

Analysis of Lightning Arrester Equipment in 150 kV GIS Teling

Analisa Peralatan *Lightning Arrester* pada GIS Teling 150 kV

Jan James Tambingon, Glanny M. Ch. Mangindaan, Lily S. Patras

Dept. of Electrical Engineering, Sam Ratulangi University

Manado, Kampus Bahu St., 95115, Indonesia

e-mails : jantambingon023@student.unsrat.ac.id, glanny_m@unsrat.ac.id, lily_spatras@unsrat.ac.id

Received: [date]; revised: [date]; accepted: [date] (TimesNew Roman 11

Abstract — Electricity has now become one of the most critical factors in daily life and a primary source in the industry. Gas Insulated Switchgear play a crucial role in the electrical transmission system or power distribution, which is why *Gas Insulated Switchgear* require protective equipment. When the operation of the power system experiences disturbances, the protection system plays a vital role, and one of the protection systems in substations is the *Lightning Arrester*. Disturbances must be minimized. *Lightning Arrester* is an essential protective device in the surge protection system for the equipment it safeguards. *Lightning Arrester* must be capable of promptly diverting surges to the ground. By understanding the capability and optimal distance for *Lightning Arrester* protection in the 150 kV GIS Teling system against existing disturbances, the reliability and quality of the protection system in the 150 kV GIS Teling can be improved. To analyze the *Lightning Arrester* protection system, inspections and calculations were conducted, resulting in a protection factor of 22% and an optimal *Arrester* placement distance of 28.5 meters. Based on the obtained results, it is stated that the specifications of the *Lightning Arrester* installed in the 150 kV GIS Teling can protect the existing equipment because they meet the protection criteria for the system.

Keywords : *Gas Insulated Switchgear*, Surges, *Lightning Arrester*, Optimal *Arrester* Placement

Abstrak — Energi listrik sekarang menjadi salah satu faktor yang sangat penting untuk kehidupan sehari-hari ataupun sebagai sumber utama dalam industri. *Gas Insulated Switchgear* berperan penting dalam sistem transmisi listrik atau penyaluran tenaga listrik, oleh karena itu *Gas Insulated Switchgear* memerlukan peralatan proteksi. Ketika operasi sistem tenaga listrik mengalami gangguan sistem proteksi mempunyai peran penting, salah satu sistem proteksi pada gardu induk adalah *Lightning Arrester*. “gangguan harus diminimalisir. *Lightning Arrester* merupakan peralatan proteksi yang sangat penting dalam sistem perlindungan terhadap surja (*surge*) kepada pelatan yang dilindungi. *Lightning Arrester* harus mampu menyalurkan surja yang ada secepatnya ke tanah. Dengan mengetahui kemampuan serta jarak optimal dalam proteksi *Lightning Arrester* pada GIS Teling 150 kV terhadap gangguan yang ada, dapat meningkatkan keandalan serta kualitas sistem perlindungan pada GIS Teling 150 kV. Dalam menganalisa sistem proteksi *Lightning Arrester* dilakukan inspeksi dan perhitungan dengan hasil faktor perlindungan 22% serta jarak optimal penempatan *Arrester* 28,5 m. Dari hasil yang diperoleh dinyatakan spesifikasi *Lightning Arrester* yang terpasang pada GIS Teling 150 kV dapat melindungi peralatan yang ada karena telah memenuhi kriteria proteksi terhadap sistem yang ada.

Kata kunci : *Gas Insulated Switchgear*, Surja, *Lightning Arrester*, Jarak Optimal

1 PENDAHULUAN

Energi listrik sekarang menjadi salah satu faktor yang sangat penting untuk kehidupan sehari-hari ataupun sebagai sumber utama dalam industri. Untuk memasok energi listrik kepada pelanggan diperlukan adanya sistem tenaga listrik. Sistem tenaga listrik adalah sistem kesatuan yang terdiri dari pembangkit, transmisi, dan distribusi untuk sampai kepada konsumen. Dalam tenaga listrik ada bagian yang disebut gardu induk.

Gardu induk berperan penting dalam sistem transmisi listrik atau penyaluran tenaga listrik, oleh karena itu gardu induk memerlukan peralatan proteksi. Ketika operasi sistem tenaga listrik mengalami gangguan sistem proteksi mempunyai peran penting, salah satu sistem proteksi pada gardu induk adalah *Lightning Arrester*. “gangguan harus diminimalisir. Salah satu gangguan dalam sistem tenaga listrik yang berpengaruh terhadap kontinuitas pelayanan adalah gangguan alam yaitu gangguan yang di sebabkan oleh sambaran petir, yaitu sambaran petir langsung (*direct stroke*) dan sambaran petir tidak langsung / sambaran induksi (*indirect stroke*).”[1].

Salah satu faktor penjamin dalam pemasokan energi listrik adalah sistem proteksi yang baik dalam sistem tenaga listrik. Dengan adanya sistem proteksi yang baik, sehingga jika terjadi gangguan pada sistem dapat diatasi tanpa menimbulkan kerugian yang besar.

Lightning Arrester merupakan peralatan yang sangat penting untuk melindungi gardu induk dari tegangan tinggi, arrester memiliki peran penting dalam gardu induk untuk membatasi switching dan lonjakan petir lalu lonjakan petir dialirkan ke tanah. Dalam sistem tenaga listrik arrester merupakan kunci isolasi saat surja (*surge*) tiba di gardu induk kemudian arrester akan melepaskan muatan listrik dan tegangan abnormal yang akan mengenai gardu induk dan peralatannya akan berkurang[2] *Lightning Arrester* harus mampu menyalurkan gangguan dari petir secepatnya ke tanah.

A. Penelitian Terkait

- 1) Analisa Kemampuan Arrester Untuk Pengaman Pada Gardu Trafo Distribusi 20 kV Di PLTD PT. PLN (PERSERO) Tahuna Cabang Melonguane. Penelitian ini dibuat oleh Victor Bawalo (2021). Penelitian ini membahas tentang kemampuan *arrester* untuk pengamanan pada gardu trafo distribusi di PLTD PT. PLN (Persero) Tahuna Cabang Melonguane, dalam penelitian

menghasilkan parameter tegangan untuk *arrester* bekerja.

- 2) Analisis Tahanan Isolasi Peralatan Utama Gardu Induk. Penelitian ini dibuat oleh Novia Fidianti (2018). Penelitian ini membahas tentang kemampuan tahanan isolasi peralatan utama gardu induk PT. PLN (Persero) APP Cawang *Base Camp Cawang*., dari penelitian yang dilakukan menggunakan alat ukur megger kyoritsu tipe 3125 didapatkan hasil nilai tahanan isolasi setelah dilakukan perawatan menunjukkan adanya perubahan dan berada di atas nilai minimum standar yang digunakan.
- 3) Sistem Proteksi Petir di Gardu Induk Seduduk Putih Sistem 150 kV PT. PLN (Persero) Palembang. Penelitian ini dibuat oleh Daeny S. Yansuri (2017). Penelitian ini membahas tentang besar tegangan lebih yang masuk ke gardu induk dan peredaman surja petir sebelum mencapai transformator. Dari penelitian yang dilakukan didapatkan hasil proteksi yang ada sudah cukup baik.

B. Surja Petir

Petir merupakan fenomena alam yang terjadi karena disebabkan oleh pemuatan energi listrik serta pelepasan muatan-muatan listrik yang terjadi antara awan dan bumi, awan ke awan serta dalam awan itu sendiri yang mempunyai polaritas yang berbeda. [3] Petir merupakan gejala listrik alami dalam atmosfer bumi yang tidak dapat dicegah yang terjadi akibat lepasnya muatan listrik baik positif maupun negatif yang terdapat di dalam awan. [4] Petir merupakan proses alam yang terjadi di atmosfer pada waktu hujan. Muatan akan terkonsentrasi didalam awan atau bagian dari awan dan muatan yang berlawanan akan timbul pada permukaan tanah di bawahnya. Jika muatan bertambah, beda potensial antara awan dan tanah akan naik, maka kuat medan di udara pun akan naik. Jika kuat medan ini melebihi kuat medan di antara awan-awan tersebut maka akan terjadi pelepasan muatan. [5] Lonjakan petir disebabkan oleh sambaran petir yang melepaskan muatan listrik di awan petir ke bumi, sehingga menyambar benda di bumi dengan petir tersebut. Dalam proses ini, pelepasan muatan listrik berada pada urutan kedua, dan jumlah muatan listrik di awan petir mewakili arus petir yang menetralkan bumi. (Bumi bertindak sebagai gudang muatan listrik). [6]

C. Penentuan Isolasi Hantaran

Dalam menentukan isolasi dari hantaran harus dipertimbangkan terjadinya tegangan lebih petir, switching dan tegangan lebih frekuensi jala-jala. contohnya pada sistem tegangan tinggi diatas 123 Kv dapat direncanakan keadaan sistem terhadap bahaya sambaran petir dengan cara :

- 1) Penggunaan kawat tanah ($< 15^\circ$)
- 2) Tahanan kaki menara yang rendah ($< 10 \Omega$)

Isolasi hantaran udara tidak berhubungan langsung dengan tingkat isolasi peralatan di gardu induk, walaupun demikian sangat menentukan dalam koordinasi isolasi karena, tegangan tembus impuls pada isolator hantaran udara menentukan tegangan impuls tertinggi yang masuk ke gardu induk berupa

gelombang berjalan. Arus yang mengalir pada *arrester* yang terletak di gardu induk dapat dihitung dari :

- 1) Impedansi terpa hantaran udara
- 2) Tegangan gelombang datang

Tegangan kerja penangkap petir (U_A) pada harga arus tersebut akan merupakan tingkat perlindungan yang dipakai sebagai dasar untuk pengamanan peralatan didalam gardu. Tegangan pelepasan (*Residual Voltage*) pada penangkap petir kadang – kadang berubah tergantung arus terpa.

TABEL I
FAKTOR TEGANGAN LEBIH

FAKTOR TEGANGAN LEBIH		
Tegangan Sistem	Tegangan Lebih Switching	Tegangan Lebih Frekuensi Jala – jala (basah)
150 kV	6.5 Upn	3.0 Upn
220 kV	6.5 Upn	3.0 Upn
400 kV	6.5 Upn	3.0 Upn
500 kV	6.5 Upn	3.0 Upn

D. *Lightning Arrester*

Lightning Arrester adalah suatu alat bagi pelindung suatu sistem tenaga listrik terhadap surja petir (*surge*). Alat pelindung terhadap surja petir ini berfungsi melindungi peralatan sistem tenaga listrik dengan cara membatasi surja tegangan lebih yang datang dan mengalirkannya ke tanah. *Lightning Arrester* memiliki peran penting dalam sistem proteksi. Fungsi utama *Lightning Arrester* adalah membatasi nilai tegangan pada peralatan dalam gardu induk yang dilindunginya.

Tujuan dari proteksi petir adalah untuk mengamankan peralatan dan instalasi dari sambaran langsung surja petir. Saat tegangan jaringan normal pelindung berperan sebagai isolasi atau tidak mengalirkan arus dari jaringan tanah, tetapi jika suatu tegangan lebih tiba pada terminal alat pelindung maka alat alat pelindung segera berubah menjadi penghantar dan mengalirkan arus lebih ke tanah sehingga tegangan lebih yang merambat menuju peralatan yang dilindungi berkurang menjadi dibawah ketahanan tegangan peralatan yang dilindungi. *Lightning Arrester* memiliki karakteristik yaitu :

- 1) Memiliki tegangan dasar yang tidak boleh dilampaui
- 2) Memiliki karakteristik yang dibatasi tegangan bila dilalui oleh berbagai macam arus petir.
- 3) Memiliki batas termis [7]

Selain karakteristik arrester juga memiliki parameter, yaitu :

- 1) Tegangan Frekuensi Daya : adalah besaran fasa ke tanah yang dioperasikan kontinu pada *arrester*.
- 2) *Continuous Operating Voltage* : disimbolkan (U_c) sama dengan MCOV (*maximum continuous operating voltage*) merupakan nilai tegangan frekuensi daya dimana *arrester* dapat terus beroperasi tanpa batasan tertentu.
- 3) *Rated Voltage*, Nilai *rated* mencerminkan kemampuan *arrester* dalam menghadapi Temporary Overvoltage. *Rated voltage* ini hanya boleh dialami oleh *arrester* selama durasi

tertentu, yaitu 10 detik. Nilainya, $U_r = 1,25 \times U_c$

- 4) *Lightning Impuls Protective Level*, Nilai ini menunjukkan besar tegangan diantara kedua ujung *arrester* ketika nominal discharge current mengalir melalui *arrester*.
- 5) *Lightning current impulse* bervariasi dari 1,5 kA hingga 20 kA (IEC 60099-4). [7]

Prinsip Kerja Lightning 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 surja menghilang *arrester* harus membuka dengan cepat kembali, sehingga pemutus daya tidak sempat terbuka. [8]

E. Rating Pengenal Lightning Arrester

Tegangan nominal atau tegangan pengenal (U_c) (Nominal Voltage Arrester) adalah tegangan dimana penangkap petir masih dapat bekerja sesuai dengan karakteristiknya. *Arrester* tidak dapat bekerja pada tegangan maksimum sistem, namun tetap mampu memutuskan arus ikutan dari sistem secara efektif. Untuk mengetahui tegangan maksimum yang terjadi pada fasa sehat ke tanah sebagai akibat gangguan satu fasa ke tanah perlu diketahui;

- 1) Tegangan sistem tertinggi (*system highest voltage*), diambil nilai 110% dari harga tegangan nominal sistem.
- 2) Koefisien pentanahan, perbandingan antara tegangan ms fasa sehat ke tanah dalam keadaan gangguan pada tempat penangkap petir dipasang, dengan tegangan rms ke fasa tertinggi dari sistem dalam keadaan tidak ada gangguan. Jadi tegangan pengenal dari penangkap petir adalah :

$$U_c = \text{tegangan rms fasa ke fasa tertinggi} \times \text{koefisien pentanahan} \\ = \text{tegangan rms fasa ke fasa} \times 1.10 \times \text{koefisien pentanahan} \quad (1)$$

Dimana dalam pemilihan tegangan pengenal penangkap petir perlu juga ditinjau 3 metode pentanahan sebagai berikut :

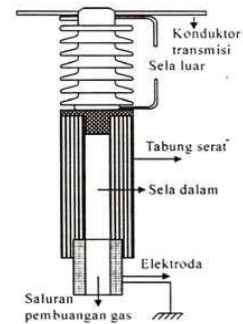
- 1) Ditanahkan efektif
Merupakan metode yang digunakan apabila sistem mengalami gangguan, maka tegangan lebih fasa sehat ke tanah tidak melebihi 80% dari tegangan fasa-fasa yang normal. Jika arus hubung singkat dari sistem diketahui dan arus hubung singkat ke tanah lebih besar atau sama dengan 60% dari arus hubung singkat 3 fasa sistem maka sistem dapat dianggap sebagai sistem yang ditanahkan efektif.
- 2) Ditanahkan tidak efektif
Merupakan metode yang digunakan apabila sistem mengalami gangguan, maka tegangan lebih fasa sehat ke tanah lebih tinggi dari 80% tetapi kurang dari 100% tegangan fasa-fasa sistem yang normal.
- 3) Sistem yang terisolasi
Merupakan metode yang digunakan apabila sistem mengalami gangguan, maka tegangan lebih fasa sehat

ke tanah lebih tinggi dari 100% tegangan fasa sistem yang normal.

F. Jenis-Jenis Lightning Arrester

1. Lightning Arrester Ekspulsi

Lightning arrester ekspulsi digunakan pada sistem tenaga listrik bertegangan hingga 33 kV. *Lightning Arrester* jenis ini mempunyai dua sela yang saling berhubungan secara seri, yaitu sela dalam dan sela luar.



Gambar 1 Lightning Arrester Ekspulsi

2. Lightning Arrester Katup

Alat penganan *arrester* jenis katup ini terdiri dari sebuah celah api (*sparkgap*) yang dihubungkan secara seri dengan tahanan nono linear atau tahanan katup (*valve resistor*). *Lightning arrester* katup terbagi menjadi beberapa jenis yaitu :

- 1) *Lightning Arrester* Katup Sela Aktif
- 2) *Lightning Arrester* Katup Sela Pasif
- 3) *Lightning Arrester* Katup Tanpa Sela Percik
- 4) *Lightning Arrester* Katup Jenis Gardu
- 5) *Lightning Arrester* Katup Jenis Saluran
- 6) *Lightning Arrester* Katup Jenis Distribusi
- 7) *Lightning Arrester* Katup Jenis Gardu Untuk Mesin-mesin

G. Perhitungan-perhitungan Lightning Arrester

1. Tegangan Tertinggi Isolator

Rating tegangan *arrester* adalah tegangan bolak-balik maksimum yang diperbolehkan pada terminal *arrester*, dimana tegangan ini dapat memutus arus susulan (*power follow current*)

$$U_m = 1,1 \times U_{ff} \quad (2)$$

Dimana :

U_m = Tegangan maksimum fasa ke netral

U_{ff} = Tegangan sistem fasa ke fasa

2. Tegangan Tembus Isolator

Penentuan tingkat keamanan *lightning arrester* dapat ditentukan dengan cara mengetahui nilai arus pelepasan *arrester* pada saat saluran terkena sambaran petir. Tegangan tembus isolator udara (U_d) dapat ditentukan menggunakan persamaan :

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

Dimana :

W = Panjang rentangan isolator 150 kV (0,886)

K1 = 0,4 W = 0,4 x 0,886 = 0,35

K2 = 0,7 W = 0,4 x 0,886 = 0,62

T = waktu tegangan berdasarkan waktu muka gelombang 1,2 μdet.

3. Jarak Lindung Arrester

Umumnya alat-alat pelindung harus diletakan sedekat mungkin dengan peralatan yang akan dilindungi, khususnya pada ujung transmisi dimana terdapat gardu atau transformator.

Berikut merupakan persamaan untuk menghitung jarak antaran arrester dengan transformator :

$$S = \frac{v(Ep - Ea)}{2A} \quad (4)$$

Dimana :

Ep = Tegangan pada jepit trafo setelah pantulan (kV)

Ea = Tegangan pada jepit arrester (kV)

S = Jarak arrester dari trafo (m)

V = Kecepatan rambat gelombang diudara (300 m/μs)

A = Tegangan Lebih masuk dari saluran (kV)

4. Tingkat Isolasi Dasar

Kekuatan untuk menahan tegangan sering dinyatakan dalam bentuk tingkat isolasi dasar (TID) atau Basic Insulation Level (BIL). Untuk menentukan tingkat isolasi dasar (TID) dari peralatan yang dilindungi maka dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$BIL \text{ Trafo} = LPL + 20\% (\text{faktor perlindungan}) \quad (5)$$

Dimana :

$$LPL = UA \times 110\%$$

Dimana

LPL = tingkat perlindungan petir (kV)

UA = tegangan kerja arrester (kV)

5. Tegangan Pelepasan / Tegangan Kerja

Tegangan kerja atau tegangan pelepasan (UA) merupakan salah satu faktor yang menentukan tingkat perlindungan dari penangkap petir.

6. Arus Pelepasan Pominal (Nominal Discharge Current)

Discharge current dengan nilai puncak dan bentuk gelombang tertentu digunakan untuk menentukan kelas proteksi petir sesuai dengan kapasitas arus dan sifat proteksinya.

$$Ia = \frac{2Ud - UA}{Z} \quad (6)$$

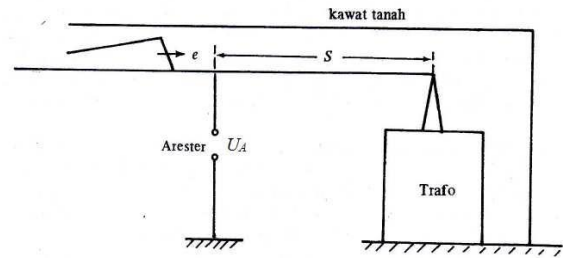
Dimana :

Ia = arus pelepasan arrester (kA)

Ud = tegangan gelombang datang (kV)

UA = tegangan kerja/tegangan sisa (kV)

Z = Impedansi surja dari pada kawat saluran (Ω)



Gambar 2 Jarak Antara Arrester Dengan Transformator

7. Faktor Perlindungan Dari Lightning Arrester

Faktor proteksi petir adalah rasio perbedaan tegangan antara tingkat isolasi dasar (TID) dan tingkat perlindungan (TP) dari perangkat yang dilindungi terhadap tingkat perlindungan. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut :

$$FP = \frac{TID - Tp}{TP} \times 100 \quad (7)$$

Dimana :

FP = Faktor Perlindungan

TID = Tingkat Isolasi Dasar

Tp = Tingkat Perlindungan

II. DATA DAN PERHITUNGAN

A. Data Hari Guruh Kota Manado Tahun 2022

Dalam perencanaan pengamanan terhadap sambaran petir, angka kepadatannya harus ditinjau dulu, untuk menentukan mutu pengaman yang akan dipasang. Hal tersebut dapat diketahui dengan mempergunakan peta hari guruh pertahun (Iso Keraunic Level).

TABEL II
DATA HARI GURUH

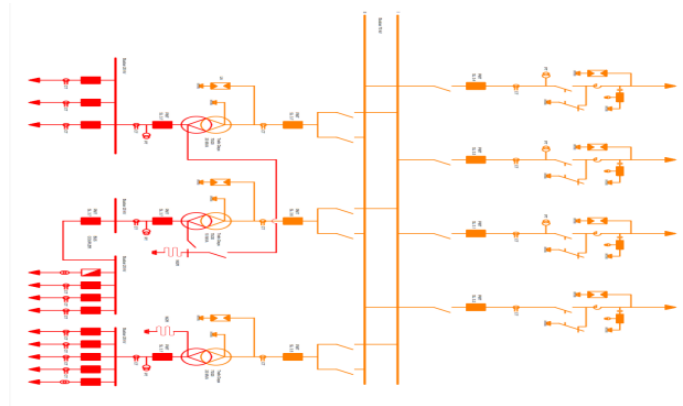
DATA HARI GURUH TAHUN 2022		
Bulan	Tahun	Jumlah Sambaran
Januari	2022	8
Febuari	2022	7
Maret	2022	12
April	2022	20
Mei	2022	21
Juni	2022	19
Juli	2022	12
Agustus	2022	11
September	2022	11
Oktober	2022	25
November	2022	23
Desember	2022	14
Total Sambaran		183

B. Data GIS Teling

1) GIS Teling

Gardu induk merupakan salah satu peralatan yang tidak dapat dipisahkan dalam sistem tenaga listrik, sebab

gardu induk berkorelasi dengan jaringan transmisi dan jaringan distribusi, yang berarti merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Dalam GIS terdapat Koordinasi Isolasi yang diatur untuk melindungi peralatan yang berada dalam GIS agar terhindar dari bahaya tegangan lebih serta agar dapat meminimalkan biaya perawatan.



Gambar 3 Layout GIS Teling

2) Transformator

Data transformator yang terpasang pada GIS Teling 150 kV

TABEL III
DATA TRANSFORMATOR

No	Merk/Type	Terpasang	Rated Current	Voltage
1	TRIDELTA/SB IS0/10.3-0	GIS Teling	10 kA	150 kV
2	TRIDELTA/SB IS0/10.3-0	GIS Teling	10 kA	150 kV

3) Lightning Arrester

Data *Lightning Arrester* yang terpasang di GIS teling 150 kV

TABEL IV
DATA LIGHTNING ARRESTER

No	Lokasi Transformator	Tegangan (kV)	Daya Terpasang (MVA)	Nilai Reaktansi (X) %	Hubungan Belitan ()
1	GIS Teling	150/20	30	12,4	Y-Y

4) Spesifikasi Kawat

Data spesifikasi kawat yang digunakan pada GIS Teling 150 kV

TABEL V
DATA SPESIFIKASI KAWAT

No	Nama GI	Tegangan	Tipa	diameter
1	GIS Teling	150 kV	ACSR 240/40	21,90

5) Penetapan Tingkat Isolasi Dasar

SPESIFIKASI	TEGANGAN NOMINAL		
	150 kV	66 kV	20 kV
Tegangan tertinggi untuk peralatan	170 kV	72.5 kV	24 kV
Pentanahan Netral	Efektif	Tahanan	Tahanan
Transformator Tegangan Pengenal (sisi tegangan tinggi) Tingkat Isolasi Dasar (TID)	150 kV 650 kV	66 kV 325 kV	20 kV 125 kV
Penangkal Petir Tegangan Pengenal Arus Pelepasan Nominal	138 kV ⁽¹⁾ 150 kV ⁽¹⁾ 10 kA	74 kV ⁽¹⁾ 10 kA 5 kA	21 kV ⁽¹⁾ 24 kV ⁽¹⁾ 5 kA ⁽²⁾
Tegangan Pelepasan	460 kV ⁽¹⁾ 500 kV ⁽¹⁾	270 kV ⁽¹⁾	76 kV ⁽¹⁾ 87 kV ⁽¹⁾
Tegangan Percikan-denyut muka-gelombang (MG)	530 kV 577 kV	310 kV	88 kV 100 kV
Tegangan Percikan-denyut Standar *)	460 kV 500 kV	270 kV	76 kV 87 kV
Kelas	10 kA tugas-berat 10 kA tugas-ringan	10 kA tugas-ringan 5 kA Seri A	5 kA Seri A

Gambar 4 Penetapan Tingkat Isolasi Dasar

Kekuatan untuk menahan tegangan sering dinyatakan dalam bentuk tingkat isolasi dasar (TID) atau Basic Insulation Level (BIL). Untuk setiap tegangan sistem memiliki BIL yang telah ditentukan sesuai dengan standart internasional yang berlaku

C. Perhitungan-Perhitungan

1. Potensi Gangguan Sambaran Petir

Berdasarkan persamaan di atas didapatkan :

$$N = 0,15 \times 183 \\ = 27,45 \text{ /Km/Tahun}$$

2. Tegangan Tertinggi Isolator

Berdasarkan persamaan di atas didapatkan :

$$Um = 1,1 \times Uff \\ = 1,1 \times 150 \\ = 165 \text{ kV}$$

3. Penentuan Impedansi Surja

Berdasarkan persamaan diatas didapatkan :

$$Z = 60 \ln \frac{2h}{r} \\ = 60 \ln \frac{2 \times 28,5}{0,0109} \\ = 60 \ln \frac{57}{0,0109} \\ = 513,72 \Omega$$

4. Ranting Tegangan Pengenal Arrester

Berdasarkan persamaan di atas didapatkan :

$$\begin{aligned} \text{Koefisien pentanahan GI Teling} &= 0,75\Omega \\ \text{Tegangan dasar sistem} &= 150 \text{ kV} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} UC &= 150 \times 1.1 \times 0,75 \\ &= \mathbf{123,75 \text{ kV}} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tegangan pengenalan *arrester* adalah 123,75 kV, tetapi nilai tegangan tersebut tidak ada, maka digunakan tegangan pengenalan dengan nilai 138 kV.

5. Tegangan Kerja Arrester

Tegangan kerja atau tegangan pelepasan arrester ditentukan berdasarkan tabel Maximum Residual Voltage dan tabel penetapan tingkat isolasi transformator dan penetapan penangkap petir. Untuk tegangan sistem 150 kV dan tegangan pengenalan 138 kV, tegangan pelepasan arrester adalah $U_A = 460 \text{ kV}$

6. Tegangan Tembus Isolator

Berdasarkan persamaan di atas didapatkan :

$$\begin{aligned} U_d &= U_{50\%} = \left(K1 + \frac{K2}{t^{0,75}} \right) \times 10^3 \text{ kV} \\ U_{50\%} &= \left(0,35 + \frac{0,62}{1,2^{0,75}} \right) \times 10^3 \text{ kV} \\ U_{50\%} &= (0,35 + 0,54) \times 10^3 \text{ kV} \\ U_{50\%} &= 0,89 \times 10^3 \text{ kV} = 890 \text{ kV} \end{aligned}$$

7. Penentuan Arus Pelepasan Nominal

Berdasarkan persamaan di atas didapatkan :

$$\begin{aligned} I_a &= \frac{2U_d - U_a}{Z} \\ I_a &= \frac{(2 \times 890,000) - 460,000}{378,64} \\ &= \frac{1,780,000 - 460,000}{378,64} \\ &= \frac{1,320,000}{378,64} \\ I_a &= 3,48 \text{ kA} \end{aligned}$$

8. Faktor Perlindungan Arrester

Berdasarkan persamaan di atas didapatkan :

$$\begin{aligned} FP &= \frac{TID - T_p}{T_P} \times 100 \\ &= \frac{650 - 506}{506} \times 100 \\ FP &= 22,15 \% \end{aligned}$$

9. Tingkat Isolasi Dasar Transformator

Dari persamaan di atas didapatkan :

$$\begin{aligned} \text{BIL Trafo} &= LPL + 20\% (\text{faktor perlindungan}) \\ LPL &= U_A \times 110\% \\ LPL &= 460 \times 110\% \\ &= 460 \times 1,1 \\ &= 506 \text{ kV} \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\text{BIL Trafo} = 506 + 20\%$$

$$= 607,2 \text{ kV}$$

$$\text{BIL Tegangan lebih switching} = \frac{150}{\sqrt{3}} \times 6,5 = 562,9 \text{ kV}$$

$$\text{BIL Tegangan lebih sementara} = \frac{150}{\sqrt{3}} \times 3 = 259,8 \text{ kV}$$

TID atau BIL yang direkomendasikan yaitu dipilih BIL trafo yang $\geq 607,2 \text{ kV} = 650 \text{ kV}$, dengan ketahanan frekuensi jala-jala = 275 kV berdasarkan tabel penetapan tingkat isolasi dasar

10. Jarak Lindung Arrester

Dari persamaan di atas didapatkan :

$$\begin{aligned} S &= \frac{v(E_p - E_a)}{2A} \\ &= \frac{300(650 - 460)}{2(1000)} \\ &= \frac{300(190)}{2000} \\ &= \frac{57000}{2000} \\ &= 28,5 \text{ m} \end{aligned}$$

Semakin dekat jarak *lightning arrester* dengan transformator maka akan semakin baik, jarak yang terpasang pada Gardu Induk Teling adalah 3m.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pehitungan

Berdasarkan perhitungan-perhitungan yang sudah dilakukan pada bab sebelumnya didapatkan hasil sebagai berikut :

TABEL VI
HASIL DAN PERHITUNGAN

TABEL HASIL PERHITUNGAN		
No	Jenis Perhitungan	Hasil
1	Potensi Gangguan Sambaran Petir	27,45/km/tahun
2	Tegangan Tertinggi Isolator	165 kV
3	Impedansi Surja	513,72 Ω
4	Tegangan Pengenal	123,75 kV = 138 kV
5	Tegangan Kerja	460 kV
6	Tegangan Tembus Isolator	890 kV
7	Arus Pelepasan Nominal	3,48 kA
8	Tingkat Isolasi Dasar	607,2 kV = 650 kV
9	Faktor Perlindungan	22,15 %
10	Jarak Optimal Arrester	28,5 m

B. Analisa

Dari hasil perhitungan yang sudah didapatkan, diketahui *lightning arrester* pada GIS Teling dapat melindungi peralatan yang terpasang dimana kapasitas optimum dari *lightning arrester* yang ada sesuai dengan kebutuhan. Faktor perlindungan yang ada tidak kurang dari 20% dan jarak penempatan *lightning arrester* adalah 28,5 m.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dan analisa diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Tegangan tertinggi yang dapat diterima adalah 165 kV. Nilai tegangan ini menjadi parameter *lightning arrester* untuk bekerja.
2. Hasil perhitungan nilai pengenalan atau rating *lightning arrester* dengan tegangan sistem 150 kV, didapatkan hasil sebagai berikut :
 - Tegangan Pengenal = 123,75 kV = 138 kV
 - Arus pelepasan *arrester* = 3,48 kA
 - Tingkat isolasi dasar = 607,2 kV = 650 Kv
 - Faktor perlindungan = 22,15 %
 - Jarak maksimal penempatan *arrester* dari transformator = 28,5 m
3. Spesifikasi *lightning arrester* yang terpasang telah memenuhi kriteria perlindungan dari sistem GIS Teling, sehingga perlindungan dari *arrester* sudah optimal.

2. Saran

Berdasarkan hasil analisa yang dilakukan kiranya dapat menjadi referensi untuk penentuan jarak dan jenis *arrester* yang akan dipasang, dan kiranya hasil penelitian ini dapat membantu pengembangan sistem proteksi pada gardu induk lainnya.

V. KUTIPAN

- Putra and A. Bintoro, "Analisa Pengaruh Letak Lightning Arrester untuk Memproteksi Trafo Daya Terhadap Tegangan Lebih," vol. 1, no. 1, pp. 1–5, 2022.
- L. Kolompoy, L. S. Patras, G. M. C. Mangindaan, J. T. Elektro, U. S. Ratulangimanado, and J. K. Bahu, "PADA TRANSFORMATOR DI GARDU INDUK PANIKI 150 kV," pp. 1–10, 2021.
- Septiadi and S. Hadi, "Karakteristik Petir Terkait Curah Hujan Lebat Di Wilayah Bandung, Jawa Barat," *J. Meteorol. dan Geofis.*, vol. 12, no. 2, pp. 163–170, 2011, doi: 10.31172/jmg.v12i2.97.
- M. C. M. Barasa, L. S. Patras, and H. Tumaliang, "Analisis Kinerja Lightning Arrester Pada Jaringan Transmisi 150 Kv Sistem Minahasa Khususnya Pada Penyulang Kawangkoan - Lopana," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 6, no. 1, pp. 7–14, 2017, [Online].
- M. Hendra, "PERALATAN LIGHTNING ARRESTER," 2020.
- M. Paisal, "Analisis kinerja arrester akibat induksi sambaran petir," 2020.
- N. Pasra, S. Samsurizal, and K. Tresya, "Optimasi Gangguan Surja Petir Dengan Pengaturan Jarak Lightning Arrester," *Setrum Sist. Kendali-Tenaga-elektronika-telekomunikasi-komputer*, vol. 11, no. 1, pp. 98–107, 2022, doi: 10.36055/setrum.v11i1.14514.
- Pt PIn (Persero) Rayon Inderalaya," *J. Mikrotiga*, vol. 1, no. 3, pp. 1–8, 2014.
- R. Rahayu and A. Ansyori, "Analisa Proteksi Petir Pada Gardu Distribusi 20 Kv
- T. M. Simorangkir, "Lightning Arrester Sebagai Pengaman Trafo," 2020

TENTANG PENULIS



Penulis bernama lengkap **Jan James Tambingon**, dan biasa disapa JJ anak pertama dari tiga bersaudara Lisa M. Tambingon (adik), Johannes L. Tambingon (adik) dari pasangan suami istri Bobby M. Tambingon (Ayah) dan Jacklean N. V. Turangan (Ibu). Lahir di Langowan 29 April 2002. Sebelum menempuh jenjang pendidikan di Fakultas Teknik

UNSRAT, penulis terlebih dahulu menempuh jenjang pendidikan secara berturut-turut di SDN 4 Langowan (2007-2013), SMP N 1 Langowan (2013-2016), SMA YADIK LANGOWAN (2016-2019). Setelah melalui jenjang pendidikan SD-SMP-SMA penulis melanjutkan pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado dengan Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Elektro, pada tahun 2019, saat menempuh pendidikan strata 1 penulis mengambil konsentrasi minat Tenaga Listrik. Selama menempuh jenjang pendidikan strata 1 penulis telah mengikuti kerja praktek pada salah satu vendor dalam bidang kelistrikan yaitu PT. Jago Elfah Anugerah pada tahun 2022, juga KKT 133 Universitas Sam Ratulangi posko Sea Tumpengan, Kecamatan Pineleng, Kabupaten Minahasa. Selama menempuh pendidikan strata 1 penulis aktif dalam organisasi di dalam dan luar kampus terutama dalam kegiatan laboratorium Tenaga Listrik, penulis tergabung dalam Himpunan Mahasiswa Elektro (HME) dan tergabung dalam kepengurusan Himpunan Mahasiswa Elektro (HME) sebagai anggota bidang minat dan bakat (2022-2023), penulis juga pernah tergabung dalam kepengurusan Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik UNSRAT (BEM FT-UNSRAT) sebagai Wakil Ketua 1 (2022-2023), penulis juga tergabung dalam kepengurusan Himpunan Mahasiswa Langowan Raya (HIMALAYA) sebagai ketua umum, penulis juga termasuk anggota Forum Koinikasi Himpunan Mahasiswa Elektro Indonesia (FKHMEI).

