

Penggunaan Arrester Sebagai Pengaman Gardu Distribusi 20 KV Pada Trasformator 160 KVA di Penyulang Akasia

R. Ahmad Yani¹, Dian Eka Putra², RM. Edy Suherman³, Jimmi Ardian⁴

¹²³⁴Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Palembang, Indonesia.

e-mail: dianekaputra90@gmail.com

ABSTRAK

Pada prosesnya penyaluran energi listrik di tegangan menengah untuk sampai ke konsumen pengguna tegangan rendah memerlukan gardu-gardu distribusi 20 KV untuk mengkonversi tegangan 20 KV menjadi 380/220 volt. Akan tetapi didalam melakukan perannya jaringan distribusi terutama gardu distribusi harus dilindungi dari beberapa jenis gangguan diantaranya gangguan tegangan abnormal yang disebabkan oleh petir maupun tegangan surja yang diakibatkan oleh gangguan hubung singkat. Untuk memproteksi peralatan jaringan distribusi dan gardu-gardu distribusi dari tegangan surja petir atau tegangan lebih yang diakibatkan oleh petir atau diakibatkan oleh hubung singkat alat proteksi tersebut yakni arrester yang dipasang sebelum atau diatas gardu distribusi. Dengan untuk menjaga stabilitas suplai distribusi tegangan rendah dan mengantisipasi kerusakan pada komponen dan peralatan yang diakibatkan oleh dampak sambaran petir, maka penulis memilih topik penelitian mengenai Arrester sebagai pengaman gardu distribusi 20 KV – PD. 0431 dengan transformator 160 kVA dipenyulang Akasia dengan menganalisa kemampuan arrester terpasang jenis MOV (Metal – Oxide) dapat melakukan pelepasan tegangan sebesar 24 kV sesuai dengan tegangan pengenal 22 kV dengan jarak pasang dari transformator 160 kVA sejarak 1,1 meter yang berkemampuan menahan gelombang surja petir sebesar 1000 kV dan kemudian dialirkan ke bumi dengan sistem pentanahan arrester.

Kata Kunci : Jarak arrester, gardu distribusi, tegangan pelepasan,.

Use of Arrester as Security for 20 KV Distribution Substation on 160 KVA Transformer at Akasia Feeder

ABSTRACT

In the process of distributing electrical energy in medium voltage to reach low voltage user consumers requires 20 KV distribution substations to convert 20 KV voltage to 380/220 volts. However, in carrying out its role, the distribution network, especially the distribution substation, must be protected from several types of disturbances including abnormal voltage disturbances caused by lightning and surge voltage caused by short circuit disturbances. To protect distribution network equipment and distribution substations from lightning surge voltage or overvoltage caused by lightning or caused by short circuit, the protection tool is an arrester installed before or above the distribution substation. By maintaining the stability of low-voltage distribution supply and anticipating damage to components and equipment caused by the impact of lightning strikes, the authors chose the research topic of Arrester as a safety for 20 KV distribution substation - PD. 0431 with a 160 kVA transformer in the Akasia feeder by analyzing the ability of the installed MOV (Metal - Oxide) type arrester to carry out a voltage release of 24 kV in accordance with the rated voltage of 22 kV with a distance of 1.1 meters from the 160 kVA transformer which has the ability to withstand lightning surge waves of 1000 kV and then flowed into the earth with an arrester grounding system.

Keywords: Arrester distance, distribution substation. discharge voltage.

Correspondence author : Dian Eka Putra, rogram Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Palembang, Indonesia.

E-Mail: dianekaputra90@gmail.com

I. PENDAHULUAN

Untuk mengalirkan atau mendistribusikan suplai energi listrik ke pelanggan atau pengguna energi listrik dimana suplai tersebut dimulai dari pusat-pusat pembangkit dilanjutkan ke saluran transmisi tegangan tinggi, tegangan menengah dan berakhir pada tegangan rendah[1]. Pada prosesnya penyaluran energi listrik di tegangan menengah untuk sampai ke konsumen pengguna tegangan rendah memerlukan gardu-gardu distribusi 20 kV untuk mengkonversi tegangan 20 kV menjadi 380/220 volt[2]. Akan tetapi didalam melakukan perannya jaringan distribusi terutama gardu distribusi harus dilindungi dari beberapa jenis gangguan diantaranya gangguan tegangan abnormal yang disebabkan oleh petir maupun tegangan surja yang diakibatkan oleh gangguan hubung singkat[3]. Ada beberapa sistem proteksi yaitu proteksi beban lebih[4], proteksi sistem pentanahan[5], dan proteksi tegangan lebih[6]. Untuk memproteksi peralatan jaringan distribusi dan gardu-gardu distribusi dari tegangan surja petir atau tegangan lebih yang diakibatkan oleh petir atau diakibatkan oleh hubung singkat alat proteksi tersebut yakni arrester yang dipasang sebelum atau diatas gardu distribusi[7].

Salah satu alat proteksi bagian utama dari sistem distribusi daya adalah arrester, yang melindungi peralatan dari tegangan lebih eksternal[8]. Untuk mencegah tegangan lebih tinggi pada peralatan, arrester menciptakan jalur yang dapat dihindari oleh petir atau arus petir dengan mudah[9]. Oleh karena itu, arrester tidak hanya melindungi peralatan dari tegangan lebih internal tetapi juga mencegah kerusakan akibat tegangan lebih yang disebabkan oleh petir atau gangguan eksternal lainnya[10]. Selain itu, arrester mencegah kerusakan peralatan dari tegangan lebih internal seperti lonjakan arus sirkuit. Arrester melindungi peralatan dari tegangan lebih internal dalam sistem distribusi, yang dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan, koordinasi isolasi arrester sangat penting untuk mengkoordinasikan isolasi sistem tenaga[11]. Arrester melindungi peralatan dari kerusakan akibat tegangan berlebih, membantu menjaga tegangan isolasi yang aman, dan melindungi transformator dari kerusakan[12]. Transformator distribusi juga dilindungi dari lonjakan tegangan tinggi oleh arrester. Tegangan lonjakan pada transformator distribusi atau transformator 20 kV dapat mencapai hingga dua kali tegangan gelombang lonjakan yang masuk[13]. Untuk mencegah kerusakan pada transformator tersebut maka arrester harus dipasang sedekat mungkin dengan transformator distribusi. Penggunaan arrester pada gardu distribusi sangat penting untuk melindungi peralatan dan jaringan distribusi dari kerusakan akibat tegangan lebih. Penangkapan membantu menjaga keandalan sistem distribusi tenaga listrik dan melindungi investasi yang dilakukan pada infrastruktur distribusi. Dengan untuk menjaga stabilitas suplai distribusi tegangan rendah kepada pengguna dan mengantisipasi kerusakan pada komponen dan peralatan yang diakibatkan oleh dampak sambaran petir, maka penulis memilih topik artikel ini mengenai Arrester sebagai pengamanan gardu distribusi 20 kV terutama pada gardu distribusi PD 0341 dengan transformator berkapasitas 160 kVA dipenyulang Akasia, dimana pada penelitian ini penulis menganalisa jarak pemasangan dan kemampuan tegangan pelepasan yang dilakukan arrester untuk melindungi gardu distribusi 20 kV dengan kapasitas transformator 160 kVA.

II. METODE DAN PERALATAN

Metode Observasi Pengumpulan data dengan observasi langsung atau dengan pengamatan langsung adalah cara pengambilan data tanpa ada pertolongan alat standar lain untuk keperluan tersebut, ditempat penelitian. Dalam hal ini penulis langsung berada dilokasi Gardu Distribusi 20 kVA PD 0341 dipenyulang Akasia, dan mengadakan penelitian mengenai hal-hal yang perlu dicatat sebagai data dalam penelitian seperti data yang berasal dari wawancara dengan pihak yang berkompeten (operator) dibidangnya atau mengetahui peralatan. Untuk artikel ini yang menjadi objek penelitian mengenai Lightning Arrester terpasang pada Saluran Udara Tegangan Menengah



(SUTM) 20 kV di penyulang Akasia, pada gardu distribusi PD 0341, yang terletak pada jalan Jendral A. Yani, dibawah kinerja PT. PLN (Persero) ULP Ampera, penulis melakukan metode perhitungan pendekatan secara matematis dengan formula terkait pada topik terkait [12-14]. Adapun alat dan bahan untuk melaksanakan penelitian tugas akhir ini ditunjukkan pada tabel 1 berikut ini:

Tabel 1 Alat dan Bahan penelitian

Alat dan Bahan	Jumlah
Tangga Isolasi	2set
Lightning Arrester	1 set
Measuring Earth Resistance	1 unit
Live Line Connector	3 unit
A3CS 150 mm	1 meter / 3 unit
Pisau Cutter	1 unit
Hook Pole	1 unit
Tool Box	1 set
Conductor Cover	3 set
Full Body Harness/ K3	1 set

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk mendapatkan hasil dari besaran tegangan pelepasan dan posisi jarak pasang arrester maka diperlukan pada gardu distribusi PD 0431 diperlukan data teknik, perhitungan dan analisa.

Data Teknik Arrester Terpasang

Dengan membandingkan dan menganalisis proteksi gardu distribusi 20 kV di PT. PLN (Persero) ULP Ampera, pada Gardu PD.0431 dengan kapasitas transformator 160 kVA terhadap peralatan arrester pada gardu distribusi di penyulang Akasia yang terpasang saat ini. Data lighting arrester dibagi 3 bagian, yaitu :

1. Iklim :
 - Letak geografis : Equator
 - Ketinggian Lokasi : 5-50 meter diatas permukaan laut
 - Kelembapan : 45% - 70%
 - Ambien Temperatur : Rata-rata perhari 24°C
2. Jenis Jaringan
 - Jari - jari penghantar udara 10,2 mm, penghantar konduktor jenis bahan aluminium (Al) yang dipilin bulat padat, A3CS 150 mm² dengan Approx Overall Diameter : 23.4 mm dikurang ketebalan isolasi 3.0 mm.
 - Tinggi kawat diatas tanah 10,5 meter
 - Dengan tahanan titik netral ditetapkan 40 ohm
3. Karakteristik Arester
 - Tegangan start 20 kV
 - Arus pelepasan nominal 10 kA
 - Tegangan gagal sela muka gelombang 100 kV
 - Tegangan gagal sela standard 87 kV
 - Pada arus normal, tegangan residual maksimum (V_a) 87 kV

4. Pada gangguan ini digunakan arrester jenis Metal Oxide (MOV) dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Model/ Type : HY10W2-24
- Rated Voltage : 24 kV
- Nom. Discharge Current : 10 kA
- Frequency : 50 - 60 Hz
- Ambient Temp : 32
- Standart : IEC 60099-4
- Serial No. : B319028359

Penentuan Tingkat Isolasi Dasar

Perencanaan sistem perlindungan transformator distribusi dalam menentukan posisi peralatan pelindung dari kemungkinan bahaya surja petir, yang paling awal dilakukan adalah menentukan tingkat kekuatan isolasi impuls dasar. Gardu distribusi PD. 0431 Transformator yang akan dilindungi terletak pada saluran udara tegangan menengah (SUTM) 20 KV dengan data-data yang bervariasi antara lain :

- a. Kapasitas terpasang : 1600 kVA
- b. Tegangan primer : 20 kV
- c. Tegangan sekunder : 220 / 380 V

Transformator jenis ini merupakan jenis gardu yang terpasang pada tiang dengan tegangan sistem primer 20 kV, maka diperoleh tegangan tertinggi peralatan[12] :

$$\begin{aligned}V_{\max} &= V_{\text{nominal}} \times 1.1 \\V_{\max} &= 20 \times 1.1 \\&= 22 \text{ kV}\end{aligned}$$

Perkiraan Besarnya Tegangan Pengenal Lightning Arrester

Pada sistem distribusi tegangan 20 kV penyulang Akasia ditanahkan dengan tahanan rendah koefisien pentanahan dipilih 100% (pentanahan tidak efektif) dengan tegangan sistem tertinggi adalah 20 kV, maka tegangan pengenal arrester menjadi[15] :

$$\begin{aligned}&\text{Tegangan sistem maksimum} \\&V_{\text{nominal}} + 10\% \text{ (faktor toleransi)} \\V_{\max} &= V_{\text{nominal}} \times 1.1 = 20 \times 1.1 \\V_{\max} &= 22 \text{ kV (Tegangan pengenal arrester)} \\V_p &= V_{\max} \times 1.0 \\V_p &= 22 \text{ kV}\end{aligned}$$

Menurut Penetapan tingkat isolasi transformator dan penangkal petir, standar tegangan pengenal lebih besar yang mendekati 24 kV, sehingga tegangan pengenal yang diambil untuk sistem 20 kV adalah 24 kV.

Pemilihan Arus Pelepasan Impuls Dari Lightning Arrester

Sistem Distribusi tegangan menengah 20 kV penyulang Akasia pada ULP Ampere memiliki jumlah isolator hantaran sebesar 3 buah. Dari FOV (Flash Over Voltages) Standart Discs dimana pada diperoleh tegangan gelombang berjalan sebesar 355 kV (U_d) . Jari-jari kawat hantaran udara



10,2 mm serta ketinggian kawat dari atas tanah sebesar 10,2 meter. Maka impedansi hantaran udara [12], yaitu sebesar :

$$z = 60 \ln \frac{2h}{r} \text{ (ohm)}$$

$$z = 60 \ln \frac{2 \times 10,2}{10,2 \times 10^{-3}}$$

$$z = 456,054 \Omega$$

Diambil impedansi hantaran (z) sebesar 456,054 ohm, maka besar arus pelepasan impuls dari arrester, tegangan residual maksimum 87 kV (U_a) dan tegangan gelombang berjalan sebesar 355 kV (U_d), yaitu :

$$I_a = \frac{2 U_d - U_a}{z}$$

$$I_a = \frac{2 \times 355 - 87}{456,054}$$

$$I_a = 1,356 \text{ KA}$$

Dari hasil perhitungan diperoleh arus pelepasan (I_a) sebesar 1,246 kA, sehingga pemilihan kelas arus pada arrester terpasang 10 kA sesuai, masih dibawah rating arrester terpasang.

Tegangan Pelepasan (Tegangan Kerja) Lightning Arrester

Tegangan pelepasan adalah karakteristik paling penting dari arrester untuk perlindungan peralatan. Tegangan kerja ini menentukan tingkat perlindungan dari arrester. Tegangan pelepasan arrester untuk tegangan pengenalan 24 kV dengan arus pelepasan 5 kA dan 10 kA sesuai dengan penetapan tingkat isolasi transformator dan penangkal petir sebesar 87 kA. Dalam hal ini berdasarkan ketetapan dimana sebelumnya dilakukan pengujian tegangan percikan terhadap lightning arrester.

Faktor Perlindungan (Protection Margin)

Faktor perlindungan merupakan besar perbandingan antara perbedaan tegangan TID dari peralatan yang dilindungi dengan tegangan kerja arrester [16]. Sesuai pembahasan pada halaman 32, sebelumnya tegangan kerja lightning arrester untuk sistem 20 kV ditetapkan sebesar 87 kV (V_a atau U_a), tingkat perlindungan (TP) arrester dengan memperhatikan kawat penghubung toleransi pabrik ditambahkan 10% sehingga :

$$\text{TP (tingkat perlindungan)} = V_a \times 10 \%$$

$$\text{TP (tingkat perlindungan)} = V_a \times 1.1$$

$$\text{TP (tingkat perlindungan)} = 87 \times 1.1$$

$$\text{TP (tingkat perlindungan)} = 95,7 \text{ kV}$$

Diambil tingkat perlindungan petir 95,7 kV dengan TID transformator yang telah ditetapkan sebesar **125 kV**. Maka besar faktor perlindungan :

$$FP = \frac{TID - TP}{TP} \times 100\%$$

$$FP = \frac{125 - 95,7}{95,7} \times 100\%$$

$$FP = 23,44\%$$

Faktor perlindungan ini lebih besar 20% dari tingkat isolasi dasar (TID) peralatan, sehingga lightning arrester ini sudah memberikan faktor perlindungan yang baik.

Penempatan dan Penyambungan Arrester

Untuk mengetahui penempatan lightning arrester maka diketahui jarak lindung dari arrester yang akan dipasang [12-16]. Karena itu, untuk menentukan jarak lindung (L) maka perlu diketahui kecuraman dari gelombang datang (du/dt) dan besar tegangan gelombang datang pada peralatan (U_t). Bila kecuraman gelombang datang 500 kV/ μ s, 1000kV/ μ s, 1500 kV/ μ s, 2000/ μ s, besar $U_t = (TID/1,3)$ jadi $125/1,3 = 96,15$ kV, maka rambat gelombang pada kawat udara : 300 m/s, Kecuraman gelombang datang yang telah ditetapkan pada PT. PLN (Persero) ULP Ampera yaitu 500 kV/ μ s pada tegangan pengenal 24 kV.

Maka jarak maksimum arrester terhadap transformator :

$$L = \frac{U_t - U_a}{2 \frac{du}{dt}} \times v$$

Dimana :

U_a : tegangan kerja arrester (87 kV)

U_t : tegangan gelombang datang pada jepitan transformator (96,15kV)

$\frac{du}{dt}$: kecuraman gelombang datang (500, 1000, 1500 dan 2000 kV/ μ s)

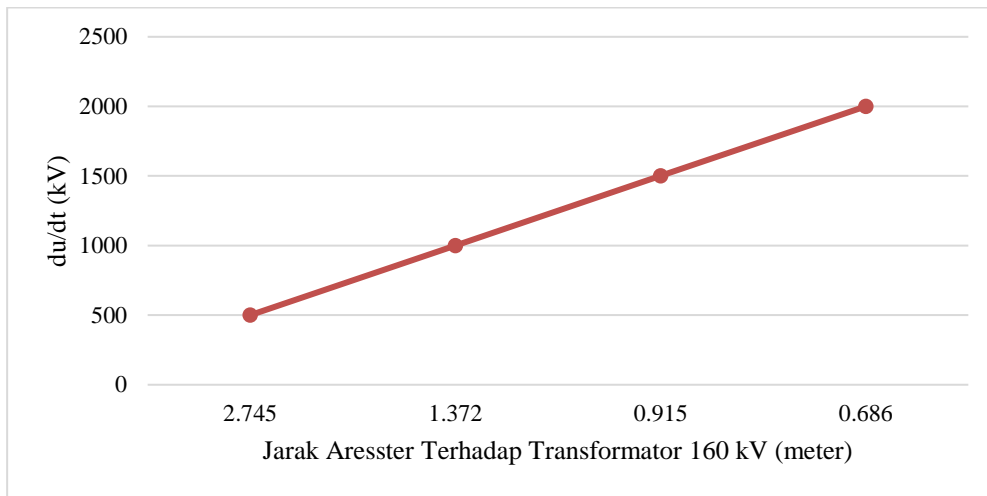
L : jarak antara arrester dan transformator (m)

v : kecepatan merambat gelombang (300 m/ μ s)

Tabel 2. Hasil perhitungan untuk jarak maksimum arrester terhadap transformator

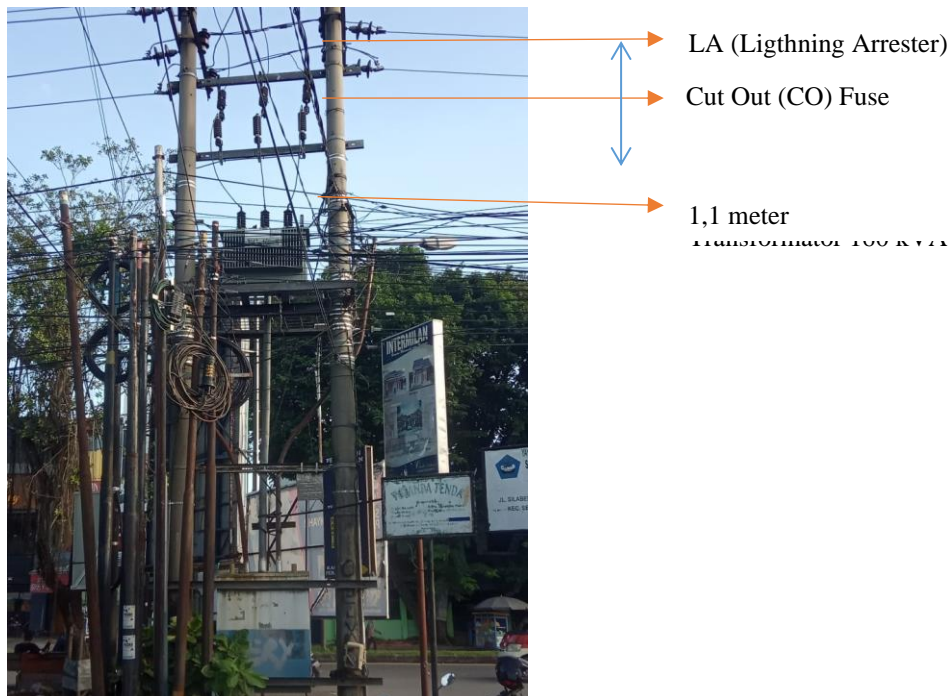
Kecuraman gelombang $\frac{du}{dt}$ (kV)	Jarak maksimum L (meter)
500	2,745
1000	1,372
1500	0,915
2000	0,686





Gambar 1 Grafik jarak arrester terhadap transformator 160 kVA – PD 0431

Dari tabel 2 atau gambar 1, terjadi pengaruh antara jarak pasang arrester terhadap kemampuan menghadapi besarnya tegangan dari kecuraman gelombang surja petir, mengenai Jarak Arrester terhadap Transformator 160 kVA – PD 043, bahwa menyatakan dari perhitungan semakin dekat jarak pasang arrester atau lightning arrester jenis Metal Oxide (MOV) dengan arus peluahan atau arus pelepasan 10 kA maka akan semakin baik dan mampu menghadapi kecuraman gelombang surja petir mencapai 2000 kV dan mengamankan transformator 160 kVA.



Gambar 2 Gardu distribusi PD. 0431 – 160 kVA

Ditinjau dari sudut pemasangan arrester dilapangan pada gardu distribusi 20 kV pada penyulang Akasia diwilayah kerja PT. PLN (Persero) ULP Ampera, bahwa arrester dipasang dibawah Cut Out (fuse), adapun jarak pemasangan arrester dengan transformator distribusi 160 kVA sejauh 1,1 meter mendekati hasil dari jarak perhitugan yaitu 1,3 meter, artinya arrester memberikan pelindungan yang aman terhadap transformator dengan kecuraman gelombang tegangan petir yang berjalan mencapai 1000 kV. Selain itu tampak adanya koordinasi sistem proteksi untuk melindungi gardu distribusi dimulai dengan fuse Cut Out (CO), arrester dan sistem grounding arrester, bila terjadi gangguan pada saluran udara tegangan menengah 20 kV di penyulang Akasia.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pembahasan yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa pemasangan arrester yang bertujuan untuk melindungi gardu distribusi 20 kV – PD 0431 beserta peralatan listrik lainnya termasuk transformator 160 kVA bila terjadi lonjakan lebih atau tegangan lebih (*over voltage*) seperti sambaran petir berpengaruh dari nilai tegangan pelepasan yang dilakukan arrester. Sedangkan jarak pasang arrester berpengaruh terhadap besarnya kapasitas kecuraman tegangan yang berasal dari gelombang surja petir. Dimana kemampuan arrester terpasang jenis MOV (Metal – Oxide) dapat melakukan pelepasan tegangan sebesar 24 kV sesuai dengan tegangan pengenal 22 kV dengan jarak pasang dari transformator 160 kVA sejauh 1,1 meter yang berkemampuan menahan gelombang surja petir sebesar 1000 kV dan kemudian dialirkan ke bumi dengan sistem pentanahan arrester, dimana jarak dilapangan mendekati hasil dari matematis perhitungan yakni sejauh 1,3 meter dengan kecuraman tegangan surja petir sebesar 1000 kV.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. E. Putra, Y. Riswanto, And A. Komaini, “Investigasi Overload Transformator Distribusi 20 Kv Diunit Layanan Pelanggan Pangkalan Balai Pt. Pln (Persero),” *Semin. Nas. Avoer Xiii*, Pp. 378–383, 2021.
- [2] D. E. Putra And R. Kusniriansya, “Analisa Pemerataan Beban Antar Fasa Di Saluran Tegangan Rendah (Sutr) Pada Transformator Distribusi 50 Kva - Li 146 Wilayah Kerja Pt Pln (Persero) Rayon Muara Beliti,” *J. Surya Energy*, Vol. 4, No. 1, Pp. 331–337, 2019, Doi: 10.32502/Jse.V4i1.1883.
- [3] D. E. Putra, R. A. Yani, M. S. Siahian, C. Rizal, And N. Nofiansah, “The Decreasing Ground Potential Rise By Lessening Soil Resistance In Arrester Grounding System,” *Ijeeit Int. J. Electr. Eng. Inf. Technol.*, Vol. 6, No. 2, Pp. 44–50, 2023, Doi: 10.29138/Ijeeit.V6i2.2180.
- [4] M. Muhammad, E. Barus, And ..., “Sistem Koordinasi Pengaman Transformator Tenaga Pada Gardu Induk Pematang Siantar 150 Kv,” ... *Energi Uda J. ...*, Vol. 11, No. 1, Pp. 44–56, 2022, [Online]. Available: [Http://jurnal.darmaagung.ac.id/index.php/teknologienergi/article/view/1655%0ahttps://jurnal.darmaagung.ac.id/index.php/teknologienergi/article/download/1655/1479](http://jurnal.darmaagung.ac.id/index.php/teknologienergi/article/view/1655%0ahttps://jurnal.darmaagung.ac.id/index.php/teknologienergi/article/download/1655/1479)
- [5] D. E. Putra, Y. Randika, I. Randika, And H. Inamullah, “Enhancing Grounding System Efficiency Through Biopore Technique In Seasonal Soil Conditions,” *Int. J. Adv. Technol. Eng. Explor.*, Vol. 11, No. 113, 2024.
- [6] G. R. Iriando And A. I. Agung, “Studi Koordinasi Sistem Proteksi Pada Transformator 20kv Di Jaringan Distribusi 20kv Penyulang Bandilan,” *J. Tek. Elektro*, Vol. 08, No. 03, Pp. 611–618, 2019.
- [7] M. Asna, I. W. Suriana, I. W. S. Yasa, I. W. Utama, And I. M. Sariana, “Analisis Konstruksi Posisi,” Vol. 4, No. 1, Pp. 46–55, 2021.
- [8] D. Pada, P. T. Pln, P. Ulp, P. Raflesia, And P. Raflesia, “Analisis Pemasangan Lightning Arrester Pada Jaringan Aryanto , 2 Zakia Lutfiani,” Vol. 3, No. 2, 2023.



- [9] S. Rezki, Teuku Mahmuda Rahmat, Muliadi, “Analisis Pemasangan Arrester Pada Gardu Distribusi Penyulang Johan Pahlawan Ulp Meulaboh Kota,” *Aceh J. Electr. Eng. Technol.*, Vol. 3, No. 1, Pp. 25–32, 2023, [Online]. Available: <https://ejournal.unida-aceh.ac.id/index.php/Ajeetech/Article/View/532%0ahttps://ejournal.unida-aceh.ac.id/index.php/Ajeetech/Article/Download/532/447>
- [10] I. Kurnia Yulianto, I. W. Rinas, And I. M. Suartika, “Analisa Penempatan Lightning Arrester Sesudah Cut Out Untuk Mengurangi Gangguan Tegangan Lebih Pada Trafo Kl 0074 Di Pt. Pln (Persero) Ulp Klungkung,” *J. Spektrum*, Vol. 8, No. 2, P. 55, 2021, Doi: 10.24843/Spektrum.2021.V08.I02.P7.
- [11] R. Labado And P. Eko Pambudi, “Analisis Penempatan Arrester Terhadap Efektifitas Proteksi Transformator Pada Pt. Pln (Persero) P3b Jawa-Bali App Salatiga Gardu Induk 150 Kv Bantul,” *J. Elektr.*, Vol. 2, No. 2, Pp. 79–87, 2015.
- [12] E. Harda Arya, Ermawati, And Fadhli Palaha, “Analisa Karakteristik Arrester Pada Gardu Distribusi 20 Kv St 350 Penyulang Merpati,” *J. Surya Tek.*, Vol. 9, No. 2, Pp. 503–510, 2022, Doi: 10.37859/Jst.V9i2.4367.
- [13] A. N. Wardana And A. Subari, “Perbandingan Pengaruh Penempatan Arrester Sebelum Dan Sesudah Fco Sebagai Pengaman Transformator 3 Fasa Terhadap Gangguan Surja Petir Di Penyulang Pandean Lamper 5 Rayon Semarang Timur,” *Gema Teknol.*, Vol. 18, No. 1, P. 5, 2014, Doi: 10.14710/Gt.V18i1.8808.
- [14] M. Royhan, “Arester Tegangan Rendah Pada Daya 6,6 Kva / 380v Di Akademi Teknik Telekomunikasi Sandhy Putra Jakarta,” *Energi & Kelistrikan*, Vol. 13, No. 2, Pp. 214–222, 2021, Doi: 10.33322/Energi.V13i2.1506.
- [15] K. Joyondanu, “Analisis Keandalan Lightning Arrester Pada Gardu Portal Di Jaringan Distribusi Pt. Pln (Persero) Rayon Sukorejo Pasuruan,” *Sci. Electro*, 2022, [Online]. Available: <http://jim.unisma.ac.id/index.php/jte/article/viewfile/18785/14259>
- [16] L. M. Parera And A. Permana, “Analisis Perlindungan Transformator Distribusi Yang Efektif Terhadap Surja Petir,” *J. Teknol.*, Vol. Vol.6 No.2, Pp. 671–678, 2009.