

# “PENENTUAN LETAK OPTIMUM ARRESTER PADA GARDU INDUK (GI) 150 kV SIANTAN MENGGUNAKAN METODE OPTIMASI”

Ringga Nurhaidi<sup>1)</sup>, Danial<sup>2)</sup>, Managam Rajagukguk<sup>3)</sup>  
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura  
e-mail: [ringga640@gmail.com](mailto:ringga640@gmail.com)

---

## ABSTRAK

Substation 150 kV Siantan frequent disturbances from lightning strikes. Where based on the results of the analysis in 2015, the number of lightning strikes in the transmission network is approximately 30 times strike. Therefore, we need a protection device to protect this transmission network. The main protection against lightning strikes on the network transmission is lightning arresters. Where, to selecting a reliable arrester for use, note the value of the identifier / rating of the arrester is appropriate for use on a 150 kV substation Siantan. From this research, the results of the analysis and calculation of the value for the distance Optimum arrester on the transformer (S) at 150 kV substations Siantan using *lagrange method* is 34,784 meter, while the identifier / rating of the arrester to be used are as follows: identifier arester voltage ( $U_C$ ) = 134.64 kV, the working voltage arrester ( $E_a$ ) = 414.333 kV, operating current arrester ( $H_c$ ) = 5.504 kA,

Keywords: lightning arrester (LA), lagrange method, the parent Siantan 150 kV Substation

---

## I. Pendahuluan

### 1 Latar Belakang

Saat ini energi listrik sudah menjadi salah satu kebutuhan utama bagi manusia. Sehingga ketersediaan energi listrik harus tetap terjaga. Hal ini tentunya harus didukung dengan sistem ketenagalistrikan yang handal dengan peralatan dan SDM yang handal.

Sistem ketenagalistrikan yang dimulai dari pembangkitan, Gardu induk, transmisi, dan gardu distribusi harus tetap dijaga kehandalannya. Gardu induk merupakan suatu sistem instalasi listrik yang terdiri dari beberapa perlengkapan peralatan listrik dan menjadi penghubung listrik dari jaringan transmisi ke jaringan distribusi perimer. Diantara peralatan-peralatan tersebut diantara telah kita kenal seperti transformator, pengubah fasa, arrester. Untuk itu didalam G.I. Diperlukan isolasi dan peralatan-peralatan lainnya untuk mengatasi gangguan-gangguan yang dapat merusak peralatan pada G.I dan saluran transmisinya. Untuk mencegah terjadinya hal tersebut maka setiap pemasangan G.I selalu dilengkapi dengan *Lightning arrester*.

*Lightning Arrester* merupakan salah satu peralatan yang sangat penting pada G.I. Penempatan arrester pada G.I memiliki tujuan dan fungsi yang sama tetapi memiliki cara pengawatan dan peletakan arrester yang berbeda. Sistem penempatan arrester adalah sistem yang berhubungan dengan cara pengawatan arrester yang memiliki tujuan

untuk memberikan proteksi pada trafo dari tegangan lebih.

### 2. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam skripsi ini adalah untuk mendapatkan sistem penempatan arrester yang optimum pada gardu induk (GI) menggunakan metode optimasi.

### 3. Pembatasan Masalah

Agar pembahasan tidak menyimpang dan meluas, maka ada beberapa hal yang perlu dibatasi yaitu sebagai berikut:

1. Fokus pembahasan hanya pada Gardu Induk 150 kV
2. Simulasi petir tipikal 1,2/50 s
3. Tegangan lebih yang ditinjau hanya sambaran tak langsung
4. Analisis hanya membahas satu fasa karena arrester terpasang pada setiap kawat fasa.
5. Kapasitansi surja peralatan pada sisi kawat transmisi dari arrester diabaikan.
6. Tegangan yang masuk pada gardu induk mempunyai laju kenaikan yang tetap sampai tegangan percik arrester.
7. Peralatan yang dilindungi dan arrester diketanahkan dengan suatu kisi-kisi pengetanahan bersama.

## II. Sumber Tegangan Lebih dan Lightning Arrester

### 1. Tegangan Lebih

Dalam merencanakan suatu sistem pengamanan (*Proteksi*) yang ada hubungannya dengan tenaga atau arus listrik, maka perlu diperhatikan keadaan peralatan itu pada waktu peralihan (*transient*) kepada suatu keadaan *steady state* yang lain

Pada keadaan *transient*, tegangan yang terjadi lebih besar dari tegangan kerja pada peralatan itu. Hal ini tentu saja dapat merusak peralatan tersebut, oleh karena peralatan itu mempunyai kekuatan isolasi yang terbatas. Jadi jelaslah bahwa peralatan itu harus dilindungi terhadap akibat yang merusak dari tegangan lebih ini, harus sudah diperhitungkan pada waktu perencanaan tenaga listrik tersebut.

#### • Penyebab Terjadinya Tegangan Lebih.

Tegangan lebih yang terjadi pada sistem tenaga listrik dapat disebabkan oleh berbagai hal antara lain :

Tegangan lebih luar (*External over voltage*). Tegangan lebih yang disebabkan peristiwa yang terjadi di atmosfer bumi, dalam hal ini tegangan lebih yang terjadi tidak mempunyai hubungan langsung dengan tegangan kerja. *External over voltage* ini dapat terjadi disebabkan oleh :

1. Sambaran petir langsung (*direct lightning stroke*)
2. Induksi tegangan petir disebabkan oleh pelepasan muatan yang terjadi antara awan dengan tanah dekat dengan bangunan listrik
3. Induksi tegangan yang disebabkan perubahan kondisi atmosfer sepanjang kawat transmisi.
4. Induksi tegangan statis yang disebabkan oleh awan yang bermuatan.
5. Induksi tegangan statis yang disebabkan oleh gesekan-gesekan partikel-partikel kecil di awan.

#### • Gelombang Berjalan ( *Traveling Wave* )

Jika suatu hantaran tenaga listrik (hantaran udara, kabel) yang digambarkan dengan dua kawat tiba-tiba dihubungkan dengan suatu sumber tegangan, maka seluruh hantaran tersebut tidak akan langsung bertegangan. Masih diperlukan beberapa waktu untuk dapat merasakan tegangan ini pada suatu titik dalam sistem yang mempunyai jarak tertentu dari sumber tegangan tersebut. Hal ini disebabkan adanya induktansi dan kapasitansi pada

sistem tanpa rugi-rugi (*lose less line*). Proses ini sama dengan peluncuran sebuah gelombang tegangan yang merambat sepanjang hantaran dengan kecepatan tertentu. Gelombang tegangan ini merambat bersamaan dengan gelombang arus. Kedua gelombang ini akan mencapai ujung yang lain dari hantaran dalam waktu tertentu.

Dalam perambatannya kedua gelombang ini umumnya akan menemukan diskontinuitas dalam hantaran sehingga terjadi pemantulan gelombang. Umumnya

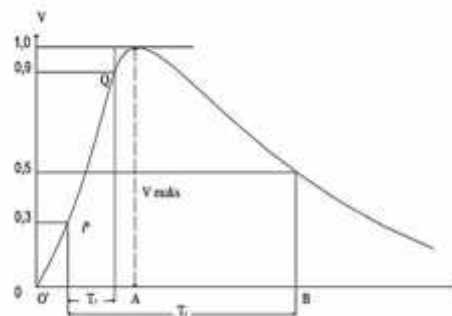
pada setiap saat, tegangan dan arus pada setiap titik merupakan superposisi dari gelombang datang dan gelombang pantul.

Gelombang berjalan ini timbul dalam sistem transmisi sebagai akibat adanya tegangan lebih pada sistem yang disebabkan oleh proses sambaran petir atau proses *switching* (pembukaan dan penutupan saklar daya). Sampai saat ini sebab-sebab dari gelombang berjalan yang diketahui ialah:

1. Sambaran petir secara langsung pada kawat.
2. Sambaran petir secara tidak langsung pada kawat (*induksi*).
3. Operasi pemutusan (*switching operations*).
4. Busur pentanahan (*arching grounds*).
5. Gangguan-gangguan pada sistem oleh berbagai-bagai kesalahan.
6. Tegangan kerja sistem.

#### • Bentuk Gelombang Berjalan

Bentuk umum dari suatu gelombang berjalan adalah tegangan *impuls* yang mempunyai spesifikasi seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



**Sumber** : Hutauruk TS. *Gelombang Berjalan dan Proteksi Surja*.

$T_f$  = Waktu muka gelombang (O'A)

$T_t$  = Waktu ekor gelombang (O'B)

$V_{maks}$  = Tegangan puncak

## 2. Lightning Arrester

Arrester adalah alat pelindung bagi peralatan sistem tenaga listrik terhadap tegangan lebih, baik yang disebabkan oleh surja petir maupun surja hubung. Alat ini bersifat sebagai *by pass* di sekitar isolasi yang membentuk jalan dan mudah dilalui oleh arus kilat, sehingga tidak timbul tegangan lebih pada peralatan.

### • Prinsip Kerja Arrester

Pada prinsipnya arrester membentuk jalan yang mudah dilalui oleh petir, sehingga tidak timbul tegangan lebih yang tinggi pada peralatan. Pada kondisi normal arrester berlaku sebagai isolasi tetapi bila timbul surja, arrester berlaku sebagai konduktor yang berfungsi melewatkan aliran arus yang tinggi ke tanah. Setelah itu hilang, arrester harus dengan cepat kembali menjadi isolator.

Pada pokoknya arrester ini terdiri dari dua unsur yaitu :

1. Sela api (*spark gap*)
2. Tahanan kran (*valve resistor*)

Keduanya dihubungkan secara seri. Batas atas dan bawah dari tegangan percikan ditentukan oleh tegangan sistem maksimum dan oleh tingkat isolasi peralatan yang dilindungi

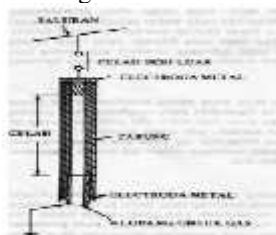
### • Jenis-Jenis Arrester

Adapun jenis-jenis arrester di kelompokkan menjadi dua yaitu sebagai berikut :

#### 1. Arrester jenis ekspulsi atau tabung pelindung.

Pada prinsipnya terdiri dari sela percik yang berada dalam tabung serat dan sela percik yang berada diluar diudara atau disebut juga sela seri lihat pada gambar. Bila ada tegangan surja yang tinggi sampai pada jepitan arrester kedua sela percik, yang diluar dan yang berada didalam tabung serat, tembus seketika dan membentuk jalan penghantar dalam bentuk busur api.

Dalam penggunaan yang terakhir ini arrester jenis ini sering disebut sebagai tabung pelindung.



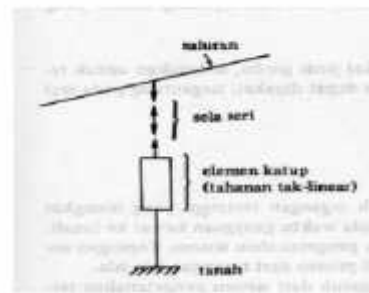
Arrester jenis ekspulsi atau tabung pelindung

#### • Arrester jenis katup

Arrester jenis katup ini terdiri dari sela percik terbagi atau sela seri yang terhubung dengan elemen tahanan yang mempunyai karakteristik tidak linier. Tegangan frekuensi dasar tidak dapat menimbulkan tembus pada sela seri.

Arrester jenis katup ini dibagi dalam tiga jenis yaitu :

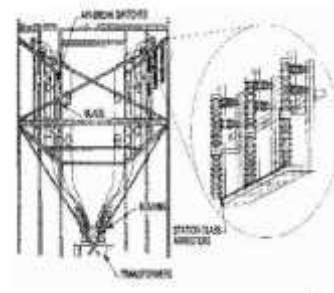
1. Arrester katup jenis gardu (*station*)
2. Arrester katup jenis saluran (*intermediate*)
3. Arrester katup jenis distribusi untuk mesin – mesin (*distribution*)



Arrester jenis katup

#### • Arrester katup jenis gardu

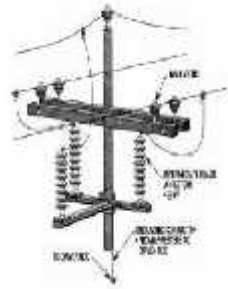
Arrester katup jenis gardu ini adalah jenis yang paling efisien dan juga paling mahal. Perkataan gardu disini berhubungan dengan pemakaiannya secara umum pada gardu induk besar. Umumnya dipakai untuk melindungi alat – alat yang mahal pada rangkaian – rangkaian mulai dari 2400 volt sampai 287 kV dan tinggi.



Arrester katup jenis gardu.

#### • Arrester katup jenis saluran

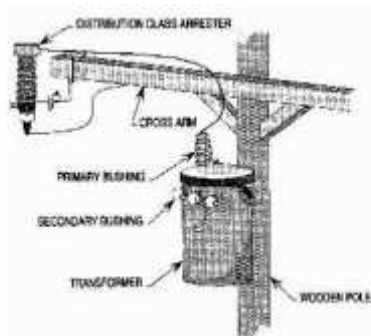
Arrester jenis saluran ini lebih murah dari arrester jenis gardu . kata “saluran” disini bukanlah berarti untuk saluran transmisi. Seperti arrester jenis gardu, arrester jenis saluran ini dipakai untuk melindungi transformator dan pemutus daya serta dipakai pada system tegangan 15 kV sampai 69 kV.



Arrester katup jenis saluran.

- **Arrester katup jenis distribusi untuk mesin – mesin**

Arrester jenis distribusi ini khusus melindungi mesin – mesin berputar seperti diatas dan juga melindungi transformator dengan pendingin udara tanpa minyak. Arrester jenis ini dipakai pada peralatan dengan tegangan 120 volt sampai 750 volt.



Arrester katup jenis distribusi untuk mesin-mesin

- **Karakteristik Lightning Arrester**

Oleh karena arrester dipakai untuk melindungi peralatan sistem tenaga listrik maka perlu diketahui karakteristiknya sehingga arrester dapat digunakan dengan baik didalam pemakaiannya. Arrester mempunyai tiga karakteristik dasar yang penting dalam pemakaiannya yaitu :

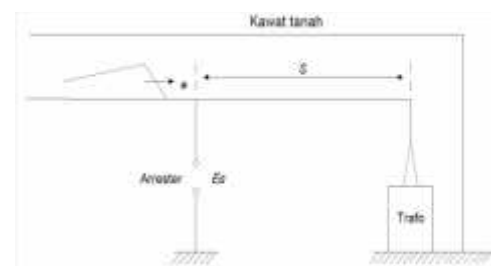
1. Tegangan rated 50 c/s yang tidak boleh dilampaui
2. Arrester mempunyai karakteristik yang dibatasi oleh tegangan (voltage limiting) bila dilalui oleh berbagai macam arus petir.
3. Batas termis

Sebagaimana diketahui bahwa arrester adalah suatu peralatan tegangan yang mempunyai tegangan ratingnya. Maka jelaslah bahwa arrester tidak boleh dikenakan tegangan yang melebihi tegangan yang melebihi rating arrester yang digunakan.

### III. METODOLOGI PENELITIAN

- **Perhitungan Jarak Maksimum Arrester Dengan Transformator**

Untuk mendapatkan perlindungan transformator yang optimum, arrester ditempatkan dengan jarak tertentu (tidak boleh terlampau jauh ataupun terlalu dekat), dalam kenyataannya arrester harus ditempatkn dengan jarak tertentu, agar perlindungan dapat berlangsung dengan optimal



Jarak transformator dan arrester.

Jika arrester dihubungkan dengan menggunakan saluran udara terhadap alat yang dilindungi, maka untuk menentukan jarak yang optimal antara arrester dengan transformator, dinyatakan dengan persamaan:

$$E_p = E_a + 2 \frac{A \cdot s}{v}$$

Dimana :

$E_p$  :Tegangan pengenalan pada alat yang dilindungi (kV)

$E_a$  :Tegangan tembus/percik dari arrester (kV)

$A$  :Kecuraman gelombang datang (kV/ s)

$s$  :Jarak arrester terhadap alat yang dilindungi (m)

$v$  :Kecepatan merambat gelombang impuls (m/ s)

- **Metode Pengali Lagrange**

Metode Pengali Lagrange adalah sebuah teknik dalam menyelesaikan optimasi dengan kendala persamaan, inti dari metode dari pengali lagrange adalah mengubah persoalan titik ekstrim terkendala menjadi persoalan ekstrim bebas kendala.

Selanjutnya fungsi yang terbentuk dari transformasi tersebut dinamakan fungsi lagrange

jarak optimum arrester pada gardu induk 150 kV menggunakan metode lagrange :

$$S = \frac{-1/2 \cdot (E_a - E_p) \cdot V}{A}$$

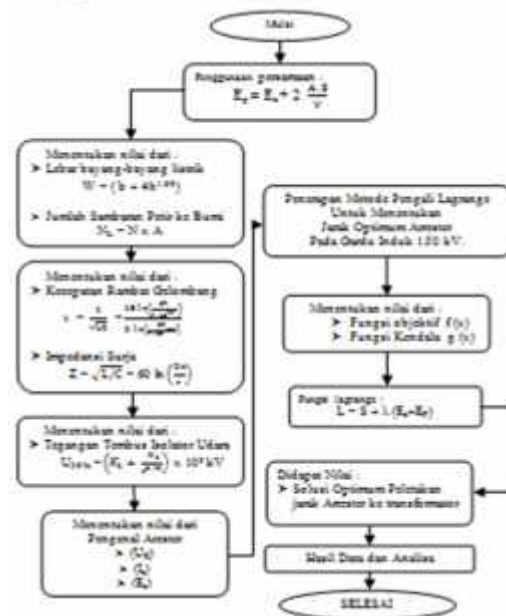
Apabila  $E_a = E_p$   
Maka didapat nilai optimum peletakan arrester:

$$S = \frac{-1/2 \cdot (-E_p) \cdot V}{A}$$

Apabila  $E_a = 0$   
Maka didapat nilai optimum peletakan arrester:

$$S = \frac{-1/2 \cdot (-E_p) \cdot V}{A}$$

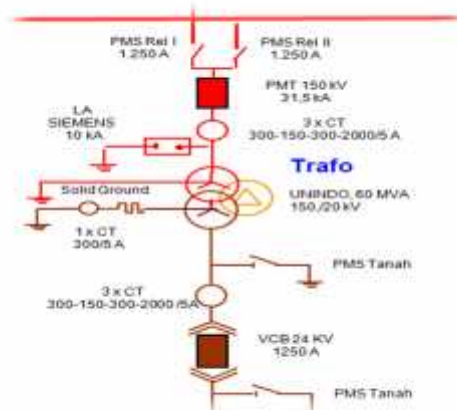
- **Diagram Alir menentukan letak optimum arrester**



**IV. PENENTUAN LOKASI ARRESTER UNTUK GARDU INDUK 150 kV SIANTAN**

Penempatan arrester yang optimal dalam gardu induk sangat memegang peran penting dalam upaya memaksimalkan perlindungan gardu induk terhadap

gangguan surja petir. Pemasangan arrester di Gardu Induk 150 kV Siantan.



Single Line Diagram Transformator Gardu Induk 150 kV Siantan.

Sumber: PT PLN (Persero) APDP Kalimantan Barat (juli 2015)

1. Tegangan Sistem = 150 Kv
2. Daya Transformator = 60 MVA
3. BIL Transformator = 650 kV
4. Hari Guruh rata-rata per tahun dan IKL

Lokasi	Hari Guruh Rata-rata Per Tahun	IKL (no Kerasukan Level)	Tingkat Kerawanan Petir
Balikpapan	227	62,10	Tinggi
Banjarmasin	85	23,18	Rendah
Kota Baru	58	15,89	Rendah
Nanga Pinoh	112	30,82	Sedang
Paloh	188	51,56	Tinggi
Pangkalan bun	237	60,04	Tinggi
Palangkaraya	298	81,68	Tinggi
Pontianak	219	60,00	Tinggi
Putussibau	169	46,30	Sedang
Samarinda	172	47,06	Sedang
Tanjung Selor	88	24,20	Rendah

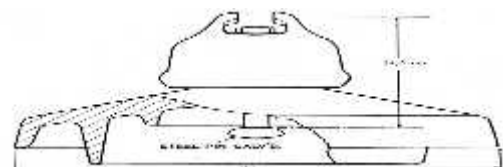
Sumber : BSN, Sistem Proteksi Petir pada Bangunan Gedung, SNI 03-7015-2004

5. Data Gardu Induk dan Transformator Daya

GARDU INDUK	TRAFO	MEREK	MVA	M'	Xf (%)	Ba	
						HV	MV
SEI RAYA	1	DAE TI	30	15020	12511	2	-90
	2	FAUWEL 3	30	15020	12511	2	-40
SIANTAN	1	DAE TI	30	15020	12511	2	-40
	2	DAE TI	30	15020	12511	2	-40
PALEMBANG	1	DAE TI	30	15020	12511	2	-90
KAMPUNG	1	FAUWEL 3	30	15020	12511	2	-40
SENGKAPANG	1	FAUWEL 3	30	15020	12511	2	-40

Sumber: PT PLN (Persero) APDP Kalimantan Barat (juli 2015)

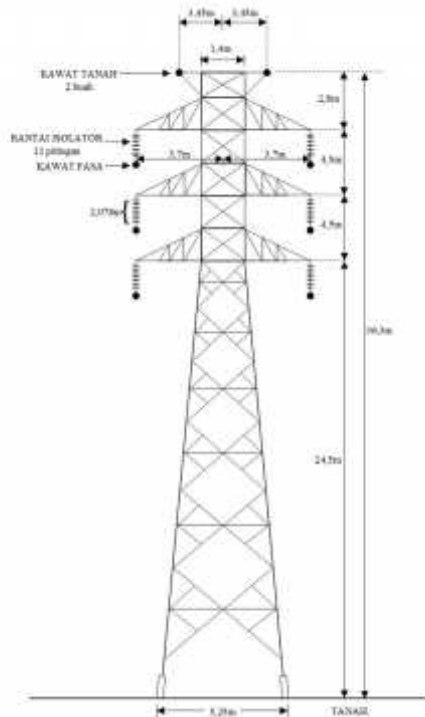
6. Isolator Gantung



Sumber: PT PLN (Persero) APDP Kalimantan Barat (juli 2015)

Jenis isolator yang digunakan adalah suspension 14,6 cm x 25,4 cm, dengan jumlah rentang isolator sebanyak 11 buah dan panjang keseluruhan rentang adalah 1,606 meter.

7. Menara Transmisi 150 kV Siantan – Sungai Raya



Sumber: PT PLN (Persero) APDP Kalimantan Barat (juli 2015)

- Menara SUTT 150 kV antara Gardu Induk Siantan dan Sungai Raya

Model menara saluran ganda vertikal dengan jarak antara gardu adalah 18 km, tinggi rata-rata menara adalah 36,3 meter, sedangkan untuk pentanahan menara digunakan elektroda pentanahan tembaga dengan panjang 2,75 meter dengan diameter 1,27 cm.

- Kawat fasa dan kawat tanah SUTT 150 kV antara Gardu Induk Siantan dan Sungai Raya

Jenis kawat fasa yang digunakan adalah (ACSR) Aluminium Steel Conductor Reinforced 240/40 mm<sup>2</sup>, dengan diameter 21,9 mm. tinggi kawat fasa paling atas (*top conductor*) 31,442 meter. Jenis kawat tanah yang digunakan adalah (GSW) Ground Steel Wire 50 mm<sup>2</sup> dengan diameter 9 mm<sup>2</sup>.

Tinggi kawat tanah 36,3 meter, dengan andongan rata-rata sebesar 5,86 meter.

- luas bayang-bayang listrik di saluran transmisi 150 kV GI Siantan – GI Sungai Raya.  
 $A = 0,018 (6,8 + 4 \cdot 32,393^{1,09}) \text{ km}^2$  per 18 km saluran  
 $= 0,018 (427,052)$   
 $= 3,3119 \text{ km}^2$  per 18 km saluran

- Jumlah Sambaran Petir ( $N_L$ ) Pada Saluran Transmisi

$$N_L = N \times A$$

$$= (0,15 \times 60) \cdot (3,3119)$$

$$= 29,8071 \text{ kali sambaran per 18 km per tahun}$$

- Impedansi Surja

$$Z = \sqrt{L/C} = 60 \ln \left( \frac{2h}{r} \right)$$

$$= 60 \ln \left( \frac{2 \cdot 31,422}{0,01095} \right)$$

$$= 60 \ln (5739,178)$$

$$= 519,304$$

- Tegangan Tembus Isolator Udara

$$U_{50\%} = \left( K_1 + \frac{K_2}{t^{0,75}} \right) \times 10^3 \text{ kV}$$

$$= \left( 0,642 + \frac{1,14}{1,2^{0,75}} \right) \times 10^3 \text{ kV}$$

$$= 1,636,912 \times 10^3 \text{ kV}$$

$$= 1636,3 \text{ kV}$$

- Tegangan Pengenal Arrester

$$U_C = \text{Tegangan rms fasa ke fasa tertinggi (Vmax)}$$

$$\text{koefisien pentanahan}$$

$$= 165 \text{ kV} \times 0,816$$

$$= 134,64 \text{ kV}$$

- Tegangan Pelepasan/Tegangan Kerja ( $E_a$ ) dari Lightning Arrester

$$I_a = \frac{2 U_d - E_a}{Z} \text{ (kA)}$$

$$= \frac{2 \cdot (1636,3) - (414,33)}{519,304}$$

$$= 5,504 \text{ kA}$$



- Jarak Arrester Dengan Transformator Daya (S)

Perlindungan yang baik diperoleh bila arrester ditempatkan sedekat mungkin pada jepitan transformator. Tetapi di dalam praktek sering arrester itu harus ditempatkan sejarak S dari transformator yang dilindungi. Karena itu jarak tersebut harus ditentukan agar perlindungan dapat berlangsung baik. Sebuah gelombang surja yang masuk menuju gardu akan dipotong amplitudonya oleh arrester sehingga hanya mempunyai amplitudo sebesar tegangan kerja dari arrester itu sendiri.

Dimana :

$E_p$  = Nilai tegangannya diambil dari TIDtransformator (*name plate* yaitu 650 kV)

$E_a$  = Tegangan kerja arrester yaitu 414,333 kV

$A$  = 1015,916 kV/ s berdasarkan hasil perhitungan interpolasi

$v$  = Kecepatan rambat gelombang 300 m/ detik

- di dapat nilai  $\lambda$

$$\lambda = \frac{v}{2 \cdot A}$$

$$= \frac{300}{2 \cdot (1015,916)}$$

$$= 0,1476$$

- di dapat nilai S optimum arrester pada Gardu Induk 150 kV menggunakan *metode lagrange*

$$S = - (E_a - E_p) \cdot \lambda$$

$$= - (414,333 - 650) \cdot 0,1476$$

$$= 34,784 \text{ meter}$$

Penentuan jarak antara arrester dengan transformator yang diperoleh berdasarkan perhitungan *metode lagrange* yaitu S = 34,784 meter, sedangkan jarak S yang terpasang pada gardu induk 150 kV Siantan adalah S = 4 meter, dengan demikian berdasarkan *metode lagrange* jarak S terpasang pada gardu induk 150 kV Siantan berada dibawah batas optimum yang diperkenankan. Hal ini berarti tingkat

perlindungan arrester di gardu induk 150 kV Siantan ditinjau dari perhitungan dengan *metode lagrange* kurang Optimal, sebab  $S_{\text{terpasang}} < S_{\text{hitung}}$ .

## V. Kesimpulan dan Saran

### • Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil analisa dan pembahasan diperoleh kesimpulan adalah sebagai berikut :

1. Untuk jumlah sambaran petir ( $N_L$ ) pada saluran transmisi 150 kV GI Siantan ke GI Sungai Raya, namun untuk panjang saluran transmisi adalah 18 km sesuai panjang saluran transmisi GI Siantan – GI Sungai Raya pada tahun 2015 berdasarkan data *thunderstorm* atau hari guruh dan luas bayang-bayang listrik (A) didapatkan jumlah sambaran sebesar 29,8071 kali atau 30 kali dalam setahun.
2. Dari hasil perhitungan nilai pengenalan atau *rating* arrester pada saluran transmisi 150 kV GI Siantan ke GI Sungai Raya , didapatkan nilai-nilainya adalah sebagai berikut :  
-Tegangan Pengenal ( $U_C$ ) = 134,64 kV  
-Tegangan Kerja ( $E_a$ ) = 414,333 kV  
-Arus Pelepasan ( $I_a$ ) = 5,504 kA
3. Hasil perhitungan untuk jarak Optimum arrester pada transformator (S) pada gardu induk siantan 150 kV menggunakan metode lagrange adalah 34,784 meter.

### • Saran

1. Dari hasil analisa dan pembahasan untuk nilai pengenalan atau *rating* arrester pada saluran transmisi saluran transmisi 150 kV GI Siantan – GI Sungai Raya, kiranya dapat digunakan sebagai referensi untuk jenis arrester yang digunakan.
2. Untuk pengembangan penelitian ini kiranya dapat diaplikasikan pada jaringan transmisi yang lain

## DAFTAR PUSTAKA

IEC 62305-1. *International Standard, Protection Against Lightning-Part 1 : General Principles*, Edition 2.0, 2010-12

Ismail. 2002. *Studi Perlindungan Kawat Tanah Pada Gardu Induk Terhadap Sambaran Petir Langsung Dengan Metode Rolling Sphere*. Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Tanjungpura.

Hutauruk, T.S. 1991. *Gelombang Berjalan dan Proteksi Surja*. Erlangga. Jakarta.

SNI 03-7015-2004. 2004. *Sitem Proteksi Petir Pada Bangunan Gedung*. Badan Standarisasi Nasional.

Pujyanto, 1999 *Studi Penentuan Rating Arrester dan Jarak Optimum Antara Arraster Dengan Pemutus Daya dan Transformator Daya Di Gardu Induk Siantan*. Skripsi. Fakultas Teknik. Universitas Tanjungpura.

Z, Reynaldo., *Proteksi Terhadap Tegangan Lebih Pada Sistem Tenaga Listrik*, Penerbit ITB, Bandung.

W, Stevenson., *Elements Of Power System Analysis Third Edition* – Terjemahan indonesia, Lembaga Penerbitan Universitas Brawijaya, Malang, 1982

## Biografi



Ringga Nurhaidi lahir di Jirak 14 Desember 1987. Anak Kelima dari Bpk. Haidir dan Ny. Normah. Penulis memulai pendidikan dasar di SDN 01 Samalantan dan lulus pada tahun 2000, kemudian melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMPN 17 Bagak Sahwa Singkawang Timur, lulus pada tahun 2003. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan menengah atas di SMKN 1 Singkawang dan lulus pada tahun 2007. Penulis melanjutkan pendidikan perguruan tinggi pada tahun 2008 dan diterima menjadi mahasiswa Universitas Tanjungpura pada program studi Teknik Elektro, jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Untan.

Menyetujui,  
Pembimbing Utama

**Ir.Danial, MT**  
**NIP. 19620212 199203 1 002**

Pembimbing Pembantu,

**Managam Rajagukguk, ST, MT**  
**NIP. 17921116 200003 1 001**