

Studi Analisa Probabilitas Perlindungan Kawat Tanah Terhadap Gangguan Kilat Pada Kawat Fasa Berdasarkan Tipe Tower Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV (Aplikasi SUTT 150 kV Singkarak – Padang Panjang)

Antonov¹⁾, Reza Irwanto²⁾

e-mail : antonov-bachtiar@yahoo.com

Jurusan Teknik Elektro, Institut Teknologi Padang

ABSTRAK

Saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV merupakan saluran transmisi energi listrik, dimana energi listrik dikirimkan dari pembangkit ke konsumen. Di saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV sering terjadi gangguan, salah satunya yaitu gangguan kilat yang menyambar kawat fasa. Untuk itu dipasanglah kawat tanah pada saluran untuk melindungi kawat fasa dari gangguan kilat. Namun kawat tanah tidak bisa melindungi kawat fasa semaksimal mungkin, karena masih ada kemungkinan kegagalan perlindungan kawat tanah. Kemungkinan kegagalan kawat tanah ini dipengaruhi salah satunya yaitu tipe tower yang digunakan. Berdasarkan masalah diatas penulis mengkaji tentang probabilitas perlindungan kawat tanah terhadap gangguan kilat aplikasi Singkarak – Gardu Induk Padang Panjang dengan panjang saluran 25 kM menggunakan metode Kostenko-Polopoy-Rosenfeld. Dari analisa di dapatkan jumlah gangguan kilat terbesar terjadi pada tipe tower DD dengan jumlah gangguan 0,439 gangguan kilat per 25 kM per tahun. Sedangkan jumlah gangguan kilat terkecil terjadi pada tower tipe AA dengan jumlah gangguan 0,0088 gangguan kilat per 25 kM per tahun. Jumlah gangguan kilat ini dipengaruhi oleh IKL, panjang saluran, tinggi kawat tanah pada menara, tinggi kawat tanah rata-rata, panjang gawang, dan sudut proteksi kawat tanah. Semakin besar nilai hal-hal yang mempengaruhi gangguan kilat, maka semakin besar pula jumlah gangguan kilat.

Kata kunci : Salura Udara Tegangan Tinggi, Sudut Proteksi Kawat tanah, Tipe Tower

ABSTRACT

High-voltage lines (SUTT) 150 kV transmission line is an electrical energy, where electrical energy delivered from power plants to consumers. In the high-voltage lines (SUTT) 150 kV common disorder, on that is interference-phase wire lightning. To the ground wire installed one the line to protect the wire phase of lightning disturbances. However, the ground wire can not protect the phase wire as much as possible, because there is the possibility of failure protection ground wire. Possible failure of the ground wire is affected on of them is the type tower that is used. Based on the above problem the author examines the probability of interference protection against lightning ground wire Singkarak applications-substation Padang Panjang whit a channel length of 25 kM using Kostenko-Polovoy-Rosenfeld. From analisis in get the largest amount of interference lightning occurs in DD tower type with a number of interrupts of 0,439 lightning interference kM 25 of year. While the numbers of disorders occur in lightning the smallest tower AA by the number of lightning disturbances disorder 0,0088 of 25 kM of year. Number Of lightning disorder is influenced by IKL, channel length, high ground wire on a tower, the ground wire on average the length of the goal, and corner protection ground wire. The greater the value of the things that affect lightning disturbance, the greater the number of lightning disturbance

Keywords : High Voltage Lines, Ground wire Protection Angle, Tower Type

I. PENDAHULUAN

Penyaluran tenaga listrik keseluruhan daerah merupakan salah satu tanggung jawab penyedia dan pengelola tenaga listrik, dalam hal ini (PLN) untuk mencukupi permintaan tenaga listrik di berbagai daerah. Untuk itu dibangun Gardu Induk yang dekat dengan beban untuk menyalurkan tenaga listrik dari

pusat - pusat pembangkit ke masyarakat. Penyaluran tenaga listrik ini menggunakan saluran transmisi tegangan ekstra tinggi dan tegangan tinggi.

Pada saluran transmisi tegangan tinggi jika terjadi petir mengenai kawat fasa langsung ataupun tak langsung dapat menyebabkan

gangguan penyaluran tenaga listrik karena sembaran petir ini menghasilkan tegangan dan arus yang sangat tinggi, sehingga dapat merusak peralatan dan komponen lain dalam saluran transmisi.

Proteksi transmisi tenaga listrik sangat penting dalam proses penyaluran daya dari satu tempat ke tempat yang lain. Dengan proteksi yang bagus, maka transmisi tidak akan terjadinya sebuah gangguan. Jika proteksi transmisi tenaga listrik baik, maka nilai ekonomis dapat diperoleh karena jika dalam suatu transmisi terjadi gangguan, maka kerusakan peralatan tidak dapat menyebar keperalatan yang lain dikarenakan ada sebuah proteksi

transmisi. Petir merupakan gejala alam yang bisakita analogikan dengan sebuah kondensator raksasa. Sambaran petir sangat mempengaruhi dan membahayakan jaringan transmisi, apa lagi berada pada daerah yang cukup tinggi. Pemanasan global membuat terjadinya perubahan iklim, sehingga data jumlah hari guruh tahunan saat ini tidak sama lagi dengan jumlah hari guruh tahunan. Dalam merancang sistem proteksi kawat tanah transmisi udara, salah satu faktor yang berperan adalah jumlah hari guruh tahunan atau "Isokreanik Level" (IkL).

Kawat tanah adalah perisai bagi kawat fasa, karena apabila terjadi gangguan berupa sembaran petir, maka kawat tanah yang tersambar bukan kawat fasa, karena kawat tanah dipasang diatas kawat fasa. Jarak antara kawat fasa dan kawat tanah diatur sedemikian kecil, yang mana bertujuan agar perlindungan kawat tanah lebih maksimal, dan sudut kawat tanah juga diatur sekecil mungkin untuk hasil perlindungan yang lebih maksimal.

Dalam penelitian probabilitas kegagalan perlindungan kawat tanah di SUTT 150 kV metoda yang digunakan, yaitu metoda *kostenko-polovoy-rosenfeld*, yang mana metoda ini memiliki berbagai macam aspek yang mempengaruhi probabilitas perlindungan kawat tanah di SUTT 150 kV, metoda *kostenko-polovoy-rosenfeld* menjelaskan aspek yang

berpengaruh adalah sudut kawat tanah dan tinggi kawat tanah.

Untuk melakukan perhitungannya penulis menggunakan program MATLAB sebagai perbandingan dengan perhitungan manual agar hasil perhitungannya lebih akurat. Dimana program MATLAB yang penulis gunakan adalah MATLAB R2007b.

Oleh karena gangguan akibat sambaran petir di saluran transmisi ini sangat mempengaruhi dan membahayakan proses penyaluran sistem tenaga listrik, maka pada penulisan Tugas Akhir ini, penulis mengangkat judul tentang "Studi Analisa Probabilitas Perlindungan Kawat Tanah Terhadap Gangguan Kilat Pada Kawat Fasa Berdasarkan Tipe Menara atau Tower pada Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV"

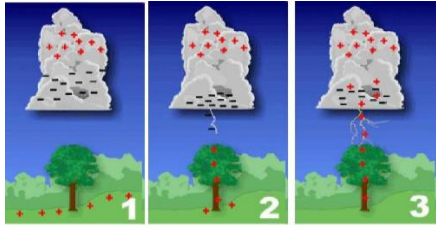
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh dari sudut proteksi kawat tanah, dan tinggi menara yang akan menyebabkan besarnya jumlah gangguan kilat pada saluran transmisi pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV dari swityard PLTA Singkarak ke GI Padang Panjang.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Petir merupakan gejala alam yang bias kita analogikan dengan sebuah kondensator raksasa, dimana lempeng pertama adalah awan (bisa lempeng positif atau lempeng negatif) dan lempeng kedua adalah bumi (dianggap netral). Seperti yang sudah diketahui kapasitor adalah sebuah komponen pasif pada rangkaian listrik yang bisa menyimpan energy sesaat (*energystorage*).

Petir terjadi karena ada perbedaan potensial antara awan dan bumi atau dengan awan lainnya. Proses terjadinya muatan pada awan karena dia bergerak terus menerus secara teratur, dan selama pergerakannya dia akan berinteraksi dengan awan lainnya sehingga muatan negatif akan berkumpul pada salah satu sisi (atas atau bawah), sedangkan muatan positif berkumpul pada sisi sebaliknya. Jika perbedaan potensial antara awan dan bumi cukup besar, maka akan terjadi pembuangan muatan negative (elektron) dari awan ke bumi atau

sebaliknya untuk mencapai kesetimbangan.



Gambar.1 Proses terjadinya petir

Pada proses pembuangan muatan ini, media yang dilalui elektro adalah udara. Pada saat electron mampu menembus ambang batas isolasi udara inilah terjadi ledakan suara. Petir lebih sering terjadi pada saat musim hujan, karena pada keadaan tersebut udara mengandung kadar air yang lebih tinggi sehingga daya isolasinya turun dan arus lebih mudah mengalir. Karena ada awan yang bermuatan negative dan awan yang bermuatan positif, maka petir juga bias terjadi antar awan yang berbeda muatan.

Sambaran petir yang acap kali menyebabkan timbulnya tegangan lebih pada sistem transmisi. Terdapat sejumlah teori yang menerangkan bagaimana terjadinya awan yang bermuatan, tetapi bagi kita sudah memadai bila kita asumsikan bahwa selama terjadi petir yang disertai guruh (*thunderstorms*) maka pada atmosfer tertentu terjadi proses berakumulasi muatan pada awan atau pada bagian awan. Makin bertambahnya muatan, beda tegangan antara awan dan bumi menjadi lebih besar, dan karenanya gradien tegangan di atmosfer juga ikut meningkat. Gradien tegangan ini distribusinya tidak merata, lebih besar terdapat pada pusat muatan awan. Bila gradien tegangan ini melebihi batas tegangan tembus udara, maka terjadilah pelepasan muatan dan dimulailah lintasan (*steamer*) pelepasan yang biasanya disebut lintasan pandu (*pilotsteamer*) dari awan ke arah bumi. Setelah terjadi lintasan awal atau lintasan pandu, kemudian diikuti sinar terang yang melompat dengan cepat yang disebut pelopor langkah (*steppedleader*). Pandu lintasan ini akan bergerak terus kebawah apabila gradien tegangan dari ujung lintasan pandu ini berada pada tegangan tembus tertentu. Bila gradiennya tidak demikian, besar kemungkinan tidak terjadi sambaran petir yang sempurna, yaitu tidak

sampai kebumi.



Gambar 2 Sambaran Petir

Dalam bidang meteorologi, jumlah sambaran petir pada suatu daerah didalam satu tahun ditentukan dengan menghitung jumlah sambaran atau *IsoKeraunicLevel* yang merupakan ukuran keseringan sambaran petir pada suatu daerah. Garis yang menghubungkan daerah-daerah dengan jumlah hari guruh yang sama disebut *IsoKeraunic Level* (IKL). Didalam hal ini jika ada minimum suatu hari guruh terdengar oleh pengamat didalam suatu hari, maka disebut suatu hari guruh (*thunderstormday*). Petir selalu mencari tempat yang terdekat untuk pelepasan muatannya. Pelepasan yang terjadi terdiri dari berbagai jenis petir yaitu petir dari awan ketanah (*cloudto ground*), petir dalam awan (*intracloudlightning*), dari awan ke awan (*cloudto cloud*), dari awan ke udara (*cloud toairlightning*).

Menara Transmisi



Gambar. 3 Menara Transmisi

Gambar 3 merupakan gambar menara transmisi, pada suatu Sistem Tenaga Listrik, energi listrik yang dibangkitkan dari pusat pembangkit listrik ditransmisikan ke pusat-pusat pengatur beban melalui suatu saluran transmisi, saluran transmisi tersebut dapat berupa saluran udara atau saluran bawah tanah,

namun pada umumnya berupa saluran udara. Energi listrik yang disalurkan lewat saluran transmisi udara pada umumnya menggunakan kawat telanjang sehingga mengandalkan udara sebagai media isolasi antara kawat penghantar tersebut dengan benda sekelilingnya, dan untuk menyanggah merentang kawat penghantar dengan ketinggian dan jarak yang aman bagi manusia dan lingkungan sekitarnya, kawat – kawat penghantar tersebut dipasang pada suatu konstruksi bangunan yang kokoh, yang biasa disebut menara atau tower.

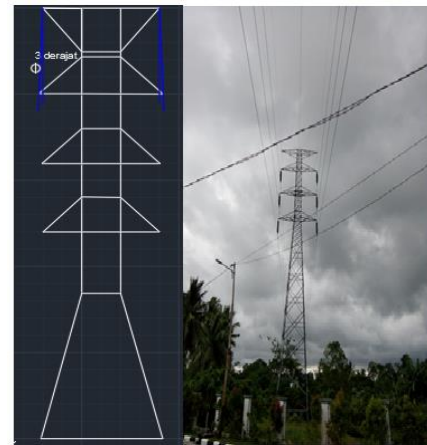
Tabel.1 Tipe tower SUTT Singkarak-Padang Panjang

Tipe Tower	Sudut
AA4	3°
BB4	7°
CC4	20°
DD4	30°
DDR4	15°

Berikut bentuk–bentuk tower saluran transmisi berdasarkan tipe–tipe tower yang terpasang pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 Kv Singkarak-Padang Panjang yang dilihat pada tabel 1

1. Tipe Tower AA

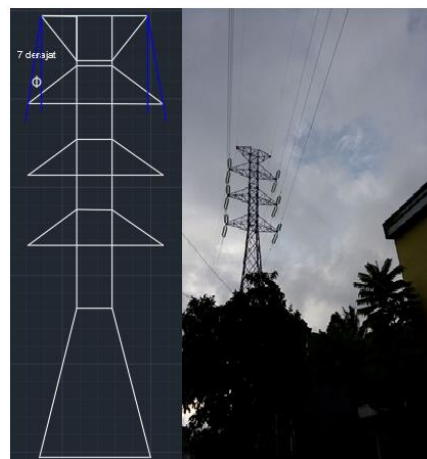
Berikut adalah gambar 4 yang merupakan gambar dan foto tower tipe AA yang terpasang pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV yang terpasang disepanjang dari swityard PLTA Singkarak sampai ke Gardu Induk Padang Panjang. Dari gambar dan foto terlihat bahwa tipe tower AA hampir tidak terlihat sudut proteksi kawat tanahnya, karena kawat tanah hampir sama lurus dengan kawat fasa. Sudut proteksi kawat tanahnya adalah 3 derajat.



Gambar 4 tipe tower AA

2. Tipe Tower BB

Berikut adalah gambar 5 yang merupakan gambar dan foto tower tipe BB yang terpasang pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV yang terpasang disepanjang dari swityard PLTA Singkarak sampai ke Gardu Induk Padang Panjang. Dari gambar dan foto terlihat bahwa tipe tower BB hampir tidak terlihat sudut proteksi kawat tanahnya, karena kawat tanah hampir sama lurus dengan kawat fasa. Sudut proteksi kawat tanahnya adalah 7 derajat.



Gambar 5 Tipe Tower BB

3. Tipe Tower CC

Berikut adalah gambar 6 yang merupakan gambar dan foto tower tipe CC yang terpasang pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV yang terpasang disepanjang dari swityard PLTA Singkarak sampai ke Gardu Induk Padang Panjang. Dari gambar dan foto terlihat bahwa tipe tower CC terlihat sudut proteksi kawat tanahnya, karena kawat tanah tidak sama tegak lurus dengan

kawat fasa. Sudut proteksi kawat tanahnya adalah 20 derajat.



Gambar 6 Tipe Tower CC

4. Tipe Tower DD

Berikut adalah gambar 7 yang merupakan gambar dan foto tower tipe DD yang terpasang pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV yang terpasang disepanjang dari swityard PLTA Singkarak sampai ke Gardu Induk Padang Panjang. Dari gambar dan foto terlihat bahwa tipe tower DD terlihat sudut proteksi kawat tanahnya, karena kawat tanah tidak sama tegak lurus dengan kawat fasa, dan jarak antar kawat fasa dan kawat tanah berbeda dengan tipe tower yang lain. Sudut proteksi kawat tanahnya adalah 30 derajat.

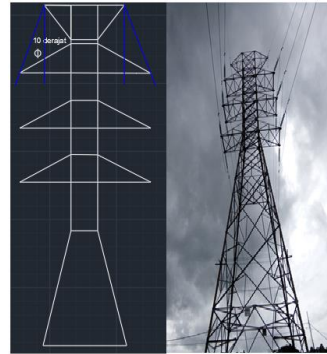


Gambar 7 Tipe Tower DD

5. Tipe Tower DDR

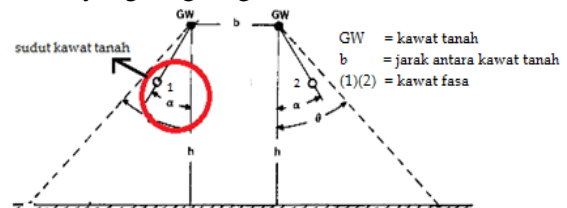
Berikut adalah gambar 8 yang merupakan gambar dan foto tower tipe DDR yang terpasang pada saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV yang terpasang disepanjang dari swityard PLTA Singkarak sampai ke Gardu Induk Padang Panjang. Dari gambar dan foto terlihat bahwa tipe tower DDR terlihat sudut proteksi kawat tanahnya, karena

kawat tanah tidak sama tegak lurus dengan kawat fasa. Sudut proteksi kawat tanahnya adalah 10 derajat.



Gambar 8 Tipe Tower DDR

Apabila sambaran petir atau kilat mengenai kawat fasa, maka itu akan mempengaruhi system kelistrikan yang bersifatnya mengganggu bahkan bisa memutuskan pasokan energy listrik. Maka dari itu dipasanglah kawat tanah di atas kawat fasa yang mana kawat tanah berfungsi untuk melindungi kawat fasa dari sambaran petir, kawat tanah dipasang dengan jarak antara kawat fasa dan kawat tanah diatur sedemikian kecilnya, yang mana bertujuan agar perlindungan kawat tanah lebih maksimal, dan sudut kawat tanah juga diatur sekecil mungkin untuk hasil perlindungan yang lebih maksimal. Karena Dr. KT. Sirait menyimpulkan dalam bukunya yang berjudul perlindungan terhadap tegangan lebih pada sistem tenaga listrik bahwa, semakin kecil sudut kawat tanah, maka semakin bagus perlindungan kawat tanah. Sudut kawat tanah adalah dua buah ruas garis lurus antara kawat tanah dengan kawat fasa yang membentuk suatu sudut. Untuk pembumian kawat tanah, disalurkan melalui kawat yang langsung ditanahkan.



Gambar.9 Sudut Kawat Tanah

Secara umum gangguan kilat (prilaku kilat) pada penghantar udara tegangan tinggi, dapat

dibagi menurut tempat dimana kilat itu menerkam, yaitu :

1. Gangguan kawat kilat pada kawat fasa atau gangguan kilat akibat kegagalan perlindungan kawat tanah,
2. Gangguan kilat pada kawat tanah, yang dibagi dalam tiga macam gangguan, yaitu:
 - a. Gangguan kilat pada menara, 60%
 - b. Gangguan kilat pada seperempat jarak dari menara (gangguan kilat diperempatan gawang), 30%
 - c. Gangguan kilat pada setengah jarak dari menara (gangguan kilat dipertengahan gawang), 10%

Jumlah gangguan total akibat terkamn kilat pada penghantar udara tegangan tinggi, di nyatakan dalam persamaan :

$$STR = SFO + O_t + O_q + O_m \tag{2.1}$$

- Dengan :
- STR = jumlah gangguan total per 100 KM penghantar pertahun (gangguan spesifik)
 - SFO = jumlah gangguan kilat pada kawat fasa per 100 KM penghantar pertahun
 - O_t = jumlah gangguan kilat pada menara
 - O_q = jumlah gangguan kilat pada seperempat jarak dari menara (diperempatan pada gawang)
 - O_m = jumlah gangguan kilat pada setengah jarak dari menara (di pertengahan gawang)

Metode *Kostenko-Polopoy-Rosenfeld* merupakan metode empiris atau pengamatan untuk menghitung jumlah gangguan kilat akibat kegagalan perindungan kawat tanah dan juga merupakan fungsi dari sudut proteksi.

Untuk mengetahui jumlah gangguan total tersebut perlu diketahui jumlah hari guruh rata – tara pertahun (IKL) dari daerah penghantar udara tegangan tinggi tersebut berada. IKL ini digunakan untuk menentukan kepadatan kilat per satuan luas daerah per tahun, dengan persamaan :

$$D = 0,23 \times (IKL) \text{ terkaman kilat per mil persegi pertahun} \tag{2.2}$$

$$D = 8,875 \times 10^{-8} \times (IKL) \text{ terkaman kilat permeter persegi pertahun} \tag{2.3}$$

Dengan menggunakan harga kepadatan kilat diatas, dan dengan mengetahui luas daerah yang di lindungi kawat tanah, maka jumlah terkaman kilat yang mungkin terjadi pada penghantar udara tegangan tinggi, dapat di tentukan dengan persamaan :

$$A = (2\pi + 1) \cdot H_t^2 + 4 \text{ hg} (S - h_t) \tag{2.4}$$

$$L_1 = 100 \times 10000/S \times A \times D \text{ kilat per 100 KM penghantar pertahun} \tag{2.5}$$

Untuk panjang saluran udara tegangan tinggi (SUUT) 150 KV dari dari Switchyard PLTA Singkarak ke GI Padang Panjang adalah 25 KM, maka untuk mencari jumlah terkaman kilatnya di gunakan persamaan 2.6.

$$L_2 = 25/100 \times 100 \times (10000/S) \times A \times D \tag{2.6}$$

- Dengan :
- D = kepadtan kilat permeter persegi pertahun
 - IKL = jumlah hari guruh pertahun
 - A = luas daerah yang dilindungi kawat tanah
 - S = panjang gawang rata – rata
 - Hg = tinggi kawat tanah rata – rata
 - H_t = tinggi kawat tanah pada menara
 - L_1 = jumlah terkaman kilat yang mungkin terjadi per 100 KM penghantar pertahun
 - L_2 = jumlah terkaman kilat yang mungkin terjadi per 25 KM penghantar pertahun

Untuk mencari kemungkinan kegagalan kawat perlindungan kawat tanah dapat digunakan persamaan *Kostenko-Polopoy-Rosenfeld*:

$$\text{Log } P_{\theta} = ((\theta \times \sqrt{H_t a}) / 90) - 4 \tag{2.7}$$

- Dimana:
- P_{θ} = probabilitas kegagalan perlindungan kawat tanah
 - θ = sudut proteksi kawat tanah (derajat)
 - Hta = tinggi kawat tanah pada menara

Jumlah gangguan akibat kegagalan perlindungan kawat tanah terhadap kawat fasa dapat dicari dengan persamaan:

$$SFO_1 = P_{\theta} \times L_1 \dots \dots \dots (2.8)$$

$$SFO_2 = P_{\theta} \times L_2 \dots \dots \dots (2.9)$$

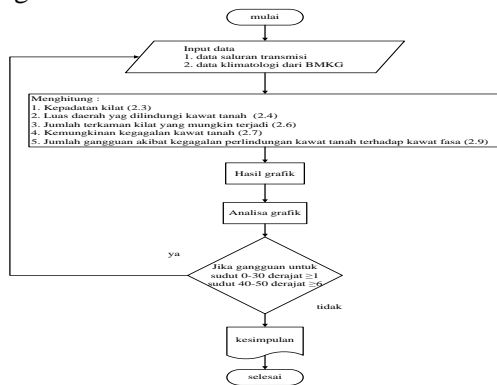
Dimana:

SFO₁ = jumlah gangguan kilat pada kawat fasa per 100 KM penghantar pertahun

SFO₂ = jumlah gangguan kilat pada kawat fasa per 25 KM penghantar pertahun

III. METODOLOGI PENELITIAN

Adapun flowchart dari penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 10 Bagan alir penelitian

Deskripsi Data

Untuk melengkapi data yang dibutuhkan dalam analisa dan perhitungan pada penelitian ini maka dibutuhkan data-data sesuai dengan tujuan dari penelitian. Adapun data tersebut diambil sesuai dengan aplikasi penelitian yaitu :

1. Jenis – Jenis menara transmisi yang dipasang dari Switchyard PLTA Singkarak ke GI Padang Panjang.
2. Tinggi menara penghantar Saluran Udara TeganganTinggi(SUTT)150kV berdasarkan jenis menara dari Switchyard PLTA Singkarak ke GI Padang Panjang.
3. Tinggi kawat tanah rata – rata Saluran Udara TeganganTinggi(SUTT)150kV berdasarkan jenis menara dari Switchyard PLTA Singkarak ke GI Padang Panjang.
4. Tinggi kawat tanah Pada Menara Saluran Udara TeganganTinggi(SUTT)150kV berdasarkan jenis menara dari Switchyard

PLTA Singkarak ke GI Padang Panjang.

5. Panjang Gawang Rata – Rata Saluran Udara TeganganTinggi(SUTT)150kV berdasarkan jenis menara dari Switchyard PLTA Singkarak ke GI Padang Panjang.
6. Sudut perlindungan kawat tanah Saluran Udara TeganganTinggi(SUTT)150kV berdasarkan jenis menara dari Switchyard PLTA Singkarak ke GI Padang Panjang.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Jumlah Gangguan Kilat berdasarkan Tipe Tower.

Dalam menentukan jumlah gangguan kilat pada kawat fasa akibat kegagalan perlindungan kawat tanah dengan berdasarkan tipe tower yang terpasang, untuk panjang gawangnya rata-rata 322,585 m, Hg, Ht dan, sudut proteksi kawat tanah dipakai berdasarkan tipe tower, yaitu tipe (AA, BB, CC, DD, DDR). berikut hasil perhitungannya yang diperlihatkan pada tabel 2.

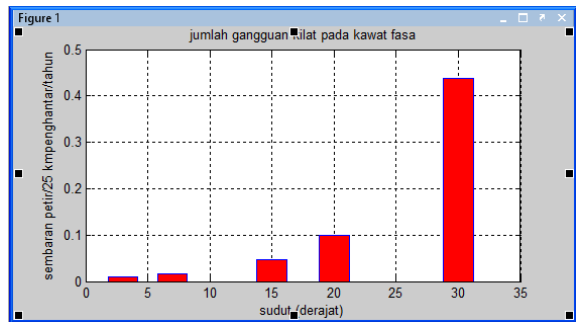
Tabel.2 Jumlah gangguan kilat berdasarkan tipe tower.

N o	Tipe tower (sudut)	Kepa datan kilat	Luas daerah yang dilindungi kawat tanah	Juml ah terka man kilat yang mun gkin terja di	Probab ilitas kegaga lan perlind ungan kawat tanah	Juml ah gang guan petir pada kawa t fasa
1	AA (3 ⁰)	1,597 5 x 10 ⁻⁵	46393, 11	57,4 36	1,544 x 10 ⁻⁴	0,00 88
2	BB (7 ⁰)	1,597 5 x 10 ⁻⁵	45347	56,1 41	2,754 x 10 ⁻⁴	0,01 5
3	CC (20 ⁰)	1,597 5 x 10 ⁻⁵	44649, 6	55,2 78	1,807 x 10 ⁻⁴	0,09 9
4	DD(30 ⁰)	1,597 5 x 10 ⁻⁵	46199	57,1 96	7,684 x 10 ⁻³	0,43 9
5	DD R (15 ⁰)	1,597 5 x 10 ⁻⁵	42906	53,1 19	8,766 x 10 ⁻⁴	0,18 6

Dari hasil perhitungan tabel 4.9 terlihat bahwa berdasarakan tipe menara yang terpasang

disepanjang SUTT 150 KV dari swityard PLTA Singkarak sampai ke Gardu Induk Padang Panjang mempengaruhi luas daerah yang dindungi kawat tanah, jumlah terkaman kilat yang mungkin terjadi, probabilitas kegagalan perlindungan kawat tanah, dan jumlah gangguan petir pada kawat fasa.

Berikut merupakan grafik jumlah gangguan terkaman kilat pada kawat fasa akibat kegagalan perlindungan kawat tanah



Gambar. 11 Grafik jumlah terkaman kilat berdasarkan tipe tower

Dari gambar 11 dia atas, terlihat bahwa tipe menara (sudut proteksi kawat tanah) sangat mempengaruhi jumlah gangguan kawat fasa akaibat kegagalan perlinndungan kawat tanah, yang mana semakin besar sudut proteksi kawat tanah, maka semakin besar pula jumlah gangguan kilat pada kawat fasa. Tapi jumlah gangguanya tidak mencapai satu, dalam arti kata dapat disimpulkan bahwa tidak ada terjadi gangguan, dan perlindungan kawat tanahnya bagus.

4.2 jumlah gangguan kilat dengan tinggi menara bervariasi.

Dalam menentukan jumlah gangguan kilat pada kawat fasa akibat kegagalan perlindungan kawat tanah dengan tinggi menara yang bervariasi, untuk Hg nya dipakai 33 m, sudut proteksi kawat tanah dipakai 3 derajat, dan panjang gawang rata-rata 322,585 m. hanya tingggi kawat tannah yang divariasikan, yaitu (29 m, 32 m, 35 m, 38 m, 41 m). berikut hasil perhitungannya yang diperlihatkan pada tabel 3.

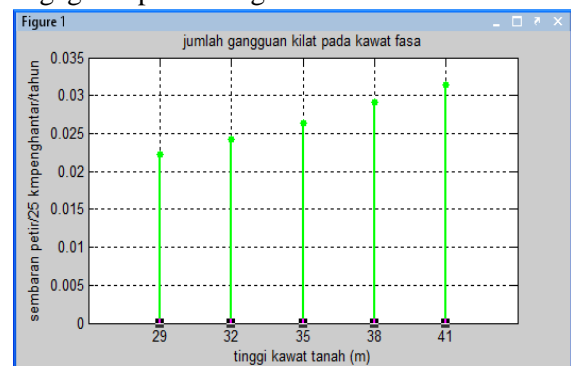
Tabel.3. Jumlah gangguan kilat dengan tinggi kawat tanah yang bervariasi.

n	Ting	Kepa	Luas	Juml	Probabi	Juml
---	------	------	------	------	---------	------

o	gi kaw at tana h (met er)	datan kilat	daerah yang dilindu ngi kawat tanah	ah terka man kilat yang mung kin terjad i	litas keagal an perli ndungan kawat tanah	ah gang guan petir pada kawa t fasa
1	29	1,597 5 x 10 ⁻⁵	44875, 7	55,55 8	3,966 x 10 ⁻⁴	0,022
2	32	1,597 5 x 10 ⁻⁵	45811, 94	56,71 7	4,251 x 10 ⁻⁴	0,024
3	35	1,597 5 x 10 ⁻⁵	46879, 22	58,03 8	4,543 x 10 ⁻⁴	0,026
4	38	1,597 5 x 10 ⁻⁵	48077, 54	59,52 2	4,84 x 10 ⁻⁴	0,028
5	41	1,597 5 x 10 ⁻⁵	49406, 9	61,16 8	5,145 x 10 ⁻⁴	0,031 4

Dari hasil perhitungan tabel 4.10 terlihat bahwa tinggi menara mempengaruhi luas daerah yang dindungi kawat tanah, jumlah terkaman kilat yang mungkin terjadi, probabilitas kegagalan perlindungan kawat tanah, dan jumlah gangguan petir pada kawat fasa.

Berikut merupakan grafik jumlah gangguan terkaman kilat pada kawat fasa akibat kegagalan perlindungan kawat tanah



Gambar.12 Grafik jumlah terkaman kilat dengan tinggi menara yang bervariasi

Dari gambar 12 diaatas, terlihat bahwa tinggi menara sangat mempengaruhi jumlah gangguan kawat fasa akaibat kegagalan perlinndungan kawat tanah, yang mana semakin tingginya kawat tanah pada menara, maka semakin besar pula jumlah gangguan

kilat pada kawat fasa. Tapi jumlah gangguanya tidak mencapai satu dalam arti kata dapat disimpulkan bahwa tidak ada terjadi gangguan, dan perlindungan kawat tanahnya bagus.

jumlah gangguan kilat dengan sudut proteksi kawat tanah yang bervariasi.

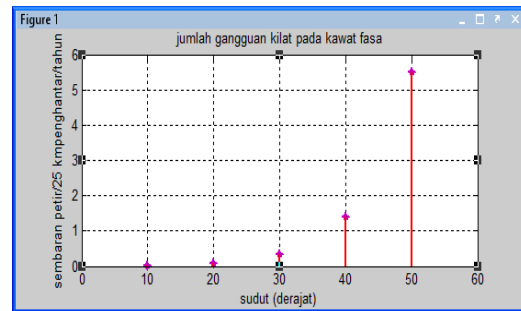
Dalam menentukan jumlah gangguan kilat pada kawat fasa akibat kegagalan perlindungan kawat tanah dengan sudut proteksi kawat tanah yang bervariasi, untuk Hg nya dipakai 33 m, panjang gawang rata-rata 322,585 m, dan Ht dipakai 29 m. Hanya sudut proteksi kawata tanah yang divariasikan, yaitu (10⁰, 20⁰, 30⁰, 40⁰, 50⁰). berikut hasil perhitungannya yang diperlihatkan pada tabel 4.

Tabel.4 Jumlah gangguan kilat dengan sudut proteksi kawat tanah pada menara yang bervariasi.

No	Sudut proteksi	Kepadatan kilat	Luas daerah yang dilindungi kawat tanah	Jumlah terka man kilat yang mungkin terjadi	Probabilitas kegagalan perlindungan kawat tanah	Jumlah gangguan petir pada kawat fasa
1	(10 ⁰)	1,5975 x 10 ⁻⁵	44875,7	55,558	3,965 x 10 ⁻⁴	0,022
2	(20 ⁰)	1,5975 x 10 ⁻⁵	44875,7	55,558	1,572 x 10 ⁻³	0,087
3	(30 ⁰)	1,5975 x 10 ⁻⁵	44875,7	55,558	6,238 x 10 ⁻³	0,346
4	(40 ⁰)	1,5975 x 10 ⁻⁵	44875,7	55,558	0,024	1,38
5	(50 ⁰)	1,5975 x 10 ⁻⁵	44875,7	55,558	0,098	5,45

Dari hasil perhitungan tabel 4.11 di atas terlihat bahwa sudut proteksi kawat tanah pada menara mempengaruhi probabilitas kegagalan perlindungan kawat tanah, dan jumlah gangguan petir pada kawat fasa, yang mengakibatkan jumlah gangguan semakin besar.

Berikut merupakan grafik jumlah gangguan terkaman kilat pada kawat fasa akibat kegagalan perlindungan kawat tanah



Gambar. 13 Grafik jumlah terkaman kilat dengan sudut kawat tanah yang bervariasi

Dari gambar 13 di atas, terlihat bahwa sudut proteksi kawat tanah sangat mempengaruhi jumlah gangguan kawat fasa akibat kegagalan perlindungan kawat tanah, yang mana semakin besar sudut proteksi kawat tanah, maka semakin besar pula jumlah gangguan kilat pada kawat fasa. Jumlah gangguan pada sudut 50 derajat adalah 5,45 gangguan, ini sangat tidak bagus dan tidak handal untuk sistem transmisi tenaga listrik.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan dan analisa yang telah dilakukan terhadap jumlah gangguan akibat terkaman kilat pada kawat fasa akibat kegagalan perlindungan kawat tanah berdasarkan metode *Kostenko-Polopoy-Rosenfeld* sepanjang saluran udara tegangan tinggi (SUTT) 150 kV dari swityard PLTA singkarak sampai Gardu Induk padang panjang dengan panjang saluran 25 kM, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Semakin besarnya sudut proteksi kawat tanah, maka semakin besar pula jumlah gangguan akibat terkaman kilat pada kawat fasa akibat kegagalan perlindungan kawat tanah. Itu terlihat dari berdasarkan tipe tower atau menara, dan panjang saluran, tinggi kawat tanah, pada tipe tower AA jumlah gangguan 0,0088 per 25 kM, tipe tower BB jumlah gangguan 0,015 per 25 kM, tipe tower CC jumlah gangguan 0,099 per 25 kM, tipe tower DD

jumlah gangguan 0,439 per 25 kM, dan tipe tower DDR jumlah gangguan 0,186 per 25 kM.

2. Semakin tingginya menara maka itu akan mempengaruhi luas daerah yang dilindungi kawat tanah, jumlah terkaman kilat yang mungkin terjadi, probabilitas kegagalan perlindungan kawat tanah, sehingga menyebabkan jumlah gangguan petir pada kawat fasa semakin besar.
3. Semakin besarnya sudut proteksi kawat tanah pada menara maka itu akan mempengaruhi probabilitas kegagalan perlindungan kawat tanah, sehingga menyebabkan jumlah gangguan petir pada kawat fasa semakin besar.

DAFTARPUSTAKA

- [1]. Abdul Kadir, Distribusidan Utilisasi Tenaga listrik, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta, 2000.
- [2]. Alex Fitriady, Study Probabilitas Sambaran Petir Pada Saluran Udara Tegangan Tinggi, ITP, Padang, 2006
- [3]. AS. Pabla, Sistem Distribusi Daya Listrik, Erlangga, Jakarta, 1994.
- [4]. Benyamin Franklin, Petir peristiwa pelepasan muatan, Amerika, 1752
- [5]. Dr. KT. Sirait dan Ir. R Zoro "Perlindungan terhadap Tegangan Lebih Pada Sistem Tenaga Listrik, ITB, Bandung: 1986
- [6]. T.S. Hutauruk, "Gelombang Berjalan dan Proteksi Surja", Erlangga, Jakarta, 1991.
- [7]. T.S. Hutauruk, "Perhitungan Gangguan Kilat pada Saluran Udara Tegangan menengah", ITB, 1998.