

# Analisis Penetapan Titik Kritis Sambaran Petir Pada SUTT 150 kV Koto Panjang – Garuda Sakti Menggunakan Metode *Severity Index*

Surya Putra<sup>1</sup>, Edy Ervianto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, <sup>2</sup>Dosen Teknik Elektro

Program Studi Teknik Elektro S1, Fakultas Teknik Universitas Riau Kampus Bina Widya Jl. HR.  
Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru, Panam,  
Pekanbaru 28293  
Email: surya.putra3496@student.unri.ac.id

## ABSTRACT

*The supply of electrical energy starts with the generation process, then transmitted and then distributed to consumers. It cannot be separated from the disturbances that occur, both internal and external. This study discusses external disturbances in the form of lightning strikes at the SUTT 150 kV Koto Panjang - Garuda Sakti tower using the severity index method. This severity index method produces a tower approach that has the highest level of lightning strike hazard. From the research results, the tower with the most significant severity index value is tower number 1 with a height of 197 m with a severity index value of 13.9 with data on the damage to isolators in the period January - May 2020 totaling three pieces. And the tower with the smallest severity index value is tower number 134 with a height of 35 m and does not have insulator damaged data. From these results, the magnitude of the severity index value of the lightning strike vulnerability on the tower is directly proportional to the damage that occurs in the insulator.*

*Key words: transmission, lightning strike, SUTT 150 kV, severity index, insulator*

## 1. PENDAHULUAN

Di dalam proses penyediaan energi listrik seperti yang kita ketahui dimulai dari proses pembangkitan energi listrik oleh sistem pembangkitan. Energi listrik yang dihasilkan pembangkit disalurkan melalui saluran transmisi ke gardu-gardu induk yang ada. Namun di dalam proses penyaluran energi listrik melalui saluran transmisi tidak terlepas dari gangguan-gangguan yang sering dialami, baik dari dalam sistem maupun dari luar sistem, salah satunya adalah sambaran petir.

Sambaran petir pada saluran transmisi udara terbuka dapat mengenai kawat fasa apabila sistem perlindungan kawat tanah gagal dalam mengantisipasi sambaran tersebut. Pada menara transmisi yang menggunakan sistem perisai sempurna kemungkinan sambaran petir pada kawat fasa ini dapat dikurangi sekecil mungkin.

Untuk menara tertentu seperti menara *tension* yang digunakan untuk jalur belokan (*aspan*) kemungkinan terjadinya sambaran petir pada

kawat fasa masih ada walaupun telah menggunakan sistem perisai sempurna. Untuk mengatasinya maka harus mencari titik kritis dari menara yang memiliki kemungkinan terbesar terkena sambaran petir sehingga dapat dipasang pelindung atau perbaikan.

Penetapan titik kritis sambaran petir pada saluran transmisi dapat dilakukan dengan mempertimbangkan faktor letak saluran yang melewati daerah dengan tingkat kerapatan sambaran petir dan ketahanan menara terhadap sambaran petir yang menghantamnya (Swadana, 2007).

Dalam penetapan titik kritis sambaran petir ini, peneliti menggunakan metode analisa yaitu *severity index method*. Metode *severity index* ini dapat diterapkan untuk menentukan titik-titik rawan sepanjang saluran transmisi, dan perbaikan kerusakan yang terjadi pada menara sehingga sistem proteksi dapat ditingkatkan.

Dengan menghitung *severity index* setiap

menara berdasarkan kedua faktor di atas, maka masing-masing menara diurutkan dengan mempertimbangkan aspek:

- a. Sejarah gangguan akibat petir disepanjang saluran transmisi.
- b. Mengevaluasi kekuatan terhadap tegangan akibat petir di sepanjang isolator pada setiap menara, sesuai dengan parameter menara yaitu : tinggi menara, ketinggian dari permukaan laut, dan pentanahan kaki menara.

Dengan melakukan analisis titik kritis sambaran petir pada menara SUTT ini, kita dapat mengetahui menara mana yang memiliki tingkat ketidakamanan yang paling tinggi terhadap sambaran petir. Sehingga dapat dilakukan peningkatan sistem proteksi dan melakukan perbaikan dari kerusakan yang terjadi. Perbaikan dilakukan hanya berfokus pada titik kritis tersebut sehingga lebih efisien dan lebih ekonomis dari segi biaya.

#### A. Karakteristik petir Indonesia

Pada wilayah tropis seperti Indonesia, angin regional bergerak dari daerah tekanan udara tinggi ke tekanan udara rendah. Pada musun hujan dan basah, angin akan bergerak dari daerah utara di Asia tengah menuju ke selatan melalui perairan dan kepulauan Indonesia pada bulan-bulan September sampai dengan Februari, sebaliknya pada musim kemarau angin bergerak setiap 6 bulan sekali ke utara dari benua Australia pada bulan Maret sampai dengan bulan Agustus.

Bulan dengan badai petir tertinggi adalah pada musim Pancaroba I ( yakni musim perubahan arah pergerakan angin dari selatan ke utara arau sebaliknya) yang terjadi pada bulan Maret, April dan pada setiap tahunnya. Pada bulan September, Oktober dan November merupakan musim Pancaroba II.

Petir umumnya terjadi setelah awan comulonimbus (Cb) yang menghasilkan muatan petir menjadi matang. Karena proses terbentuknya petir itu memerlukan :

1. Udara naik keatas (*Up-draft*) yang terjadi akibat pemanasan permukaan tanah oleh matahari.
2. Tersedianya aerosol dari garam laut atau polutan industri, pembakaran batubara atau kebakaran hutan yang mempunyai sifat *hygroskopis*.
3. Adanya kelembaban yang bersama dengan butir aerosol naik keatas dan membentuk tetesan air, butir es dan menjadi kristal es yang karena beratnya akan jatuh kembali ketanah. Gerakan jatuh kebawah dari batu/kristal es akan menabrak butir air yang naik keatas. mengakibatkan terjadinya pemisahan muatan listrik di awan.

Letak geografis Indonesia berada pada iklim tropis mengakibatkan Indonesia memiliki hari guruh rata-rata per tahun sangat tinggi yaitu sekitar 180-260 guruh per tahun. Dengan demikian potensi sambaran petir pada bangunan di Indonesia memiliki potensi dan probabilitas terkenanya sambaran petir sangatlah besar, terutama pada saluran transmisi. Kerusakan yang di timbulkan oleh sambaran petir dapat membahayakan peralatan dan manusia yang berada disekitar area tersebut.

#### B. Data Petir Wilayah Riau

Data diperoleh dari sambaran petir historis ke data pentanahan yang direkam oleh sistem pendeteksi petir jaringan data LAPIITB, studi sistem petir di PT. Caltex Pasific Indonesia pada tahun Oktober 2002.

Berikut ini adalah karakteristik petir di Propinsi Riau pada tahun 2001-2002 :

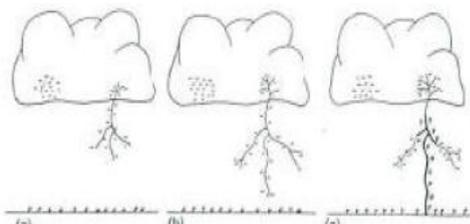
Karakteristik Petir		Polaritas Negatif	Polaritas Positif
Arus Puncak ( i )	Maksimum	304.8 kA	253 kA
	Probability 50 %	60 kA	63 kA
	Probability 2 %	180 kA	199 kA
	Rata-rata	68.06 kA	59.97 kA
Kecuraman (di/dt)	Maksimum	575 kA/μs	255 kA/μs
	Probability 50 %	30 kA/μs	
Kerapatan Sambaran Total (sambaran/km <sup>2</sup> /tahun)		10 – 20	

\*)LAPIITB, Studi Sistem Pengaman Petir di PT Caltex Pacific Indonesia, Final Report, Oktober 2002

#### C. Mekanisme Terjadinya Petir

Petir merupakan hasil pemisahan muatan listrik secara alami di dalam awan-awan badai. Di dalam awan terjadi pemisahan muatan dimana beberapa teori menyatakan bahwasanya didalam awan, kristal es bermuatan positif, sedangkan titiktitik air bermuatan negatif. Mekanisme selanjutnya adalah peluahan petir yang diawali dengan pengembangan sambaran perintis (*stepped downward leader*). Gerakan ke bawah ini bertahap sampai dekat ke tanah, sehingga muatan negatif yang dibawa oleh *stepped leader* tersebut temperbesar induksi muatan positif di permukaan tanah, akibatnya gradien tegangan antara dasarawan dengan tanah semakin besar. Apabila kedua akumulasi muatan ini saling tarik, maka muatan positif dalam jumlah yang besar akan

bergerak ke atas menyambut gerakan *stepped leader* yang bergerak kebawah, akhirnya terjadi kontak pertemuan antara keduanya. Gerakan ke atas muatan positif tersebut membentuk suatu *streamer* yang bergerak ke atas (*upward moving streamer*), atau yang lebih populer disebut sebagai sambaran balik (*return stroke*) yang menyamakan perbedaan potensial. Dilakukan untuk menjaga kondisi dari peralatan agar berfungsi dengan baik, dan untuk meminimalisir terjadinya gangguan arus lebih pada peralatan supaya lebih optimal.



Gambar 2.1 Proses terjadinya petir a) sambaran perintis b) sambaran mendekati tanah c) sambaran keatas

D. Jumlah Sambaran Petir Pertahun

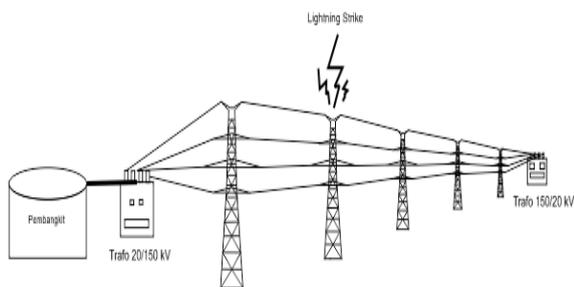
Jumlah sambaran kilat ke bumi sebanding dengan jumlah hari guruh per tahun atau "Iso Keraunic Level" (IKL). Banyak para peneliti yang telah melakukan penelitian ke arah ini dan mengemukakan rumus-rumus yang berlainan. Dalam makalah ini penulis menggunakan rumus :

$$N_g = 0.04 \times T^{1.25} \dots\dots\dots (1)$$

Ket : T = IKL

E. Penetapan Titik Kritis Sambaran Petir Pada Menara SUTT 150 kV

Sistem transmisi merupakan sistem yang sering terkena gangguan sambaran petir terutama sambaran langsung sebab objek dari menara transmisi yang tinggi dan menempati suatu area objek dengan iklim pada daerah tersebut. Sambaran petir yang mengenai kawat tanah maupun menara, akan timbul arus yang mengalir pada menara menuju ke dasar menara kemudian diketanahkan.



Gambar 2.2 Gambar analisis saluran SUTT terhadap sambaran petir

- a. Analisis yang dilakukan ialah sambaran petir yang terjadi pada menara SUTT 150 kV
- b. Analisis diasumsikan pada menara yang terpasang *Arrester* atau tanpa *Arrester*.

A. Metode *severity index* ( $I_{sev}$ )

*Severity index* diasumsikan sebagai fungsi linear dari frekuensi relatif (*Relative frequency index*) pada aliran arus petir di sepanjang menara dan amplitudo relatif dari tegangan lebih (*Relative overvoltage amplitude*) yang dihasilkan di dalam kasus aliran arus. Jadi nilai *severity index* adalah hasil kali nilai parameter *Relative Frequency Index* ( $I_{freq}$ ) dengan nilai *Relative Overvoltage Amplitude* ( $I_{Amp}$ ), rumus persamaannya adalah :

$$I_{sev} = I_{freq} \times I_{Amp} \dots\dots\dots (2)$$

Metode *severity index* adalah metode yang menentukan titik rawan saluran udara dengan mempertimbangkan faktor penyebab yaitu :

- 1. letak saluran yang melewati daerah dengan kerapatan sambaran petir
- 2. ketahanan menara terhadap sambaran petir yang menghantamnya.

a. *Relative Frequency Index* ( $I_{freq}$ )

$I_{freq}$  ini menyatakan berapa kali petir melewati menara. Beberapa sambaran diantara menara menyebabkan mengalirnya arus petir pada kedua menara. *Index relative* sambaran yang lewat adalah :

$$I_{relative}(x) = \frac{N_g}{2 \sum_{1}^n \frac{N_g}{n}} \dots\dots\dots (3)$$

Ket : x = menara ke-x  
 $N_g$  = kerapatan sambaran petir (sambaran/km<sup>2</sup>/tahun)  
 n = jumlah menara disaluran

Setiap menara, *index frequency relative* dikalikan faktor ketinggian ( $K_{alt}$ ) dari permukaan tanah kedalam kejadian kerapatan sambaran petir.

$$K_{alt}(x) = 1.5 \left( \frac{\text{Tinggi sebenarnya}}{\text{Tinggi rata-rata}} - 1 \right) \dots\dots\dots (4)$$

Jadi persamaan *Relative Frequency Index* ( $I_{freq}$ ) menjadi :

$$I_{freq}(x) = I_{relative}(x) \cdot K_{alt}(x) \dots\dots\dots (5)$$

b. *Relative Overvoltage Amplitude* ( $I_{amp}$ )

Sebagian besar arus petir yang menyambar pada *span* akan mengalir ke tanah melalui dua menara. Amplitudo tegangan lebih relatif ini mempunyai hubungan berbanding lurus dengan tegangan puncak menara. Faktor yang mempengaruhi tegangan lebih ini adalah kopling kawat, struktur menara dan kawat tanah. Dengan asumsi itu dapat dihitung besar tegangan pada puncak menara adalah :

1. Tegangan Lebih Sambaran Petir ( $V_{C\_TOP}$ )

Tegangan lebih yang terjadi pada saat sambaran petir ini berbanding lurus dengan tegangan puncak menara. Diperoleh dari parameter-parameter yang telah yaitu, besar impedansi surja menara ( $Z_T$ ), impedansi pentanahan ( $Z_g$ ), puncak arus menara ( $I_P$ ), waktu transit/waktu propagasi ( $c$ ) =  $3 \times 10^8$ , dan waktu muka gelombang ( $t_f$ ) =  $0.5 \mu s$ .

$$V_{C\_TOP} = \left( \frac{Z_T \cdot I_P}{t_f} \right) \left( 2t + 1 \left( \frac{Z_g - Z_T}{Z_g + Z_T} \right) (t_f - 2t) \right) \dots \dots (6)$$

Ket :

- $I_P$  = arus puncak petir di sepanjang menara
- $Z_T$  = impedansi surja menara
- $Z_g$  = impedansi surja pertanahan
- $t$  = waktu transit gelombang arus petir dimenara
- $t_f$  = waktu muka gelombang petir

Ketika tinggi menara dianggap sama, maka waktu transit lebih kecil dibandingkan waktu muka sehingga persamaan diatas dapat disederhanakan menjadi :

$$V_{C\_TOP(x)} = Z_T \cdot I_P \left( \frac{2h}{ct_f} + \frac{2}{1 + \left( \frac{Z_T}{Z_g} \right)} \right)$$

- Ket :  $c$  = kecepatan gelombang ( $3 \cdot 10^8$  m/s)
- $h$  = tinggi menara (m)

2. Nilai Tegangan Lebih dengan *Amplitude Referensi* ( $V_{C\_TOPreference}$ )

Karakteristik *relative overvoltage amplitude index* diasumsikan untuk setiap menara menggunakan *amplitude* referensi  $V_{C\_TOPreference}$  didapat dari  $V_{C\_TOP}$  dengan asumsi :

- a. Impedansi surja menara dianggap rata – rata
- b. Impedansi surja kawat tanah dibatasi sepertiga dari rata – rata impedansi surja kawat tanah. Untuk wilayah Indonesia diasumsikan  $Z_g \approx 0.01 \text{ k}\Omega$ . (Eko Yudo Pramono, 2011)

- c. Waktu muka gelombang arus puncak mengalir di menara sama dengan yang digunakan untuk mendapatkan tegangan puncak setiap menara  $V_{C\_TOP}(x)$ .

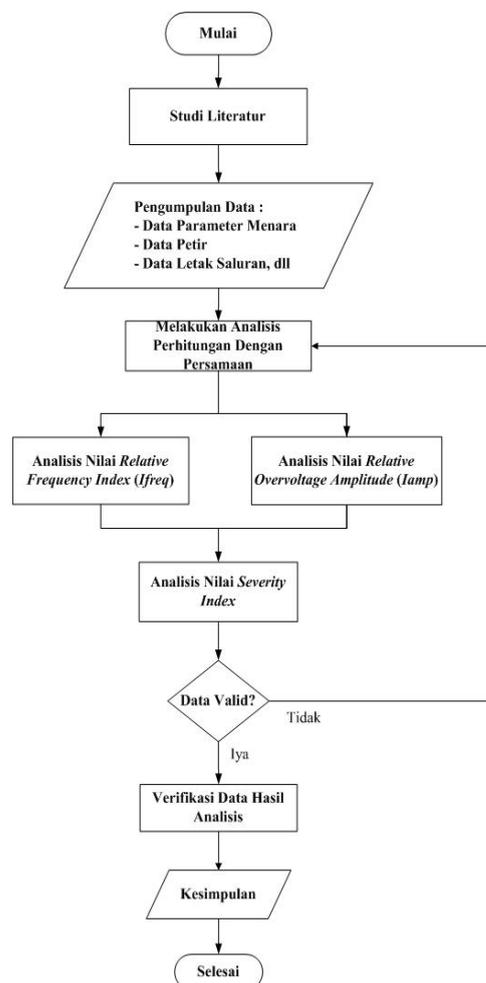
Sehingga  $I_{Amp}$  dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$I_{Amp} = \frac{V_{C\_TOP(x)}}{V_{C\_TOPreference}} \dots \dots \dots (8)$$

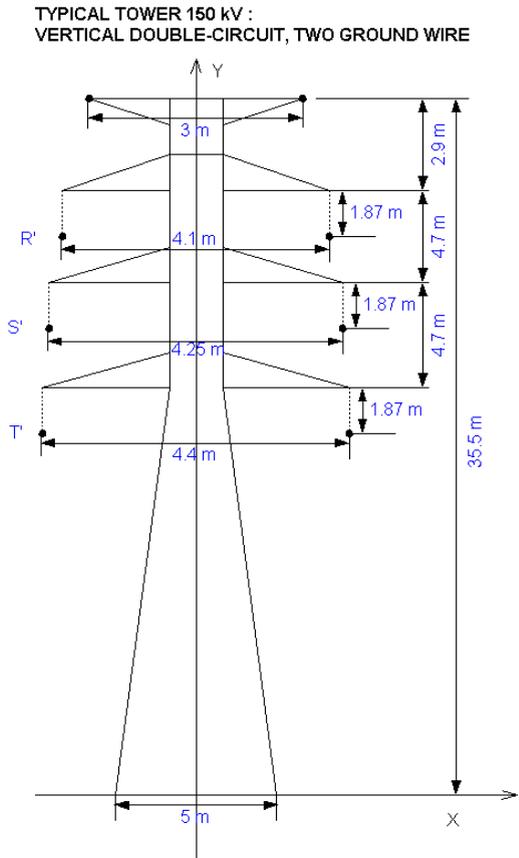
III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 *Flowchart* Penetapan Titik Kritis Sambaran Petir Menggunakan Metode *Severity Index*

Alur *flowchart* ini berisi tahapan-tahapan yang dimulai dengan studi literatur dan tinjauan pustakan sampai dengan kesimpulan dari hasil analisis yang telah dilakukan.



### 3.2 Data Parameter Menara SUTT 150 kV

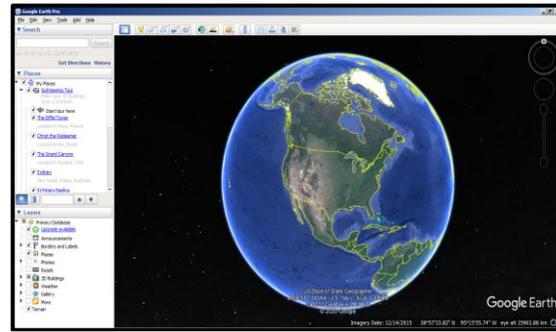


Tabel 3.1 Tabel spesifikasi menara *typical*

No	Ketinggian Menara ( <i>Typical</i> )	Lebar Kaki Menara	Jumlah Kawat Tanah	Tinggi Kawat Tanah
1	35 meter	5 meter	2	34.65 meter

### 3.7 Menentukan Ketinggian Menara SUTT Berdasarkan Titik Koordinat dengan Menggunakan Aplikasi Google Earth Pro

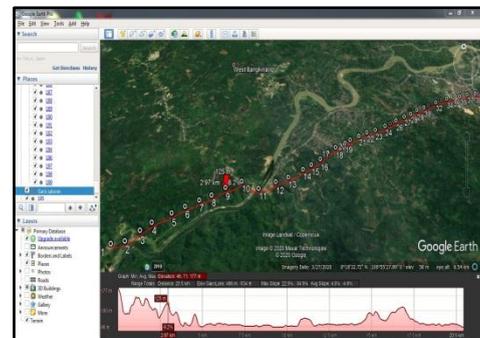
Diketahui dari data titik koordinat lokasi saluran transmisi yang didapatkan dari PT. PLN Persero UPT, menara SUTT 150 kV berada pada ketinggian permukaan tanah yang berbeda-beda, sehingga mempengaruhi perbedaan ketinggian dari masing-masing menara yang ada. Oleh karena itu dibutuhkan langkah untuk mengetahui perbedaan ketinggian menara tersebut. Di sini peneliti menggunakan aplikasi *google earth pro*.



Gambar 3.3 Gambar tampilan muka aplikasi *google earth pro*

Langkah-langkah untuk mengetahui perbedaan ketinggian dari masing-masing menara :

1. Masukkan data titik koordinat pada *ms. excel* yang didapatkan dari PT. PLN Persero UPT Sumatera ke *google earth pro*.
2. Berikan *pin*/tanda masing-masing menara sesuai dengan nomor urut menara.
3. Selanjutnya tarik garis lurus dari menara satu ke menara berikutnya.
4. Lalu klik kanan pada garis yang telah dibuat, dan pilih *show elevation profile*
5. Maka kita dapat mengetahui berapa ketinggian permukaan tanah dari permukaan laut seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.3 Pengukuran tinggi menara menara SUTT 150 kV Koto Panjang – Garuda Sakti dengan titik koordinat menggunakan *google earth pro*

6. Selanjutnya melakukan penjumlahan ketinggian menara *typical* dengan ketinggian permukaan tanah pada masing-masing titik menara.

$$T_{\text{Menara Sebenarnya}} = T_{\text{Permukaan Tanah}} + T_{\text{Menara Typical}} - 18 \text{ meter}$$

Ket : Sebagai patokan maka diambil ketinggian permukaan tanah yang paling rendah pada menara *typical*, yaitu 18 meter dari permukaan laut.

### Kerapatan Sambaran Petir Pertahun

Untuk menunjang hasil penelitian maka diperlukan data kerapatan sambaran petir pertahun. Dibawah ini data tabel dari BMKG Riau pada tahun 2013 dan hasil perhitungan untuk kerapatan sambaran petir pertahun.

Tabel 3.5 Data Badan Meterologi, Klimatologi dan Geofisika Riau 2013

Besaran / Parameter	Nilai
Data IKL (hari guruh rata-rata pertahun) (hari) (fg)	136
Curah hujan rata-rata pertahun (mm/th)	3073.8
Tinggi awan terendah (m) (Ha)	304.8
Frekuensi sambaran petir tahunan setempat yang diperbolehkan (sambaran/tahun)	$10^{-1}$

Sumber : BMKG Riau

Diketahui data hari guruh rata-rata pertahun wilayah Pekanbaru (IKL) adalah 136 pertahun.

Berikut hasil perhitungan kerapatan sambaran petir pertahun pada wilayah Riau.

$$N_g = 0.04 \times T^{1.25}$$

$$N_g = 0.04 \times 136^{1.25}$$

$$N_g = 18.57 \text{ sambaran/100km/tahun}$$

### Impedansi Surja Menara

Untuk menunjang penelitian dibutuhkan data besarnya nilai impedansi surja menara ( $Z_T$ ). Berikut persamaan untuk mencari nilai impedansi surja menara. Diketahui tinggi menara  $h = 35$  m, setengah lebar menara  $r = 2.5$  m.

$$\begin{aligned} Z_T &= 30 \ln \left[ \frac{2(h^2 + r^2)}{r^2} \right] \\ &= 30 \ln \left[ \frac{2(35^2 + 2.5^2)}{2.5^2} \right] \\ &= 30 \ln 394 \\ &= 0.18 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

### 3.10 Impedansi Surja Pentanahan

Untuk menunjang penelitian dibutuhkan data besarnya nilai impedansi surja pentanahan. Berikut persamaan untuk mencari nilai impedansi surja pentanahan ( $Z_g$ ). Diketahui tinggi menara  $h = 35$  m, setengah lebar menara  $r = 2.5$  m.

$$\begin{aligned} Z_g &= 60 \ln \left( \frac{2h_t}{\sqrt{a_{12}r}} \right) \\ &= 60 \ln \left( \frac{2 \times 58.99}{\sqrt{3 \times 2.5}} \right) \\ &= 60 \ln 43.06 \\ &= 0.23 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4. Menentukan Nilai *Index Relative*

Sebelum menentukan nilai *Index Relative Frequency* ( $I_{Freq}$ ) maka dibutuhkan nilai *Index Relativenya* terlebih dahulu. Berikut adalah hasil dari perhitungan *index relativenya*.

$$I_{relative}(x) = \frac{N_g}{2 \sum_1^n \frac{N_g}{n}}$$

$$\begin{aligned} I_{relative}(x) &= \frac{18,57}{2 \sum_1^{199} \frac{18,57}{199}} \\ &= \frac{18,57}{35,82} \\ &= 0,52 \end{aligned}$$

### 4.1 Menentukan Faktor Ketinggian Alternatif Menara ( $K_{alt}$ ) dan *Index Relative Frequency* ( $I_{Freq}$ )

#### a. Urutan sepuluh menara dimulai dari menara yang paling tinggi

1. Menara nomor 1 dengan ketinggian 194 meter

$$\begin{aligned} K_{alt} &= 1,5 \left( \frac{\text{Tinggi sebenarnya}}{\text{Tinggi rata-rata}} - 1 \right) \\ &= 1,5 \left( \frac{194}{59,34} - 1 \right) \\ &= 2.51 \end{aligned}$$

Jadi nilai  $I_{freq}$  dapat ditentuka :

$$\begin{aligned} I_{freq(x)} &= I_{relative(x)} \cdot K_{alt(x)} \\ &= 0.52 \times 2.51 \\ &= 1.3 \end{aligned}$$

2. Menara nomor 4 dengan ketinggian 150 meter

$$\begin{aligned} K_{alt} &= 1,5 \left( \frac{\text{Tinggi sebenarnya}}{\text{Tinggi rata-rata}} - 1 \right) \\ &= 1,5 \left( \frac{150}{59,34} - 1 \right) \\ &= 1.86 \end{aligned}$$

Jadi nilai  $I_{freq}$  dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} I_{freq(x)} &= I_{relative(x)} \cdot K_{alt(x)} \\ &= 0.52 \times 1.86 \\ &= 0.97 \end{aligned}$$

3. Menara nomor 6 dengan ketinggian 144 meter

$$\begin{aligned} K_{alt} &= 1,5 \left( \frac{\text{Tinggi sebenarnya}}{\text{Tinggi rata-rata}} - 1 \right) \\ &= 1,5 \left( \frac{144}{59,34} - 1 \right) \\ &= 1.78 \end{aligned}$$

Jadi nilai  $I_{freq}$  dapat ditentukan :

$$\begin{aligned} I_{freq(x)} &= I_{relative(x)} \cdot K_{alt(x)} \\ &= 0.52 \times 1.78 \\ &= 0.93 \end{aligned}$$

## 4.2 Menentukan Nilai *Relative Overvoltage Amplitude (Iamp)*

### 4.2.1 Nilai Tegangan Lebih Sambaran Petir ( $V_{C\_TOP(x)}$ )

Tegangan lebih yang terjadi pada saat sambaran petir ini berbanding lurus dengan tegangan puncak menara. Dari parameter-parameter yang telah didapatkan sebelumnya yaitu, besar impedansi surja menara ( $Z_T$ ) = 0.18 k $\Omega$ , impedansi pentanahan ( $Z_g$ ) = 0.23 k $\Omega$ , puncak arus menara ( $I_p$ ) = 304.8 kA, waktu transit/waktu propagasi ( $c$ ) =  $3 \times 10^8$ , dan waktu muka gelombang ( $t_f$ ) = 0.5  $\mu$ s

$$V_{C\_TOP(x)} = Z_T \cdot I_p \left( \frac{2h}{ct_f} + \frac{2}{1 + \left(\frac{Z_T}{Z_g}\right)} \right)$$

$$\begin{aligned} V_{C\_TOP(1)} &= 0.18 \times 304.8 \left( \frac{2 \times 194}{3 \times 10^8 \times 0.5} + \frac{2}{1 + \left(\frac{0.18}{0.23}\right)} \right) \\ &= 61.44 \text{ kV} \end{aligned}$$

### 4.2.2 Nilai Tegangan Lebih dengan *Amplitude Referensi (VC\_TOPPreference)*

Karakteristik *relative overvoltage amplitude index* diasumsikan untuk setiap menara menggunakan *amplitude referensi VC\_TOPPreference* didapat dari  $VC\_TOP$  dengan asumsi :

1. Impedansi surja menara dianggap rata – rata  $Z_T = 0.18$  k $\Omega$ .
2. Impedansi surja kawat tanah dibatasi sepertiga dari rata – rata impedansi surja kawat tanah. Untuk wilayah Indonesia diasumsikan  $Z_g \approx 0.01$  k $\Omega$ .
3. Waktu muka gelombang arus puncak mengalir di menara sama dengan yang digunakan untuk mendapatkan tegangan puncak setiap menara  $VC\_TOP(x)$ .

$$VC\_TOPPreference = Z_T \cdot I_p \left( \frac{2h}{ct_f} + \frac{2}{1 + \left(\frac{Z_T}{Z_g}\right)} \right)$$

$$\begin{aligned} VC\_TOPPreference &= 0.18 \times 304.8 \left( \frac{2 \times 194}{3 \times 10^8 \times 0.5} + \frac{2}{1 + \left(\frac{0.18}{0.01}\right)} \right) \\ &= 5.77 \text{ kV} \end{aligned}$$

Sehingga  $I_{Amp}$  dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} I_{Amp} &= \frac{V_{C\_TOP(x)}}{V_{C\_TOPPreference}} \\ I_{Amp} &= \frac{61.44 \text{ kV}}{6.03 \text{ kV}} \\ &= 10.19 \end{aligned}$$

## 4.3 Nilai Severity Index Menara SUTT 150 kV Koto Panjang – Garuda Sakti

Setelah didapatkan nilai  $I_{freq}$  dan nilai  $I_{amp}$  maka kita dapat menentukan nilai *severity index* ( $I_{sev}$ ) pada tiap-tiap menara saluran transmisi dengan rumus persamaan dibawah ini.

$$I_{sev} = I_{Freq} \cdot I_{Amp}$$

1. *Severity index* menara nomor 1 dengan ketinggian 194 meter

$$\begin{aligned} I_{sev} &= I_{Freq} \cdot I_{Amp} \\ &= 1.3 \times 10.65 \\ &= 13.9 \end{aligned}$$

2. *Severity index* menara nomor 4 dengan ketinggian 150 meter

$$\begin{aligned} I_{sev} &= I_{Freq} \cdot I_{Amp} \\ &= 0.97 \times 10.65 \\ &= 10.2 \end{aligned}$$

3. *Severity index* menara nomor 6 dengan ketinggian 144 meter

$$\begin{aligned} I_{sev} &= I_{Freq} \cdot I_{Amp} \\ &= 0.93 \times 10.65 \\ &= 9.87 \end{aligned}$$

Tabel 4.1 Data hasil perhitungan 10 menara yang memiliki nilai *severity index* tertinggi

No.	Urutan 10 Menara Dimulai Dari Yang Memiliki <i>Severity Index</i> Tertinggi						
	No. Menara	T. Menara Sebenarnya	Kalt	Ifreq	Iamp	Isev	Jumlah Kerusakan Isolator
1	1	194	2.51	1.3	10.65	13.3	3
2	4	150	1.86	0.97	10.65	9.84	1
3	6	144	1.78	0.93	10.65	9.45	2
4	9	143	1.77	0.92	10.65	9.38	2
5	5	135	1.68	0.87	10.65	8.89	1
6	7	126	1.58	0.82	10.65	8.36	-
7	2	119	1.5	0.78	10.65	7.96	2
8	10	114	1.54	0.76	10.65	7.7	1
9	48	111	1.42	0.74	10.65	7.54	-
10	3	110	1.41	0.74	10.65	7.49	-

Ket : Data diambil oleh PT. PLN Persero UPT Pekanbaru pada bulan Januari s/d Mei 2020

Tabel 4.2 Data hasil perhitungan 10 menara yang memiliki nilai *severity index* terendah

No.	Urutan 10 Menara Dimulai Dari Yang Memiliki <i>Severity Index</i> Terendah						
	No. Menara	T. Menara Sebenarnya	Kalt	Ifreq	Iamp	Isev	Jumlah Kerusakan Isolator
1	134	35	0.85	0.44	10.65	4.49	-
2	141	36	0.85	0.44	10.65	4.52	-
3	130	37	0.86	0.45	10.65	4.55	-
4	122	38	0.86	0.45	10.65	4.58	-
5	115	39	0.87	0.45	10.65	4.61	-
6	114	40	0.88	0.46	10.65	4.64	-
7	116	41	0.88	0.46	10.65	4.67	-
8	95	42	0.89	0.46	10.65	4.71	-
9	93	43	0.89	0.47	10.65	4.74	-
10	94	44	0.9	0.47	10.65	4.77	-

Menara yang memiliki nilai *severity index* terbesar adalah menara nomor 1 memiliki ketinggian 197 m, dengan nilai 13.9 dan menara yang memiliki nilai *severity index* terkecil adalah menara nomor 134 ketinggian 35 m, dengan nilai *severity index* 4.9. Data pada periode bulan Januari – Mei 2020 menunjukkan kerusakan isolator terbanyak terjadi pada menara nomor 197 dengan jumlah 3 isolator. Ini menunjukkan besarnya nilai *severity index* berbanding lurus dengan jumlah kerusakan isolator pada menara.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan ada beberapa kesimpulan yang dapat diambil, yaitu sebagai berikut :

1. Saluran transmisi SUTT 150 kV Koto Panjang - Garuda Sakti memiliki ketinggian permukaan tanah yang berbeda - beda, sehingga mempengaruhi ketinggian dari masing – masing menara.
2. Ketinggian menara mempengaruhi besar nilai *severity index*nya. Sehingga semakin besar nilai *severity index*nya, semakin besar juga terkena sambaran petir pada menara.
3. Menara yang memiliki nilai *severity index* terbesar adalah menara nomor 1 memiliki ketinggian 197 m, dengan nilai 13.9 dan menara yang memiliki nilai *severity index* terkecil adalah menara nomor 134 ketinggian 35 m, dengan nilai *severity index* 4.9
4. Data pada periode bulan Januari – Mei 2020 menunjukkan kerusakan isolator terbanyak terjadi pada menara nomor 197 dengan jumlah 3 isolator. Ini menunjukkan besarnya nilai *severity index* berbanding lurus dengan jumlah kerusakan isolator pada menara.

### 5.2 Saran

1. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menghubungkan penelitian dari segi kegagalan isolasi, tegangan denyar balik (*backflashover*) dan lain – lain.
2. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat melakukan penelitian mengenai perbaikan dan perancangan sistem proteksi guna memperkecil kemungkinan rusaknya isolator.

## DAFTAR PUSTAKA

- Eko Yudo Pramono, D. F. (2011). *The Determination of Critical Points on High Voltage / Extra High Voltage Over-Head Lines Caused by Lightning Strikes using Severity Indexes Method* . International Conference on Electrical Engineering and Informatics , 4.
- Ibnu Hajar, E. R. (2017). Kajian Pemasangan *Lightning Arrester* Pada Sisi Hv Transformator Daya Unit Satu Gardu Induk Teluk Betung. *Jurnal Energi & Kelistrikan* Vol. 9 No. 2, 13.
- Swadana, H. (2007). Aplikasi Metode *Severity Index* Pada Saluran Transmisi Udara. *Jurnal Teknik Elektro*, 2.
- Yulentya Anggraini, S. M. (2007). Penentuan Lokasi Rawan Sutt 150 Kv Malangbong-Tasikmalaya Baru . *Jurnal Teknik dan Sains*, 3.

