tidak langsung daerah terbuka (sambaran/ km<sup>2</sup>/ tahun)

Untuk rumus diatas nilai kerapatan sambaran petir ke tanah ( $N_g$ ) adalah 1.

Jumlah gangguan sambaran tidak langsung jalur SUTM melewati pemukiman yang terdapat bangunan dan pepohonan adalah.

$$N_{if} = N_g \times N_i \times 2 \dots\dots\dots(3.6)$$

Dimana :

$N_{if}$  = Jumlah gangguan sambaran tidak langsung daerah pemukiman (sambaran/ km<sup>2</sup>/ tahun)

Untuk nilai  $N_g$  menggunakan rumus (3.1).

### 3.5.2 Jumlah Gangguan Sambaran Petir Terpasang Kawat Tanah

Dalam hal ini sambaran petir terpasang kawat tanah dan berasumsikan sambaran petir mengenai kawat fasa. Tapi, jalur SUTM terdapat pada pemukiman bangunan dan pepohonan sebagai pelindung dari terjadinya sambaran petir langsung.

#### 1. Sambaran petir langsung

Menentukan nilai kerapatan sambaran petir ke tanah terletak pada rumus (3.1).

Lalu mencari luas bayang – bayang pada tiang menggunakan rumus (3.2).

Maka didapat jumlah gangguan sambaran langsung tempat terbuka lihat pada rumus (3.3).

Saluran dipasang 1 kawat tanah, jumlah gangguan sambaran langsung apabila daerah terbuka atau tidak ada pohon – pohon terpasang 1 kawat tanah.

$$N_d = N \times 30\% \dots\dots\dots(3.7)$$

N = Jumlah gangguan sambaran langsung daerah terbuka t terpasang 1 kawat tanah (sambaran/ km<sup>2</sup>/ tahun)

Dikarena SUTM terdapat di daerah pemukiman yang terdapat bangunan dan pepohonan. Maka, jumlah gangguan sambaran langsung.

$$N_{fd} = N_d \times (1 - S_f) \dots\dots\dots(3.8)$$

Dimana :

N<sub>fd</sub> = jumlah gangguan sambaran langsung di daerah pemukiman (sambaran/ km<sup>2</sup>/ tahun)

S<sub>f</sub> = Shielding Faktor (untuk mengetahui shielding faktor dapat dilihat pada grafik 3.1)

## 2. Sambaran tidak langsung

Jumlah gangguan sambaran tidak langsung tempat terbuka tanpa ada pemukiman menggunakan rumus (3.5).

Dikarenakan disekitar penyulang lukisan terdapat pohon – pohon dan terpasang 1 kawat tanah. Adanya pengurangan tegangan induksi adalah

$$\frac{\text{Jumlah Kawat Tanah}}{\text{Jumlah Kawat Fasa}} = \frac{1}{3} = 0,3 \dots\dots\dots(3.9)$$

Maka, jumlah gangguan sambaran tidak langsung, yaitu :

$$N_{id} = N_i \times (1 - 0,3) \dots\dots\dots(3.10)$$

Dimana :

N<sub>id</sub> = Jumlah gangguan sambaran tidak langsung di saluran adanya pemukiman dan terpasang 1 kawat tanah (sambaran/ km<sup>2</sup>/ tahun)

### 3.5.3 Jumlah Gangguan Sambaran Petir SUTM

Didapat jumlah gangguan petir pada SUTM yang melewati pemukiman pepohonan dan bangunan, yaitu :

- (Sebelum pemasangan kawat tanah)

$$N_{tf} = N_f + N_{if} \dots\dots\dots(3.11)$$

- (Sesudah pemasangan kawat tanah)

$$N_{td} = N_{fd} + N_{id} \dots\dots\dots(3.12)$$

Dimana :

$N_{tf}$  = Jumlah gangguan sambaran petir sebelum terpasang kawat tanah pada SUTM (sambaran/ km<sup>2</sup>/ tahun)

$N_{td}$  = Jumlah gangguan sambaran petir setelah terpasang kawat tanah pada SUTM (sambaran/ km<sup>2</sup>/ tahun)

### 3.5.4 Persentase Gangguan Sambaran Petir

Persentase gangguan sambaran petir setelah terpasang kawat tanah.

- (persentase pengurangan gangguan sambaran langsung setelah terpasang kawat tanah)

$$P = \left( \frac{N_f - N_{fd}}{N_f} \right) \times 100 \% \dots\dots\dots(3.13)$$

- (persentase pengurangan gangguan sambaran tidak langsung setelah terpasang kawat tanah)

$$P = \left( \frac{N_{if} - N_{id}}{N_{if}} \right) \times 100 \% \dots\dots\dots(3.14)$$

- (persentase pengurangan gangguan sambaran petir setelah terpasang kawat tanah)

$$P = \left( \frac{N_{tf} - N_{td}}{N_{tf}} \right) \times 100 \% \dots\dots\dots(3.15)$$

Dimana :

P = Persentase Pengurangan

## **BAB IV**

### **ANALISIS PEMASANGAN KAWAT TANAH YANG MELALUI DAERAH PEPOHONAN PADA SALURAN UDARA TEGANGAN MENENGAH 20 kV PADA PENYULANG LUKISAN DI PT. PLN AREA TELUK NAGA**

#### **4.1 Umum**

Pada saluran udara tegangan menengah 20 kV sering terjadi gangguan akibat dari sambaran petir yang dapat mengakibatkan tegangan lebih di saluran. Sehingga, terjadinya gangguan akibat sambaran petir dapat memadamkan aliran listrik. Maka dari itu perlunya pemasangan kawat tanah pada saluran udara tegangan menengah 20 kV sebagai proteksi akibat dari sambaran petir.

Dalam gangguan sambaran petir yang terjadi pada saluran terbagi menjadi dua, yaitu sambaran langsung dan sambaran tidak langsung. Gangguan petir sambaran langsung terjadi karena petir langsung mengarah ke kawat fasa, yang dapat mengakibatkan kawat fasa bisa terputus. Sedangkan, gangguan petir sambaran tidak langsung terjadi karena petir menyambar ke benda atau tanah yang berdekatan dengan SUTM. Sehingga dapat memicu kenaikan tegangan lebih induksi pada saluran. Walaupun gangguan sambaran petir mengenai kawat fasa sangat kecil karena SUTM terdapat di daerah pemukiman, tapi sambaran petir yang mengenai benda disekitar SUTM akan menyebabkan yang sama bahayanya dengan petir yang langsung mengenai SUTM.

Kawat tanah yang dipakai pada penyulang lukisan ini dipasang diatas kawat fasa dan pemasangan dilakukan di beberapa titik bagian pada saluran yang sering terjadi gangguan akibat petir. Dengan pemasangan kawat tanah dapat mengurangi gangguan akibat sambaran petir. Oleh karena itu, dilakukan penelitian mengenai sebelum pemasangan kawat tanah dan sesudah pemasangan kawat tanah tersebut.

## 4.2 Data Pada Penyulang Lukisan

### 4.2.1 Panjang Saluran Penyulang Lukisan

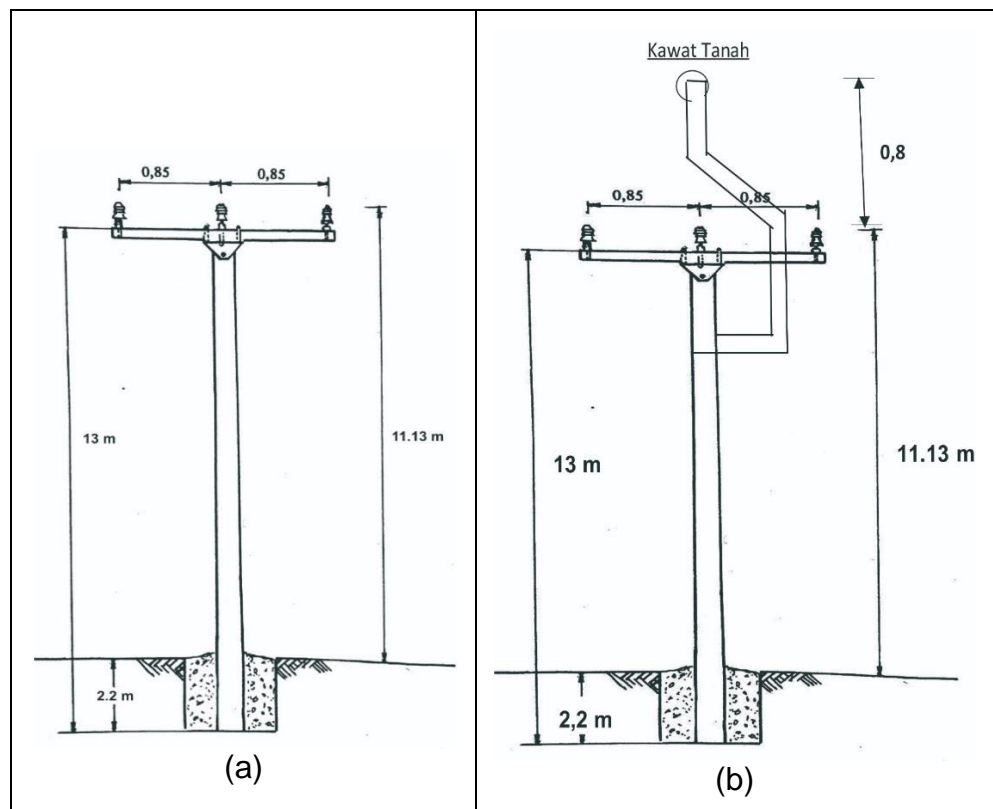
Pada penyulang lukisan berada di daerah kutabumi kab. Tangerang yang masih dalam wilayah PT. PLN area Teluk Naga.

1. Panjang SKTM : 1,526 km = 1526 m Saluran

- Jenis Kabel : XLPE
- Luas Penampang : 240 mm<sup>2</sup>
- Rating Arus : 240 A

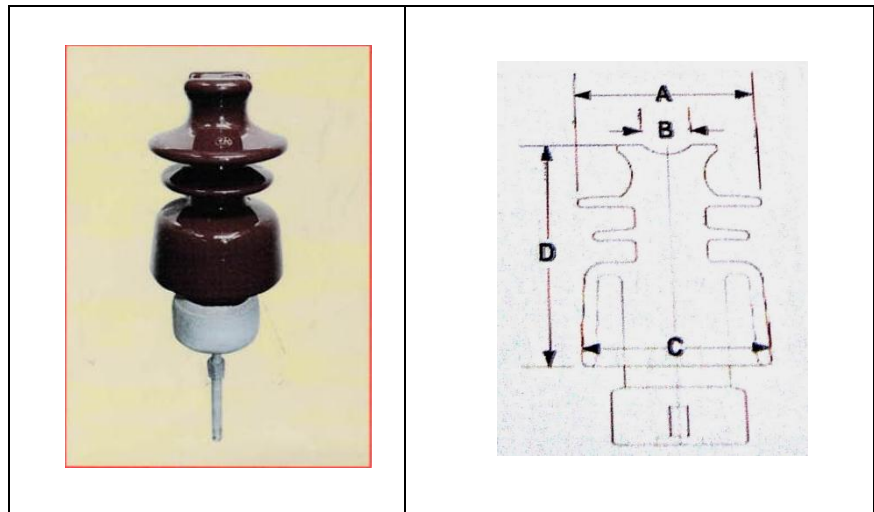
2. Panjang SUTM : 4,63 km = 4630 m saluran

- Jenis Konduktor : AAAC-S
- Jarak Gawang : 45 meter (103 gawang)
- Luas Penampang : 150 mm<sup>2</sup>
- Ukuran Gawang : 13 meter (Beton)
- Terpasang Kawat Tanah : 28 gawang



Gambar 4.1 Ukuran Tiang Penyulang Lukisan (a) Tiang Tanpa Kawat Tanah dan (b) Tiang Terpasang Kawat Tanah

3. Jenis Isolator : Isolator tipe pin post



Gambar 4.2 Isolator Tipe Pin Post

- Ukuran Isolator Tipe Pin Post :
  - A : 178 mm      B : 50 mm
  - C : 180 mm      D : 330 mm
- Creepage Distance : 534 mm
- Wet Power Frequency Withstand Voltage : 65 kV
- $V_{50\%}$  (Kekuatan Isolasi Minimum) : 150 kV
- Minimum Bending Strength : 10,7

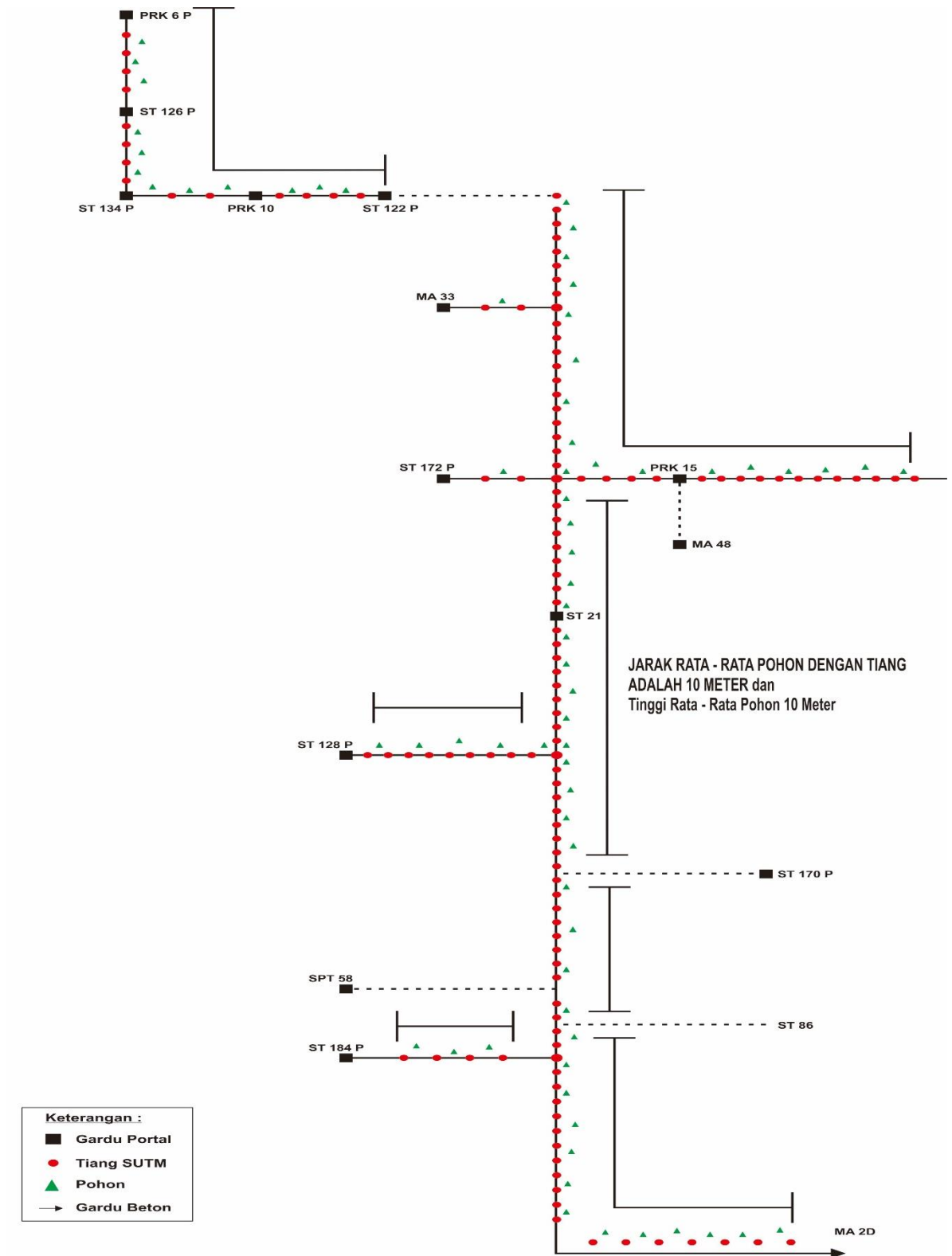
4. Jumlah Panjang Total Saluran : 6,156 km saluran

- Panjang SUTM Terpasang Kawat Tanah : 1170 meter



Gambar 4.3 Sketsa Lingkungan Penyulang Lukisan Yang Terpasang Kawat Tanah

- Peta Jaringan Penyulang Lukisan



Gambar 4.4 Peta Jaringan Penyulang Lukisan

#### 4.2.2 Data Jumlah Gangguan Penyulang Lukisan Tahun 2016 Dan 2017 PT. PLN (Persero) Area Teluk Naga

Jumlah penyebab gangguan yang terjadi sebelum pemasangan kawat tanah terdapat pada table 4.1 penyebab gangguan penyulang Lukisan tahun 2016 dan table 4.2 jumlah gangguan yang terjadi setelah terpasangnya kawat tanah pada tahun 2017.

Tabel 4.1 Penyebab Gangguan Penyulang Lukisan Tahun 2016  
PT. PLN (Persero) Area Teluk Naga

No.	Tanggal	Gangguan
1.	1 Januari 2016	Gangguan Tidak Jelas
2.	2 Januari 2016	CO Putus gardu
3.	12 Januari 2016	SKTM ST 122P - MA 33
4.	9 April 2016	Ular nempel di gardu SPT 58 - ST 86
5.	17 April 2016	Binatang Kelelawar nempel sutm - ST 20
6.	4 Juli 2016	SUTM putus phase 1 ST 136 - ST 122P
7.	8 Juli 2016	Gangguan Tidak Jelas
8.	16 Juli 2016	SUTM putus phase 3 ST 21 – SUTM
9.	17 Juli 2016	Gangguan Tidak Jelas
10.	4 Agustus 2016	Musang di PRK 15

Tabel 4.2 Penyebab Gangguan Penyulang Lukisan Tahun 2017  
PT. PLN (Persero) Area Teluk Naga

No.	Tanggal	Gangguan
1.	1 April 2017	Outdoor Putus SUTM ST 136 – ST 122P
2.	31 Mei 2017	Outdoor Putus SUTM ST 136



### 4.3 Gangguan Petir Pada SUTM 20 kV Tanpa Kawat Tanah

#### 4.3.1 Sambaran Langsung

Pada tinggi tiang SUTM dari atas permukaan tanah hingga kawat fasa ialah  $(h) = 11,13$  meter, nilai cross arm tiang  $(b) = 1,7$  m dan nilai hari guruh (IKL) pada tahun 2016 di daerah penyulang Lukisan adalah 58,7. Maka mencari jumlah kerapatan sambaran ke tanah ( $N_g$ ).

$$N_g = 38 \cdot 10^{-3} (IKL)^{1,38}$$

$$N_g = 38 \cdot 10^{-3} (58,7)^{1,38}$$

$$N_g = 10,483 \text{ sambaran/ km}^2/\text{ tahun}$$

Lalu, luas bayang – bayang tiang untuk 100 km panjang saluran udara tegangan menengah (A), yaitu :

$$A = \left( \frac{28h^{0,6} + b}{10} \right)$$

$$A = \left( \frac{28(11,13)^{0,6} + 1,7}{10} \right)$$

$$A = 12,05 \text{ km}^2/ 100 \text{ km saluran}$$

Didapat gangguan sambaran langsung (N) apabila daerah terbuka penyulang Lukisan, yaitu :

$$N = N_g \times A$$

$$N = 10,483 \text{ sambaran/ km}^2/\text{ tahun} \times \\ 12,05 \text{ km}^2/ 100 \text{ km saluran}$$

$$N = 126,320 \text{ sambaran/ 100 km/ tahun}$$

Disekitar penyulang lukisan terdapat pohon – pohon dengan rata – rata jarak dengan tiang sekitar 10 meter dan tinggi pohon 10 meter. Dengan ini nilai Shielding faktor ( $S_f$ ) adalah 0,45 dari (grafik 3.1).

Maka didapat jumlah gangguan sambaran langsung akibat adanya pengaruh lingkungan adalah :

$$N_f = N \times (1 - S_f)$$

$$N_f = 126,320 \text{ sambaran/ } 100 \text{ km/ tahun} \\ \times (1 - 0,45)$$

$$N_f = 69,476 \text{ sambaran/ } 100 \text{ km/ tahun}$$

Maka dengan panjang saluran penyulang Lukisan 4,63 km didapat jumlah gangguan sambaran petir langsung ( $N_f$ ) adalah **3,216 sambaran/ 4,63 km/ tahun.**

#### 4.3.2 Sambaran Tidak Langsung

Pada tinggi tiang SUTM dari atas permukaan tanah hingga kawat fasa ialah ( $h$ ) = 11,13 meter, nilai cross arm tiang ( $b$ ) = 1,7 m dan nilai hari guruh ( $T_d$ ) pada tahun 2016 di daerah penyulang Lukisan adalah 58,7. Maka mencari jumlah kerapatan sambaran ke tanah ( $N_g$ ).

$$N_g = 38. 10^{-3}(IKL)^{1,38}$$

$$N_g = 38. 10^{-3}(58,7)^{1,38}$$

$$N_g = 10,483 \text{ sambaran/ km}^2 \text{ / tahun}$$

Lalu, luas bayang – bayang tiang untuk 100 km panjang saluran udara tegangan menengah ( $A$ ), yaitu :

$$A = \left( \frac{28h^{0,6} + b}{10} \right)$$

$$A = \left( \frac{28(11,13)^{0,6} + 1,7}{10} \right)$$

$$A = 12,05 \text{ km}^2 \text{ / } 100 \text{ km saluran}$$

Jumlah gangguan sambaran tidak langsung apabila daerah terbuka atau tidak ada pelindung dari lingkungan ini. Namun, untuk hal ini nilai  $N_g = 1$ .

$$N_i = N_g \times A$$

$$N_i = 1 \text{ sambaran/ km}^2/\text{ tahun} \times 12,05 \text{ km}^2/ 100 \text{ km saluran}$$

$$N_i = 12,05 \text{ sambaran/ 100 km/ tahun}$$

Dikarenakan disekitar penyulang Lukisan terdapat pohon – pohon. Maka, jumlah gangguan sambaran tidak langsung, yaitu :

$$N_{if} = N_g \times N_i \times 2$$

$$N_{if} = 10,483 \text{ sambaran/ km}^2/\text{ tahun} \times 12,05 \text{ sambaran/ 100 km/ tahun} \times 2$$

$$N_{if} = 252,640 \text{ sambaran/ 100 km/ tahun}$$

Maka dengan panjang saluran penyulang Lukisan 4,63 km didapat jumlah gangguan sambaran petir tidak langsung ( $N_{if}$ ) adalah **11,697 sambaran/ 4,63 km/ tahun**.

#### **4.3.3 Jumlah Gangguan Petir Sebelum Pemasangan Kawat Tanah**

Didapat jumlah gangguan petir sebelum pemasangan kawat pada penyulang Lukisan, yaitu :

$$N_{tf} = N_f + N_{if}$$

$$N_{tf} = 69,476 \text{ sambaran/ 100 km/ tahun} + 252,640 \text{ sambaran/ 100 km/ tahun}$$

$$N_{tf} = 322,116 \text{ sambaran/ 100 km/ tahun}$$

Maka dengan panjang saluran penyulang Lukisan 4,63 km didapat jumlah gangguan sambaran petir ( $N_{tf}$ ) adalah **14,913 sambaran/ 4,63 km/ tahun**.

#### 4.4 Gangguan Petir Pada SUTM 20 kV Terpasang Kawat Tanah

##### 4.4.1 Sambaran Langsung

Pada tinggi tiang SUTM dari atas permukaan tanah hingga kawat tanah ( $h_t$ ) = 11,93 meter, nilai cross arm tiang ( $b$ ) = 0 dikarenakan terpasang 1 kawat tanah dan nilai hari guruh (IKL) pada tahun 2017 di daerah penyulang Lukisan adalah 45,5. Maka mencari jumlah kerapatan sambaran ke tanah ( $N_g$ ).

$$N_g = 38 \cdot 10^{-3} (IKL)^{1,38}$$

$$N_g = 38 \cdot 10^{-3} (45,5)^{1,38}$$

$$N_g = 7,376 \text{ sambaran/ km}^2/\text{ tahun}$$

Lalu, luas bayang – bayang untuk 100 km panjang saluran udara tegangan menengah (A), yaitu :

$$A = \left( \frac{28 h_t^{0,6+b}}{10} \right)$$

$$A = \left( \frac{28 (11,93)^{0,6+0}}{10} \right)$$

$$A = 12,392 \text{ km}^2/ 100 \text{ km saluran}$$

Jumlah gangguan sambaran langsung apabila daerah terbuka atau tidak ada pohon – pohon (N) pada penyulang Lukisan.

$$N = N_g \times A$$

$$N = 7,376 \text{ sambaran/ km}^2/\text{ tahun} \times \\ 12,392 \text{ km}^2/ 100 \text{ km saluran}$$

$$N = 91,403 \text{ sambaran/ 100 km/ tahun}$$

Saluran terpasang 1 kawat tanah, maka jumlah gangguan sambaran langsung apabila daerah terbuka atau tidak ada pohon – pohon.

$$N_d = N \times 30\%$$

$$N_d = 91,403 \text{ sambaran/ } 100 \text{ km/ tahun} \times 30\%$$

$$N_d = 27,420 \text{ sambaran/ } 100 \text{ km/ tahun}$$

Disekitar penyulang Lukisan terdapat pohon – pohon dengan rata – rata jarak dengan tiang sekitar 10 meter dan tinggi pohon 10 meter dan adanya pemasangan kawat tanah diatas tiang. Dengan ini nilai Shielding faktor ( $S_f$ ) adalah 0,45 dari (grafik 3.1).

Maka didapat jumlah gangguan sambaran langsung akibat adanya pengaruh lingkungan pada penyulang Lukisan adalah.

$$N_{fd} = N_d \times (1 - S_f)$$

$$N_{fd} = 27,420 \text{ sambaran/ } 100 \text{ km/ tahun} \times (1 - 0,45)$$

$$N_{fd} = 15,081 \text{ sambaran/ } 100 \text{ km/ tahun}$$

Maka dengan panjang saluran penyulang Lukisan 4,63 km didapat jumlah gangguan sambaran petir langsung ( $N_{fd}$ ) adalah **0,698 sambaran/ 4,63 km/ tahun.**

Pengurangan jumlah gangguan sambaran langsung dengan terpasang kawat tanah adalah sebesar :

$$P = \left( \frac{N_f - N_{fd}}{N_f} \right) \times 100 \%$$

$$P = \left( \frac{69,476 - 15,081}{69,476} \right) \times 100 \%$$

$$P = 78,293 \%$$

#### 4.4.2 Sambaran Tidak Langsung

Pada tinggi tiang SUTM dari atas permukaan tanah hingga kawat tanah ( $h_t$ ) = 11,93 meter, nilai cross arm tiang ( $b$ ) = 0 dikarenakan terpasang 1 kawat tanah dan nilai hari guruh (IKL) pada tahun 2016 di daerah penyulang Lukisan adalah 45,5. Maka mencari jumlah kerapatan sambaran ke tanah ( $N_g$ ).

$$N_g = 38 \cdot 10^{-3} (\text{IKL})^{1,38}$$

$$N_g = 38 \cdot 10^{-3} (45,5)^{1,38}$$

$$N_g = 7,376 \text{ sambaran/ km}^2/\text{ tahun}$$

Lalu, luas bayang – bayang untuk 100 km panjang saluran udara tegangan menengah (A), yaitu :

$$A = \left( \frac{28ht^{0,6+b}}{10} \right)$$

$$A = \left( \frac{28(11,93)^{0,6+0}}{10} \right)$$

$$A = 12,392 \text{ km}^2/ 100 \text{ km saluran}$$

Jumlah gangguan sambaran tidak langsung apabila saluran terbuka ( $N_i$ ) atau tanpa ada pohon – pohon pada penyulang lukisan. Namun, untuk hal ini nilai  $N_g = 1$ .

$$N_i = N_g \times A$$

$$N_i = 1 \text{ sambaran/ km}^2/\text{ tahun} \times \\ 12,392 \text{ km}^2/ 100 \text{ km saluran}$$

$$N_i = 12,392 \text{ sambaran/ 100 km/ tahun}$$

Dikarenakan disekitar penyulang lukisan terdapat pohon – pohon dan terpasang 1 kawat tanah. Adanya pengurangan tegangan induksi adalah

$$\frac{\text{Jumlah Kawat Tanah}}{\text{Jumlah Kawat Fasa}} = \frac{1}{3} = 0,3$$

Maka, jumlah gangguan sambaran tidak langsung, yaitu :

$$N_{id} = N_i \times (1 - 0,3)$$

$$N_{id} = 12,392 \text{ sambaran/ } 100 \text{ km/ tahun} \times (1 - 0,3)$$

$$N_{id} = 8,674 \text{ sambaran/ } 100 \text{ km/ tahun}$$

Maka dengan panjang saluran penyulang Lukisan 4,63 km didapat jumlah gangguan sambaran petir tidak langsung ( $N_{id}$ ) adalah **0,401 sambaran/ 4,63 km/ tahun**.

Pengurangan jumlah gangguan sambaran tidak langsung dengan terpasang kawat tanah adalah sebesar :

$$P = \left( \frac{N_{if} - N_{id}}{N_{if}} \right) \times 100 \%$$

$$P = \left( \frac{252,640 - 8,674}{252,640} \right) \times 100 \%$$

$$P = 96,571 \%$$

#### 4.4.3 Jumlah Gangguan Petir Setelah Terpasang Kawat Tanah

Jumlah gangguan akibat petir setelah pemasangan kawat tanah pada penyulang Lukisan adalah.

$$N_{td} = N_{fd} + N_{id}$$

$$N_{td} = 15,081 + 8,674$$

$$N_{td} = 23,755 \text{ sambaran/ } 100 \text{ km/ tahun}$$

Maka dengan panjang saluran penyulang Lukisan 4,63 km didapat jumlah gangguan sambaran petir ( $N_{td}$ ) adalah **1,099 sambaran/ 4,63 km/ tahun**.

Persentase pengurangan jumlah gangguan sambaran petir dengan terpasang kawat tanah adalah sebesar :

$$P = \left( \frac{N_{tf} - N_{td}}{N_{tf}} \right) \times 100 \%$$

$$P = \left( \frac{322,116 - 23,755}{322,116} \right) \times 100 \%$$

$$P = 92,625 \%$$

#### 4.5 Analisis Gangguan Akibat Petir Pada SUTM 20 kV

Pada gangguan petir sambaran langsung yang terjadi sebelum pemasangan kawat tanah di penyulang Lukisan pada tahun 2016 sebesar 3,216 sambaran/ 4,63 km/ tahun, sedangkan gangguan petir sambaran langsung yang terjadi setelah terpasang kawat tanah di penyulang Lukisan pada tahun 2017 sebesar 0,698 sambaran/ 4,63 km/ tahun. Dengan ini adanya penurunan gangguan yang terjadi dengan pemasangan kawat tanah pada saluran tersebut. Apabila ada arus gangguan yang terjadi pada kawat tanah, maka akan disalurkan ke tanah dan kawat fasa akan terlindung dari gangguan petir sambaran langsung. Tetapi untuk saluran yang tidak menggunakan kawat tanah, maka sambaran petir akan langsung mengenai kawat fasa yang merupakan gangguan pada saluran tersebut. Sehingga disarankan untuk saluran udara menggunakan kawat tanah agar jumlah gangguan akibat sambaran petir langsung dapat berkurang. Walaupun, pada saluran tegangan menengah gangguan sambaran langsung jarang terjadi, karena jalur saluran tegangan menengah melewati daerah yang ada pepohonan dan bangunan – bangunan.

Dari gangguan petir sambaran tidak langsung yang terjadi sebelum pemasangan kawat tanah di penyulang Lukisan pada tahun 2016 adalah 11,697 sambaran/ 4,63 km/ tahun, sedangkan gangguan petir sambaran tidak langsung yang terjadi setelah pemasangan kawat tanah di penyulang Lukisan pada tahun 2017 adalah 0,401 sambaran/ 4,63 km/ tahun. Berkurangnya gangguan sambaran tidak langsung setelah pemasangan kawat tanah dikarenakan pengaruh kawat tanah terhadap



tegangan induksi yang terjadi dengan ada faktor perisai.

Perhitungan gangguan akibat sambaran petir yang telah dilakukan, bahwa di dapat gangguan sambaran petir sebelum dan sesudah pemasangan kawat tanah yang terjadi pada penyulang Lukisan. Dari hasil data perhitungan total gangguan petir sebelum pemasangan kawat tanah sebesar 14,913 sambaran/ 4,63 km/ tahun dan hasil data perhitungan setelah pemasangan kawat tanah sebesar 1,099 sambaran/ 4,63 km/ tahun. Dari data yang ada di PT. PLN (Persero) area Teluk Naga, terjadinya penurunan data gangguan tidak jelas di penyulang lukisan setelah adanya pemasangan kawat tanah diawal tahun 2017. Jadi, adanya pengaruh besar pemasangan kawat tanah di sutm. Sehingga, dengan pemasangan kawat tanah terjadinya pengurangan gangguan akibat petir disepanjang saluran penyulang lukisan.

Adanya pengaruh hari guruh (IKL) per tahun. Hari guruh (IKL) tahun 2016 adalah 58,7 rata – rata pertahun sebelum pemasangan kawat tanah, sedangkan hari guruh (IKL) tahun 2017 adalah 45,5 rata – rata per tahun sudah terpasang kawat tanah. Terjadinya penurunan hari guruh (IKL) disekitar penyulang lukisan. Hal ini juga mempengaruhi penurunan sambaran petir yang terjadi disekitaran penyulang Lukisan.

Table 4.3 Gangguan Sambaran Petir Sebelum Terpasang Kawat Tanah dan Setelah Terpasang Kawat Tanah

Gangguan Sambaran Petir Sebelum Terpasang Kawat Tanah	Gangguan Sambaran Petir Setelah Terpasang Kawat Tanah	Persentase Pengurangan Gangguan Sambaran Petir Setelah Terpasang Kawat tanah
322,116 sambaran/ 100 km/ tahun	23,755 sambaran/ 100 km/ tahun	92,625 %

## **BAB V PENUTUP**

### **5.1 Simpulan**

Pada Penelitian Analisis Pemasangan Kawat Tanah Yang Melalui Daerah Pepohonan Pada Saluran Udara Tegangan Menengah 20 kV Pada Penyulang Lukisan Di PT. PLN Area Teluk Naga dapat disimpulkan.

1. Adanya terjadi pengurangan gangguan akibat sambaran petir langsung pada penyulang lukisan setelah pemasangan kawat tanah menjadi sebesar 15,081 sambaran/ 100 km/ tahun, dengan sebelum pemasangan kawat tanah sebesar 69,476 sambaran/ 100 km/ tahun. Maka persentase pengurangan tersebut adalah 78, 293 %
2. Adanya terjadi pengurangan gangguan akibat petir tidak langsung pada penyulang lukisan setelah pemasangan kawat tanah menjadi sebesar 8,674 sambaran/ 100 km/ tahun, dengan sebelum pemasangan kawat tanah sebesar 252,640 sambaran/ 100 km/ tahun. Maka persentase pengurangan tersebut adalah 96,571 %
3. Terjadinya pengurangan gangguan sambaran petir pada penyulang Lukisan yang sebelumnya sebesar 322,116 sambaran/ 100 km/ tahun dan setelah pemasangan kawat jumlah gangguan berkurang menjadi sebesar 23,755 sambaran/ 100 km/ tahun. Maka persentase pengurangan gangguan sambaran petir setelah terpasang kawat tanah adalah 92, 625 %.

### **5.2 Saran**

1. Perlu dilakukannya pemasangan kawat tanah pada tiang saluran udara tegangan menengah (SUTM) untuk seluruh saluran, agar gangguan akibat sambaran petir dapat berkurang.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anderson J.G. (1982). "Lightning Performance of Transmission Lines, Transmission Lines Ref. Book 345 kV and above, EPRI 2<sup>nd</sup>.
- [2] Arismunandar Dr, S. Kuwara. (2004). "Buku Pegangan Teknik Tegangan Listrik Jilid II", PT. Pradnorya Paramita, Jakarta.
- [3] Badaruddin, Hutabarat, Rinalto, "Perhitungan Lightning Performance Dengan Menggunakan Overhead Ground Wire Pada Penyulang Ruko Di PLN Area Serpong, Universitas Mercu Buana, Jakarta.
- [4] IEEE Standards Board. (1996). IEEE Guide for Direct Lightning Stroke Shielding of Substations, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, American.
- [5] IEEE Standards Board. (2010) "IEE Guide for Improving the Lightning Performance of Electric Power Overhead Distribution Lines, The Institute of Electrical and Electronic Engineers, Inc, American.
- [6] PT. PLN(Persero). (2010). "Buku 5 Standart Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik".
- [7] Sirait K.T, Zoro R. (1986). "Perlindungan Terhadap Tegangan Lebih Pada Sistim Tenaga Listrik", ITB, Bandung.
- [8] T.S. Hutaaruk. (1991). "Gelombang Berjalan dan Proteksi Peralatan Terhadap Surja", Erlangga, Jakarta.
- [9] Yokoyama, Shigeru. (2007). "*Designing Concept On Lightning Protection of Overhead Power Distribution Line*". Brazil.
- [10] Zoro, Reynaldo. (2011). "Studi Pengaman Terhadap Sambaran Petir PT. PLN (Persero) Distribusi Jakarta Raya dan Tangerang Area Serpong.

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



### A. Data Personal

NIM : 2014-11-090  
Nama : Israfi Ibnu Raafsanjani  
Tempat/Tgl. Lahir : Tangerang, 20 Desember 1995  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Agama : Islam  
Status Perkawinan : Belum kawin  
Program Studi : Strata Satu  
Alamat Rumah : Bugel Mas Indah Jl. Flamboyan 3 Blok b8 no. 2  
Kec. Karawaci Kota Tangerang  
Nomor HP : 08989840469  
Email : [israfiibnu@gmail.com](mailto:israfiibnu@gmail.com)

### B. Pendidikan

Jenjang	Nama Lembaga	Jurusan	Tahun Lulus
SD	SDN Bugel 2 Tangerang	-	2008
SMP	SMP PGRI 1 Tangerang	-	2011
SMA	SMAN 15 Tangerang	IPA	2014

Demikian daftar riwayat hidup ini dibuat dengan sebenarnya.

Jakarta, 19 Juli 2018  
Mahasiswa Ybs.

(Israfi Ibnu Raafsanjani)

Lampiran A. Rekapitulasi Gangguan PT. PLN (Persero) Area Teluk Naga



PT. PLN (Persero)  
Distribusi Banten  
Area Teluk Naga

**Rekap Gangguan Penyulang Lukisan tahun 2016**

No	Waktu padam	Jenis Jaringan	Penyebab gangguan	Relay Bekerja
1.	1-Jan-16	SUTM	Gangguan Tidak Diketahui	OCM
2	2-Jan-16	SUTM	CO Putus gardu	GFM
3	12-Jan-16	SUTM	SKTM ST 122P - MA 33	GFM
4	9-Apr-16	SUTM	ular nempel di gardu SPT 58 - ST 86	MGF
5	17-Apr-16	SUTM	Binatang Kelelawar nempel sutm - ST 20	GF
6	4-Jul-16	SUTM	sutm putus phase 1 ST 136 - ST 122P	GF
7.	8-Jul-16	SUTM	Gangguan Tidak Jelas	OC
8.	16-Jul-16	SUTM	sutm putus phase 3 ST 21 - SUTM	GF
9.	17-Jul-16	SUTM	Gangguan Tidak Jelas	GFM
10.	4-Aug-16	SUTM	Musang di PRK 15	OCM

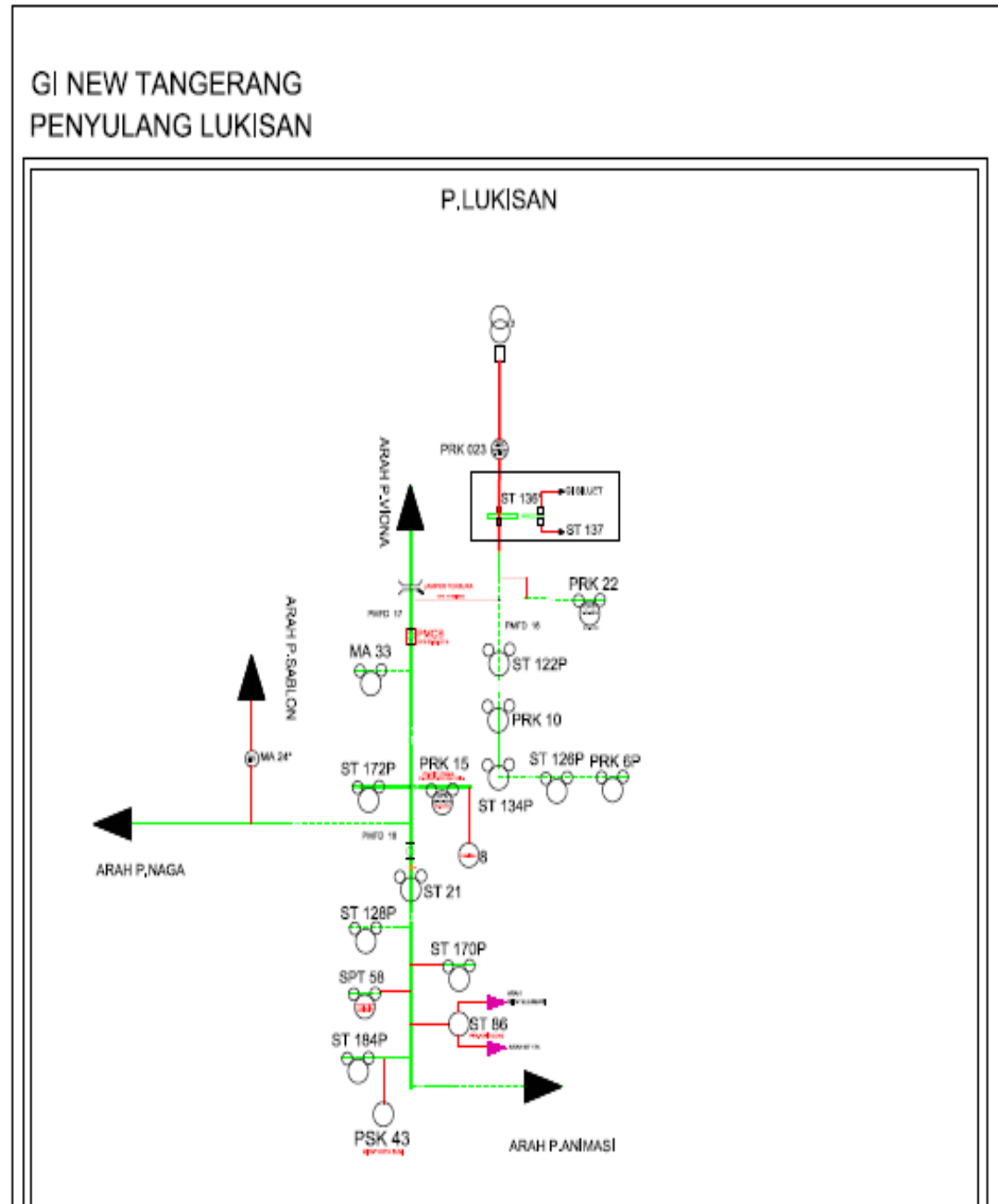


PT. PLN (Persero)  
Distribusi Banten  
Area Teluk Naga

### Rekap Gangguan Penyulang Lukisan tahun 2017

No	Waktu padam	Jenis Jaringan	Penyebab gangguan	Relay Bekerja
1.	4/1/2017 15:31	SUTM	Outdoor Rusak	OCM
2	5/31/2017 22:38	SUTM	Outdoor Putus	OCM, GF

Lampiran B. Single Line Diagram Penyulang Lukisan



Lampiran C. Data Hari Guruh (IKL) Wilayah Tangerang 2016 dan 2017



**BADAN METEOROLOGI, KLIMATOLOGI, DAN GEOFISIKA**

Jl. Angkasa I No. 2, Kemayoran, Jakarta 10610, Telp. : (021) 4246321 Fax. : (021) 4246703  
P.O. Box 3540 Jkt, Website : <http://www.bmkg.go.id>

Jakarta, 15 Maret 2018

Nomor : GF.301/019/IGT/VIII/2018  
Lampiran : 1 (satu) lembar  
Perihal : Data Hari Guruh Tangerang

Yth. Israfi Ibnu Raafsanjani  
di  
Jakarta

Berdasarkan surat Saudara tanggal 14 Maret 2018 perihal permohonan Permintaan Data IKL (Hari Guruh) wilayah Kutabumi Kab. Tangerang periode Tahun 2016 dan 2017, terlampir kami sampaikan data Hari Guruh Tahun 2016 dan 2017 dari Stasiun Meteorologi Cengkareng.

Demikian, untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Kepala Sub Bidang Layanan Informasi  
Geofisika Potensial dan Tanda Waktu

A blue ink signature of Himawan Widiyanto is placed over a circular official stamp of the BMKG.

Himawan Widiyanto, S.Si, M.Si  
NIP. 197510161998031002



**DATA HARI GURUH TAHUN 2016-2017**  
**WILAYAH TANGERANG**

No	Nama Stasiun	Jumlah Hari Guruh Tahun 2016												Rata² IKL ( % )
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des	
1	Stasiun Meteorologi Cengkareng	20	22	24	23	18	13	21	13	18	14	16	13	58,7

No	Nama Stasiun	Jumlah Hari Guruh Tahun 2017												Rata² IKL ( % )
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nop	Des	
1	Stasiun Meteorologi Cengkareng	14	21	22	22	18	11	12	0	5	14	16	11	45,5

Lampiran D. Lembar Bimbingan Skripsi



**SEKOLAH TINGGI TEKNIK – PLN**

**LEMBAR BIMBINGAN SKRIPSI**

**Nama Mahasiswa :** ISRAFI IBNU RAAFSANJANI

**NIM :** 2014-11-129

**Program Studi :** Teknik Elektro

**Jenjang :** Sarjana

**Pembimbing :** Dr., Ir., Soetjipto Soewono, Dipl.GE.

**Judul Skripsi :** ANALISIS PEMASANGAN KAWAT TANAH YANG

MELALUI DAERAH PEPOHONAN PADA SALURAN

UDARA TEGANGAN MENENGAH 20 KV PADA

PENYULANG LUKISAN DI PT. PLN AREA TELUK NAGA

NO	TANGGAL	MATERI	PARAF PEMBIMBING
1	21 Maret 2018	Bimbingan Proposal Skripsi membahas topik bahasan skripsi	✗
2	16 Maret 2018	Bimbingan Proposal Skripsi membahas isi dan penulisan	✗
3	18 Maret 2018	Bimbingan bab 4 Skripsi membahas konsep Lutan.	✗
4	25 Maret 2018	Bimbingan Bab 4 Skripsi perhitungan dan penulisan kawat tanah	✗
5	23 Mei 2018	Bimbingan Bab 4 Skripsi perhitungan gangguan saluran petir	✗
6	25 Mei 2018	Bimbingan bab 4 Skripsi bahas perhitungan gangguan saluran petir	✗
7	28 Mei 2018	Bimbingan bab 4 Skripsi bahas Analisis gangguan petir.	✗
8	5 Juli 2018	Bimbingan Bab 5 Skripsi mengenai simpulan.	✗
9	6 Juli 2018	Bimbingan Bab 3 Skripsi mengenai Mula kawat tanah.	✗
10	9 Juli 2018	Bimbingan Bab 2 dan Bab 1 mengenai isi materi kawat tanah.	✗
11	11 Juli 2018	Bimbingan Matriks Skripsi untuk bahasan.	✗
12	17 Juli 2018	Bimbingan Perbaikan skripsi bab 1, 2, 3, 4 dan 5.	✗
13	19 Juli 2018	Finishing Skripsi dan Pengantar Skripsi.	✗