



# JE-UNISLA

Electronic Control, Telecommunication, Computer Information and Power Systems  
 Volume 7 No.2 Bulan September Tahun 2022  
 ISSN : 25020989 | E-ISSN : 26860635



## ANALISA TEGANGAN LEBIH TRAFODAYA 20 MVA DI GARDU INDUK BSB DENGAN METODE DIAGRAM TANGGA

Anggita Dwi Ratnasari<sup>1</sup>, Sukarno Budi Utomo<sup>2</sup>, Muhamad Haddin<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Sultan Agung Semarang  
 Jalan Raya Kaligawe Km. 4 Semarang Jawa Tengah

E-mail: [anggitaratnasari@std.unissula.ac.id](mailto:anggitaratnasari@std.unissula.ac.id)<sup>1</sup>, [sukarno@unissula.ac.id](mailto:sukarno@unissula.ac.id)<sup>2</sup>, [haddin@unissula.ac.id](mailto:haddin@unissula.ac.id)<sup>3</sup>

### ABSTRAK

Received : 06-08-2022  
 Accepted : 16-08-2022  
 Published : 15-09-2022

Surja petir yang datang dari saluran transmisi sangat berbahaya bagi peralatan yang ada pada gardu induk, terutama transformator. Transformator adalah komponen utama yang sangat penting dari gardu induk. Akibat terjadi kerusakan di transformator akan mengakibatkan distribusi energi listrik ke konsumen dapat mengalami gangguan. Solusi terhadap masalah ini adalah memasang arrester guna mengatasi tegangan surja petir agar terhindar dari kerusakan transformator pada gardu induk. Untuk mengamankan transformator pada gardu induk 150 kV Bukit Semarang Baru (BSB) dari surja petir dapat dianalisis dengan menggunakan empat kondisi. Metode yang digunakan adalah menggunakan metode diagram tangga. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada trafo daya I 20 MVA, diperoleh hasil transformator dapat terlindungi dari surja petir dengan satu arrester saja. Jika dipasang dua arrester akan lebih baik lagi. Namun apabila tidak dipasang arrester, kondisi tersebut sangat berbahaya karena akan menyebabkan transformator rusak, karena tegangan yang muncul pada transformator yaitu sebesar 939,06 kV, melebihi nilai BIL transformator yaitu 650 kV.

Kata kunci: surja petir, transformator, arrester, GI 150/20 kV BSB

### ABSTRACT

Lightning surges that come from transmission lines are very dangerous for equipment in substations, especially transformers. The transformer is a very important main component of the substation. As a result of damage to the transformer will result in the distribution of electrical energy to consumers can be disrupted. The solution to this problem is to install an arrester to overcome the lightning surge voltage in order to avoid damage to the transformer at the substation. To secure the transformer at the 150 kV Bukit Semarang Baru (BSB) substation from lightning surges, it can be analyzed using four conditions. The method used is the lattice diagram method. Based on the results of the tests carried out on the I 20 MVA power transformer, the results obtained that the transformer can be protected from lightning surges with only one arrester. If installed two arresters would be even better. However, if an arrester is not installed, this condition is very dangerous because it will cause the transformer to be damaged, because the voltage that appears on the transformer is 939.06 kV, exceeding the BIL value of the transformer, which is 650 kV.

Keywords: Lightning Surge, transformer, arrester, 150/20 kV BSB Substation

### 1. PENDAHULUAN

Gardu induk adalah tempat dimana energi listrik dikumpulkan dan didistribusikan dari pembangkit ke konsumen melalui jaringan distribusi, dan merupakan pengubah tegangan dari tegangan tinggi ke tegangan menengah (Syakur, 2010). Karena gardu induk beroperasi pada sistem tegangan tinggi, gangguan yang disebabkan oleh sambaran petir langsung atau tidak langsung pada

saluran transmisi dapat merusak peralatan gardu induk terutama transformator daya. Akibatnya, pendistribusian energi listrik ke konsumen akan mengalami gangguan. Sehingga solusi untuk menangani akibat dari sambaran petir adalah dengan menggunakan alat pengaman yaitu lightning arrester.

Gardu Induk Bukit Semarang Baru (BSB) adalah gardu induk yang beroperasi di wilayah

PT.PLN (Persero) Unit Pelaksana Transmisi Semarang. Trafo daya I 20 MVA dioperasikan sejak tanggal 7 Februari 2010. (Nikmah, 2020)

Untuk memudahkan penelitian dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut: kemampuan isolasi transformator akibat surja petir dari transmisi, metode diagram tangga untuk analisis tegangan lebih transmisi ke transformator.

Penelitian ini dibatasi dengan trafo yang digunakan sebagai obyek penelitian adalah trafo daya I 20 MVA-150/20 kV serta arrester yang digunakan adalah arrester 1 dan arrester 2; analisa yang dilakukan adalah analisa tegangan lebih yang masuk pada gardu induk dari transmisi dan alat pelindung tegangan lebih.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah mengetahui kemampuan isolasi transformator akibat surja petir dari saluran transmisi, mengetahui cara penggunaan metode diagram tangga untuk menganalisa tegangan lebih transmisi ke transformator.

Penelitian tentang Analisa Jarak Lindung Lighting Arrester Terhadap Transformator Daya 20 MVA Gardu Induk Sungai Juaro Palembang. Penelitian ini mengkaji kemampuan arrester dengan menentukan jarak arrester menggunakan metode diagram tangga untuk menentukan tegangan lebih yang muncul pada transformator dan perhitungan jarak penempatan arrester untuk mengamankan transformator. Hasil penelitian ini yaitu jarak dari pemasangan arrester yaitu 7 meter masih mampu melindungi transformator dari surja petir dan masih berada dalam batasan yang telah ditetapkan oleh PT PLN. (Azis & Nurdin, 2020).

Analisa Penempatan Jarak Arrester Sebagai Proteksi Transformator Terhadap Tegangan Lebih Surja Petir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arrester dapat melindungi trafo dari arus lebih akibat surja petir karena arrester berada dalam kisaran jarak normal 3m dan jarak maksimum 9,75m. Pengaruh jarak pada tegangan abnormal yang tiba pada trafo, semakin dekat jarak maka semakin rendah tegangan yang mencapai arrester sehingga semakin baik perlindungan yang dilakukan oleh arrester. (Agustian, 2018).

Penelitian tentang Investigasi Tegangan Lebih Transien akibat Sambaran Petir pada Gardu Induk 150 kV. Dengan dipasangnya arrester pada terminal transformator tegangan lebih dapat berkurang secara signifikan, terutama pada fasa C yang mengalami sambaran petir. Penggunaan arrester tipe Q150NA121A dapat mengurangi tegangan lebih mencapai 43,17% dari standar BIL sedangkan untuk tipe arrester tipe Q150NB121A hanya mencapai 12,26% dari standar BIL. Oleh karena itu dianjurkan pada gardu induk 150 kV untuk menggunakan arrester dengan tipe yang tepat supaya tegangan lebih yang ditimbulkan oleh sambaran petir tidak lebih dari nilai BIL peralatan. (Nugroho, 2021).

Petir adalah listrik statis yang dihasilkan selama badai petir. Emisi ini disertai dengan emisi cahaya dan radiasi elektromagnetik lainnya. Petir biasanya terjadi saat hujan. Namun bukan berarti selalu ada kilat saat hujan, dan hanya ada mendung yang mendung. Awan cumulonimbus adalah awan yang terbentuk dengan cepat di permukaan bumi oleh panas yang hebat. Kegigihan di permukaan bumi ini dengan cepat mendorong keluar uap air. (Josephine & Ikechukwu, 2016). Oleh karena itu, sifat awan cumulonimbus sangat besar dan menjulang tinggi di langit. Dari kejauhan, awan cumulonimbus yang menghasilkan petir mudah ditemukan, namun sulit ditemukan saat ada yang turun. Ada banyak faktor yang mempengaruhi pembentukan atau akumulasi muatan awan dan bersifat tidak pasti. Tekanan atmosfer menentukan ketinggian suatu titik dari arah horizontal. Pergerakan udara ini menyebabkan udara lembab berputar ke atas, mengembunkan udara lembab menjadi uap air, yang terkumpul dalam tetesan air dan akhirnya membentuk awan. Energi yang dipancarkan oleh petir begitu besar sehingga menciptakan kilat, panas, dan semburan bumi yang guntur seperti geledek. (J. Ginting, 2012).

Parameter petir mewakili karakteristik petir itu sendiri. Ada beberapa parameter petir, terutama yang berkaitan dengan proteksi petir. Parameter petir ini juga berguna untuk mempelajari efek buruk dari sambaran petir dan potensi penggunaannya. Parameter tersebut meliputi bentuk arus petir, kerapatan petir (Ng), arus puncak (*imax*), dan kecuraman gelombang (*di/dt*). (Y. T. Ginting et al., 2020).

Berdasarkan arah sambaran, sambaran petir dibedakan menjadi 4 jenis, yaitu :

1. Sambaran Petir Awan ke Awan (Cloud to Cloud), adalah petir CC (Cloud to Cloud) dimana terjadi pelepasan ion antar awan di atmosfer. Sambaran petir terjadi antara awan ke awan, sehingga aliran sambaran terjadi antara awan satu dengan awan lainnya.
2. Sambaran Petir Dalam Awan (Inter Cloud), adalah petir IC (Inter Cloud) ditunjukkan dengan adanya pelepasan ion di dalam 1 awan itu sendiri.
3. Sambaran Petir Awan ke Atmosfer (Cloud to Atmosfer), adalah petir CA (Cloud to Atmosfer) yang kejadian pelepasan muatannya dari awan ke atmosfer.
4. Sambaran Petir Awan ke Tanah (Cloud to Ground), petir CG (Cloud to Ground) yaitu terjadinya antara awan dengan bumi. (Vadreas, 2014).

Tegangan lebih adalah tegangan yang hanya dapat ditahan dalam waktu yang sangat terbatas. Tegangan lebih akan merusak peralatan yang tersambung pada jaringan yang terkena tegangan lebih jika terjadi dalam waktu yang melebihi batas

kemampuan peralatan. Tegangan lebih petir adalah tegangan lebih periodik yang disebabkan karena gangguan dari luar (*external over voltage*), baik sambaran langsung maupun sambaran tidak langsung. Tegangan lebih petir berlangsung sangat singkat tetapi memiliki tegangan yang sangat tinggi melebihi tegangan operasional peralatan sehingga berpotensi sangat merusak. (Manihuruk et al., 2021)

Transformator merupakan komponen utama yang sangat penting dalam gardu induk. Transformator berfungsi untuk membantu mendistribusikan energi listrik pada tegangan yang berbeda, baik step-up maupun step-down, sesuai kebutuhan. (Cahyaningsih, 2009)

Lightning Arrester (LA) adalah peralatan yang berfungsi untuk memproteksi peralatan listrik lain dari tegangan surja (baik surja hubung maupun surja petir). Dalam keadaan normal, LA bertindak sebagai isolator, dan ketika terjadi tegangan lebih, LA bertindak sebagai konduktor. (PT PLN PERSERO, 2014).

Diagram tangga (lattice diagram) diperlukan untuk dapat melacak jejak gelombang pada interval waktu. Sambaran petir merambat di sepanjang saluran transmisi dan membentuk gelombang progresif. Gelombang berjalan mencerminkan bagian dari gelombang dan mentransmisikannya. Diagram tangga membantu mengetahui posisi dan dan arah pergerakan setiap gelombang masukan, pantulan, dan kontinu di sistem setiap saat. Bahkan efek redaman dan distorsi dapat dilihat pada diagram tangga. (Hutauruk, 1988).

Untuk menghitung koefisien refleksi dan refraksi yang digunakan pada digram tangga menggunakan Persamaan (1) sampai (4):

Koefisien Refleksi (Pantulan)

$$a = \frac{Z_c - Z_1}{Z_c + Z_1} \quad (1)$$

$$b = \frac{Z_c + Z_1}{Z_c - Z_1} \quad (2)$$

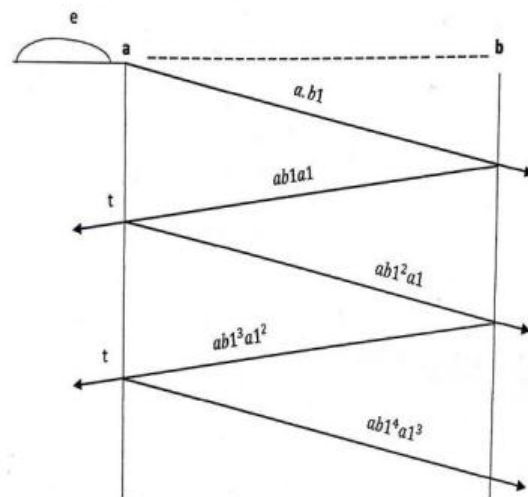
Koefisien Refleksi (Terusan)

$$a' = \frac{2Z_c}{Z_c + Z_1} \quad (3)$$

$$b' = \frac{2Z_1}{Z_c + Z_1} \quad (4)$$

dengan  $a$  = pantulan gelombang yang datang dari kiri,  $a'$  = pantulan gelombang yang datang dari kanan,  $b$  = terusan gelombang yang datang dari kiri,  $b'$  = terusan gelombang yang datang dari kanan,  $Z_1$  = impedansi surja petir pada saluran udara ( $\Omega$ ),  $Z_c$  = impedansi surja petir pada kawat penghantar ( $\Omega$ )

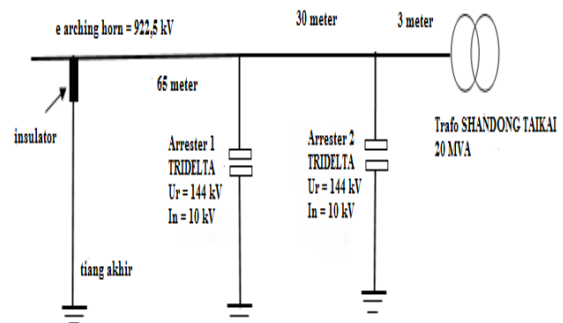
Untuk simulasi diagram tangga ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Tangga

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Model penelitian ditunjukkan seperti pada Gambar 2.



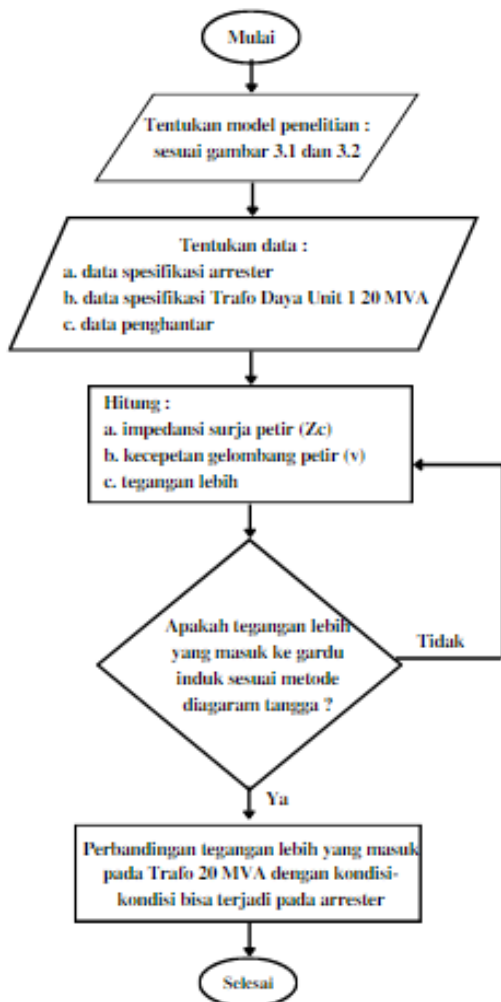
Gambar 2. Model penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: data trafo daya I 20 MVA, arrester, penghantar saluran transmisi yang ada di Gardu Induk 150 kV Bumi Semarang Baru.

Penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut: menggunakan metode observasi secara langsung ke lapangan penelitian, dan juga mewawancarai ke petugas PLN yang bersangkutan di tempat penelitian yang ahli.

Kemudian dilakukan analisa data yang diperoleh dari hasil perhitungan dibandingkan dengan standar yang berlaku. Setelah dilakukan pengkajian data, maka akan diketahui parameter kondisi isolasi trafo dan tindak lanjut perbaikan apabila berdasarkan hasil analisa tahanan isolasi trafo tidak baik. Selanjutnya proses penarikan kesimpulan berdasarkan hasil analisa data pengujian sebagai bagian akhir dari penelitian.

Adapun tahapan penelitian adalah seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Tahapan penelitian

### 3. PEMBAHASAN

#### 3.1 Kondisi bisa terjadi arrester 1 dan arrester 2 baik

Perhitungan diagram tangga berulang dari Tiang akhir menuju Arrester 1

a. Koefisien Refleksi (Pantulan)

$$a = \frac{Z_c - Z_1}{Z_c + Z_1} = \frac{33540 - 516}{33540 + 516} = \frac{33024}{34056} = 0.96 \Omega$$

$$b = \frac{Z_c - Z_1}{Z_1 + Z_c} = \frac{516 - 33540}{516 + 33540} = \frac{-33024}{34056} = -0.96 \Omega$$

b. Koefisien Refraksi (Terusan)

$$a' = \frac{2 \times Z_c}{Z_c + Z_s} = \frac{2 \times 33540}{33540 + 516} = \frac{67080}{34056} = 1.96 \Omega$$

$$b' = \frac{2 \times Z_s}{Z_c + Z_s} = \frac{2 \times 516}{33540 + 516} = \frac{1032}{34056} = 0.03 \Omega$$

$$t = \frac{s}{v} = \frac{65}{3 \times 10^8 \text{ m/det}} = 0.21 \mu\text{det}$$

Tegangan flashover = 922.5 kV

$$t = 0.21 \mu\text{det} = 922.5 \times b' = 922.5 \times 0.03 = 27.67 \text{ kV}$$

$$= 922.5 - 27.67 = 894.83 \text{ kV}$$

$$t = 0.42 \mu\text{det} = 894.83 \times a = 894.83 \times 0.96 = 859.03 \text{ kV}$$

$$= 894.83 - 859.03 = 35.79 \text{ kV}$$

$$t = 0.63 \mu\text{det} = 35.79 \times b' = 35.79 \times 0.03 = 1.07 \text{ kV}$$

$$= 35.79 - 1.07 = 34.72 \text{ kV}$$

$$t = 0.84 \mu\text{det} = 34.72 \times a = 34.72 \times 0.96 = 33.33 \text{ kV}$$

$$= 34.72 - 33.33 = 1.39 \text{ kV}$$

$$t = 1.05 \mu\text{det} = 1.39 \times b' = 1.39 \times 0.03 = 0.04 \text{ kV}$$

$$= 1.39 - 0.04 = 1.35 \text{ kV}$$

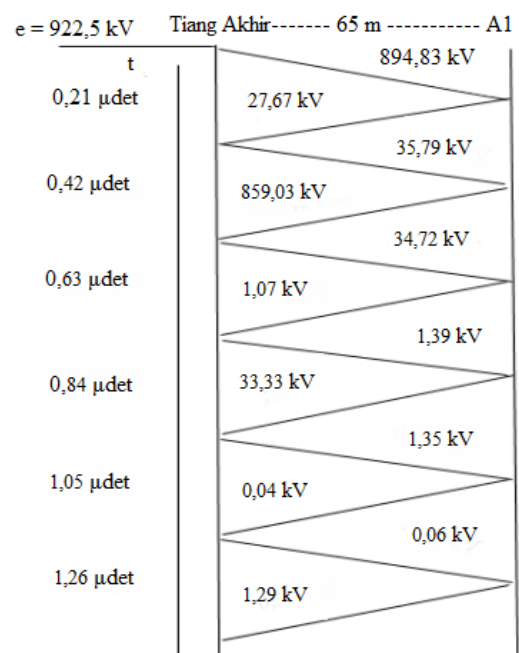
$$t = 1.26 \mu\text{det} = 1.35 \times a = 1.35 \times 0.96 = 1.29 \text{ kV}$$

$$= 1.35 - 1.29 = 0.06 \text{ kV}$$

Data tegangan impulse dari tiang akhir menuju arrester 1 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tegangan impulse dari tiang akhir menuju arrester 1

Waktu ( $\mu\text{det}$ )	Tegangan Impulse (Kv)
0,21	894,83
0,42	35,79
0,63	34,72
0,84	1,39
1,05	1,35
1,26	0,06



Gambar 4. Diagram tangga berulang dari tiang akhir menuju arrester 1

Gambar 4. menunjukkan diagram tangga berulang dari tiang akhir menuju arrester 1. Jadi tegangan lebih yang masuk dari tiang akhir ke arrester 1 sebesar 922.5 kV. Sehingga tegangan yang muncul pada arrester 1 sebesar 968.14 kV. Tegangan lebih yang muncul pada arrester 1 lebih besar dari

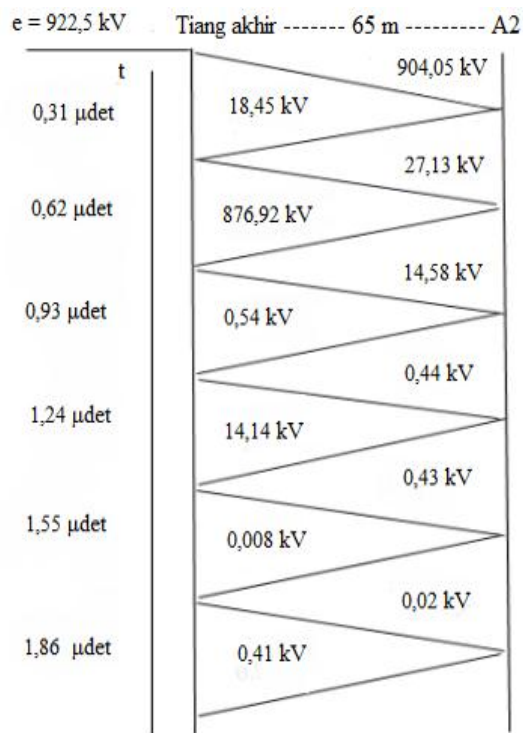
tegangan discharge arrester 1 yaitu sebesar 500 kV sehingga muncul sparkover di arrester 1 dengan demikian arrester bekerja.

### 3.2 Kondisi bisa terjadi arrester 1 rusak dan arrester 2 baik

Data tegangan impulse dari tiang akhir menuju arrester 2 dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Tegangan impulse dari tiang akhir menuju arrester 2**

Waktu ( $\mu$ det)	Tegangan Impulse (Kv)
0,31	904,05
0,62	27,13
0,93	14,58
1,24	0,44
1,55	0,43
1,86	0,02
<b>Total</b>	<b>946,65</b>



**Gambar 5. Diagram tangga berulung dari tiang akhir menuju arrester 2**

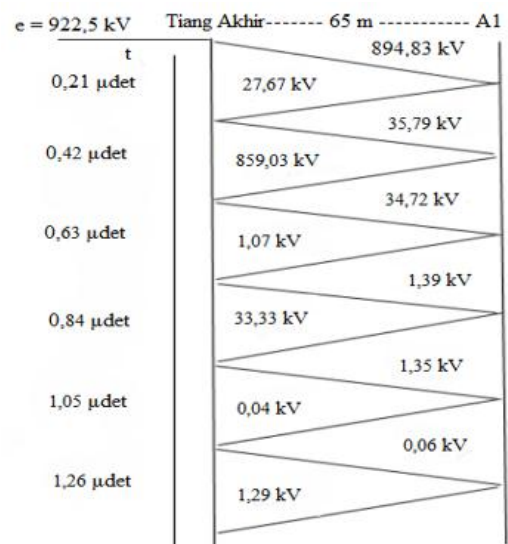
Gambar 5. menunjukkan diagram tangga berulung dari tiang akhir menuju arrester 2. Jadi tegangan lebih yang masuk dari tiang akhir ke arrester 2 sebesar 922.5 kV. Maka tegangan yang muncul pada arrester 2 adalah 946.65 kV. Tegangan lebih yang masuk ke arrester 2 lebih besar dari tegangan discharge arrester 2 yaitu sebesar 500 kV akibatnya terjadi sparkover di arrester dengan demikian arrester bekerja.

### 3.3 Kondisi bisa terjadi arrester 1 baik dan arrester 2 rusak

Data tegangan impulse dari tiang akhir menuju arrester 1 dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Tegangan impulse dari tiang akhir menuju arrester 1**

Waktu ( $\mu$ det)	Tegangan Impulse (Kv)
0,21	894,83
0,42	35,79
0,63	34,72
0,84	1,39
1,05	1,35
1,26	0,06
<b>Total</b>	<b>968,14</b>



**Gambar 6. Diagram tangga berulung dari tiang akhir menuju arrester 1**

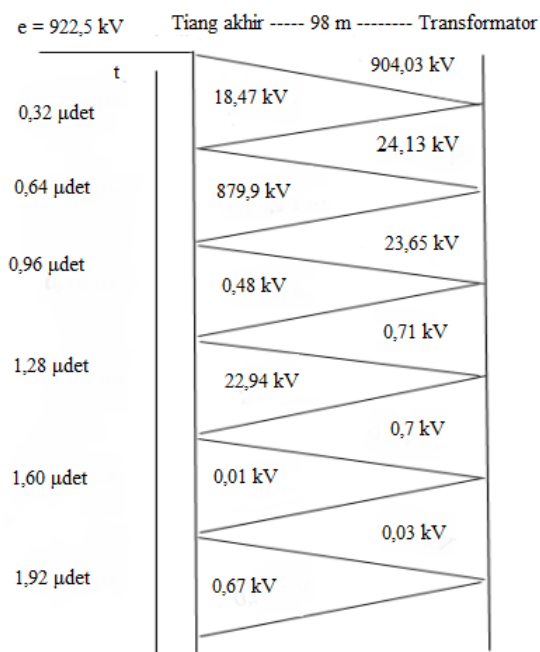
Gambar 6. menunjukkan diagram tangga berulung dari tiang akhir menuju arrester 1. Jadi tegangan lebih yang masuk dari tiang akhir ke arrester 1 sebesar 922.5 kV. Sehingga tegangan yang muncul pada arrester 1 adalah 968.14 kV. Tegangan lebih yang muncul pada arrester 1 lebih besar dari tegangan discharge arrester 1 yaitu sebesar 500 kV sehingga muncul sparkover di arrester 1 dengan demikian arrester bekerja.

### 3.4 Kondisi bisa terjadi arrester 1 dan arrester 2 rusak

Data tegangan impulse dari tiang akhir menuju transformator dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4. Tegangan impulse dari tiang akhir menuju transformator**

Waktu ( $\mu$ det)	Tegangan Impulse (Kv)
0,32	904,03
0,64	24,13
0,96	23,65
1,28	0,71
1,60	0,7
1,92	0,03
<b>Total</b>	<b>953,25</b>



**Gambar 7. Diagram tangga berulang dari tiang akhir menuju transformator**

Jadi tegangan lebih yang masuk dari tiang akhir ke transformator sebesar 922.5 kV, akibatnya tegangan yang muncul pada transformator senilai 953.5 kV tegangan lebih yang masuk ke transformator sangat berbahaya, sebab tegangan yang datang sudah melebihi BIL dari transformator yaitu 650 kV.

#### 4. PENUTUP

##### 4.1. KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan analisa maka jika tegangan sambaran petir lebih tinggi dari tegangan flashover arcing horn yaitu 922.5 kV maka akan ada flashover di arcing horn. Tegangan yang masuk ke gardu induk dari tiang akhir adalah 922.5 kV, sehingga:

1. Pada kondisi arrester 1 dan arrester 2 baik, berdasarkan hasil perhitungan metode diagram tangga, maka tegangan lebih yang masuk dari tiang akhir menuju arrester 1 senilai 922.5 kV, sehingga tegangan yang muncul pada arrester 1 sebesar 968.14 kV, maka arrester 1 bekerja, sebab tegangan yang masuk diatas tegangan discharge arrester 1 yaitu 500 kV.
2. Pada kondisi arrester 1 mengalami pecah pada porcelain dan arrester 2 baik, berdasarkan hasil perhitungan metode diagram tangga, maka tegangan lebih yang masuk dari tiang akhir menuju arrester 2 sebesar 922.5 kV, sehingga tegangan yang muncul pada arrester 2 sebesar 946.65 kV, maka arrester 2 bekerja, sebab tegangan yang masuk diatas tegangan discharge arrester 2 yaitu 500 kV.

3. Untuk kondisi arrester 1 baik dan arrester 2 mengalami pecah pada porcelain, dari hasil perhitungan metode diagram tangga maka tegangan lebih yang masuk dari tiang akhir menuju arrester 1 sebesar 922,5 kV, maka tegangan yang muncul pada arrester 1 sebesar 968,14 kV, dengan demikian arrester 1 bekerja, karena tegangan yang masuk diatas tegangan discharge arrester 1 yaitu 500 kV.
4. Untuk kondisi arrester 1 mengalami pecah pada porcelain dan arrester 2 mengalami retak pada porcelain, dari hasil perhitungan metode diagram tangga, apabila tegangan lebih yang masuk dari tiang akhir menuju transformator sebesar 922.5 kV, didapat tegangan yang muncul pada transformator sebesar 953.25 kV, dengan demikian akan berbahaya untuk transformator karena tegangan yang muncul pada transformator diatas BIL tranformator yaitu 650 kV.

#### REFERENSI

- Agustian, R. (2018). Analisa Penempatan Jarak Arrester Sebagai Proteksi Transformator Terhadap Tegangan Lebih Surja Petir. *EPSILON: Journal of Electrical Engineering and Information Technology*, 16(1).
- Azis, A., & Nurdin, H. A. (2020). ANALISA JARAK LINDUNG LIGHTING ARRESTER TERHADAP TRANSFORMATOR DAYA 20 MVA GARDU INDUK SUNGAI JUARO PALEMBANG. *TEKNIKA: Jurnal Teknik*, 7(1), 106. <http://www.teknika-ftiba.info/teknika/index.php/1234/article/view/134>
- Cahyaningsih, T. (2009). Arrester Sebagai Sistem Pengaman Tegangan Lebih Pada Jaringan Distribusi Tegangan Menengah 20 kV. *Jurnal Teknik Elektro Unnes*, 1, 86.
- Ginting, J. (2012). ANALISA EFEK TEGANGAN INDUKSI KARENA SAMBARAN PETIR PADA AREA OPERASIONAL PT. X. *Fakultas Teknik, Program Teknik Elektro Universitas Indonesia*. <http://www.ee.ui.ac.id/online/sematafull/20120118104944-sm7421-tp1-JefanyaGin-FINALSC.pdf>
- Ginting, Y. T., Napitulu, J., & Alexander Pane, A. G. (2020). SIMULASI TEGANGAN INDUKSI KABEL AKIBAT ARUS PETIR PADA KAWAT PENANGKAL PETIR. *JURNAL TEKNOLOGI ENERGI UDA: JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, 9(2). <http://jurnal.darmaagung.ac.id/index.php/teknologienergi/article/view/962>
- Hutauruk, T. S. (1988). *Gelombang Berjalan dan Proteksi Surja*. Erlangga.
- Josephine, M. M., & Ikechukwu, G. A. (2016). Performance of Surge Arrester Installation to Enhance Protection. *Proceedings of the World*

- Congress on Engineering and Computer Science*, 1.  
<https://www.semanticscholar.org/paper/Performance-of-Surge-Arrester-Installation-to-Josephine-Ikechukwu/87b88199fa5129f0aff96651017d61021ecafbd4>
- Manihuruk, J., Simorangkir, T., & Sitanggang, N. L. (2021). Studi Kemampuan Arrester Untuk Pengaman Transformator Pada Gardu Induk Tanjung Morawa 150 KV. *ELPOTecs Jurnal*, 4(1).  
<https://ejournal.uhn.ac.id/index.php/elpotecs/article/view/447>
- Nikmah, D. A. (2020). *PROSES PENGGANTIAN CAPACITIVE VOLTAGE TRANSFORMER (CVT) PADA GARDU INDUK BUMI SEMARANG BARU 150 KV*.  
<https://prezi.com/p/gtphoji9henb/proses-penggantian-capacitive-voltage-transformer-cvt-pada-gardu-induk-bumi-semarang-baru-150-kv/>
- Nugroho, S. A. (2021). Investigasi Tegangan Lebih Transien akibat Sambaran Petir pada Gardu Induk 150 kV. *Jurnal Edukasi Elektro*, 5, 27–31.
- PT PLN PERSERO. (2014). *Buku Pedoman Pemeliharaan Ligting Arrester*.
- Syakur, A. (2010). *Pemeliharaan Arrester GI dan GIS 150 kV PT. PLN (PERSERO) UPT Semarang*.
- Vadreas, A. K. (2014). Sistem Informasi Petir (SIP) Dengan Metode Lightning Distribution (LD) di Wilayah Sumatera Barat. *JURNAL NASIONAL TEKNIK ELEKTRO*, 3(2), 177–182.  
<http://jnte.ft.unand.ac.id/index.php/jnte/article/view/83>

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN