

## Analisis Jarak Optimum Penempatan *Lightning Arrester* Pada Transformator Daya di GI Sukolilo

Arya Dwi Putra<sup>1</sup>, Hadi Tasmono<sup>2</sup>, Reza Sarwo Widagdo<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Indonesia

\*Email: [adwi7689@gmail.com](mailto:adwi7689@gmail.com)

### Abstrak

Serangan pada kabel konduktif di jalur transmisi dapat menyebabkan masalah pengiriman energi listrik. Gelombang kilat dapat menyebar ke peralatan di substansi dan mengganggu isolasi peralatan karena ketajaman mereka yang besar. Serangan petir dapat menyebabkan gelombang, yang menyebabkan tegangan yang lebih tinggi. Hal ini terjadi di daerah-daerah yang agak jauh dari Penangkapan. Untuk menetapkan jarak terbaik yang diizinkan antara Arrester dan peralatan yang dipelihara. Ini akan memastikan bahwa gagasan perlindungan untuk peralatan sepenuhnya dicapai. Setelah analisis dan perhitungan, hasil dari arus dalam LA yaitu 3,3 kA. Maka kelas pada 10 kA adalah normal. Faktor perlindungan yang diperoleh adalah 20%. Jarak maksimum antara LA dan transformator yang dilindungi adalah 28.5m, sedangkan jarak penempatan di lapangan adalah 21.9m. Jadi masih jauh di bawah jarak maksimum. Dibandingkan dengan SPLN 7: 1978 No 32 Pasal 4 tentang Pemilihan dan Pemasangan Penangkap Petir yaitu untuk penangkap petir kelas 150kV jarak antara penangkal petir dan transformator tidak melebihi 80 m, dari hasil perhitungan, nilai V max diperbolehkan ialah 650 kV, serta nilainya sesuai dengan nilai TID Transformator dengan 650kV. Maka *Lightning Arrester* mampu menangkal petir sehingga melindungi transformator dari petir.

**Kata Kunci:** Gardu Induk; *Lightning Arrester*; Petir; Transformator

Copyright © (2022) Seminar Hasil Riset dan Pengabdian ke 6

### PENDAHULUAN

Saat musim penghujan semakin dekat, sambaran petir lebih sering terjadi dan dapat menyebabkan tegangan lebih tinggi pada peralatan listrik. Seiring dengan peningkatan standar hidup masyarakat, kebutuhan listrik meningkat setiap tahunnya. Untuk memenuhi kebutuhan listrik, sistem distribusi harus ditingkatkan[1]-[2]. Pembangkit listrik menghasilkan listrik, lalu mengalir melalui jalur transmisi, didistribusikan, dan akhirnya sampai ke konsumen. Gardu adalah bagian penting dari sistem transmisi tenaga listrik dan memainkan peran penting dalam sistem distribusi tenaga listrik. Tugasnya adalah mengurangi tegangan dari 150 kV menjadi 20

kV untuk didistribusikan kepada pengguna. Oleh karena itu, diperlukan peralatan yang dapat mencegah gangguan untuk mengurangi tingkat kerusakan peralatan listrik[3].

Penelitian tentang analisis kemampuan Lightning Arrester telah dilakukan oleh banyak penelitian. Fajri Nugroho (2023) melakukan analisis pada Gardu Induk 150 kV Palur[4] dan memasukkan semua perhitungan yang diperlukan untuk menentukan jarak ideal untuk penempatan LA.

Oleh karenanya, melindungi gardu induk dari gangguan surja petir sangat penting. Arrester petir, dikenal sebagai penangkal petir, ini yaitu perangkat yang melindungi peralatan dalam kelistrikan dari sambaran petir. Arrester harus dipasang untuk memungkinkan surja petir melewatinya. Arrester berperan sebagai jalur alternatif atau bypass di sekitar isolasi. Arrester menyediakan lintasan yang mudah dilalui oleh arus petir atau kilat, dia mencegah terjadinya tegangan terlalu tinggi pada peralatan tersebut. Selama operasi normal, Arrester berfungsi sebagai isolator, tetapi saat sinar matahari muncul, dia berfungsi sebagai konduktor, memungkinkan dia untuk melewatkan aliran arus yang tinggi. Jalan pintas harus dirancang, sehingga tidak mengganggu aliran arus daya sistem 50 Hz.

Meskipun demikian, Arrester terkadang ditempatkan jauh dari peralatan transformator yang dilindungi untuk memberikan area perlindungan tinggi. Besarnya tegangan yang mencapai transformator yang dilindungi berpengaruh pada jarak antara pelindung lonjakan arus serta transformator tersebut. Apabila jarak dari arrester terlalu jauh, tegangan mencapai transformator bisa melampaui tegangan yang ditahannya. Sedangkan jarak maksimum, diperbolehkan antara pelindung lonjakan arus dan peralatan yang terlindungi.

Studi ini ditulis oleh Fajri Nugroho[4]. Sasaran dari penelitian ini yaitu agar bisa mengevaluasi kinerja Lightning Arrester sehingga kinerjanya tetap optimal supaya terlindungi dari transformator daya dari gangguan surja petir yang terjadi pada Gardu Induk 150 kV Palur. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa meskipun jarak pemasangan Arrester di lapangan adalah 3 meter, namun jarak maksimum penangkal petir pada kompartemen transformator 1 ialah 22,5 meter. Oleh sebab itu, Arrester masih mampu melindungi transformator, karena jarak maksimalnya masih kecil.  $V_{max}$  yang diterima Arrester adalah 650 kV, setara dengan jumlah TID transformator, sehingga Arrester Petir masih dapat melindungi Transformator dari gangguan sambaran petir.

Sambaran petir dapat menghasilkan tegangan dan gelombang perjalanan yang berbahaya. IEC mengklasifikasikan gelombang lonjakan petir sebagai gelombang tegangan berlebih tipe 1,2/50  $\mu$ s sebagai gelombang eksponensial ganda[5]. Berdasarkan SPLN-7, pada tahun 1978, jarak antara arrester dan transformator untuk sistem sirkuit ganda dengan tegangan 150 kV adalah 80 m, sedangkan jarak satu sirkuit adalah setengahnya. Tujuan menempatkan surge arrester sedekat mungkin dengan perangkat yang dilindungi supaya bisa meminimalisir

tegangan impuls menyebar pada kawat yang menghubungkan surge arrester ke peralatan yang dilindungi[6].

Dari beberapa kasus yang telah dijelaskan sebelumnya, penulis melakukan analisis jarak perlindungan dari surge arrester di Gardu Induk 150 kV Sukolilo. Hasil diskusi dan penyelidikan lapangan dapat digunakan sebagai referensi untuk menentukan jenis penangkal petir yang akan digunakan dan diharapkan dapat diterapkan pada gardu lain. Peningkatan tegangan pada transformator daya dan tegangan debit pada surge arrester adalah beberapa analisis yang akan dipertimbangkan saat menentukan jarak perlindungan.

## METODE

Analisis kemampuan *Lightning Arrester* yang dimulai dari studi literatur, setelah melakukan studi literatur selanjutnya yaitu melakukan pengumpulan data spesifikasi transformator dan *LA* yang akan dilakukan di GI Sukolilo, setelah data terkumpul dapat dilakukan tahap selanjutnya yaitu menganalisis data dengan menghitung jarak penempatan *LA*. Setelah melakukan perhitungan hasil perhitungan dapat dibandingkan dengan SPLN yang tersedia. Setelah hasil dirasa sudah benar selanjutnya dapat menarik kesimpulan dan memberikan saran.

### Tegangan Sistem Maksimum

Tegangan bolak-balik tertinggi yang dapat diterima di terminal arrester petir disebut peringkat tegangan arrester. Ini karena tegangan ini dapat mematahkan arus setelah (arus mengikuti daya) percikan api arrester petir. Menentukan tegangan ini membantu mengetahui tegangan tertinggi yang dapat dihasilkan oleh gardu. Dalam kebanyakan kasus,  $V$  sistem tertinggi dianggap 110% dari tegangan sistem nominal. Persamaan berikut dapat digunakan untuk menghitung nilai  $V$  Sistem Max[7].

$$V \text{ Sistem Maksimum} = V \text{ Nominal} \times 110\% \quad 2.1$$

Diketahui:

$V$  nominal = Tegangan nominal arrester

110% = Faktor toleransi

### Tegangan Pengenal Arrester

Sistem Maksimum yang mungkin dapat digunakan untuk menentukan peringkat arrester surge rated, juga dikenal sebagai tegangan pengenal arrester. Tingkat perlindungan arrester ditentukan oleh tegangan yang dinilai arrester. Faktor keselamatan terbaik untuk peralatan dapat dicapai jika tegangan kerja arrester berada di bawah Tingkat Insulasi Dasar (BIL) peralatan yang dilindungi. Persamaan berikut dapat digunakan untuk menghitung tegangan rated arrester atau tegangan dasar arrester [7].

$$V_{\text{Pengenal Arrester}} = V_{\text{Sistem Maksimum}} \times 0,8 \quad 2.2$$

Diketahui:

0,8 = Nilai koefisien pembumian

### Arus Pelepasan Arrester

Kemudian, menghitung Arus Pelepasan Arrester. Namun, harus mengetahui nilai Tegangan Puncak Arrester dan Impedansi Kawat terlebih dahulu dengan menggunakan persamaan[8].

Tegangan Puncak:

$$V_{\text{Puncak}} = 1,2 \times \text{TID Saluran} \quad 2.3$$

Diketahui:

TID Saluran = Tingkat isolasi dasar isolator

1,2 = Puncak tegangan surja

Impedansi Kawat:

$$Z_s = 60 \ln \frac{2h}{r} \quad 2.4$$

Diketahui:

h = Tinggi kawat penghantar

r = Jari - jari kawat konduktor

Setelah mengetahui nilai impedansi kawat, gunakan persamaan untuk menghitung arus pelepasan arrester:

$$I_a = \frac{2U_{d-E_a}}{Z_s} \quad 2.5$$

Diketahui:

$U_d$  = Tegangan puncak

$E_a$  = Tegangan kerja

$Z_s$  = Impedansi kawat

### Tingkat Perlindungan Arrester

Selanjutnya dilanjutkan dengan menentukan Faktor proteksi Arrester, namun terlebih dahulu perlu mengetahui apa Tingkat perlindungannya. Agar dapat menentukan Tingkat Perlindungan Arrester memakai persamaan[4]:

$$T_p = E_a \times 110\% \quad 2.6$$

Diketahui;

$E_a$  = Tegangan kerja

110% = Faktor toleransi

## Faktor Perlindungan

Harga puncak tegangan yang terjadi pada terminal arrester saat kondisi kerja saat arus surja disalurkan ke tanah adalah faktor tingkat perlindungan arrester. Harga tegangan arrester dan impuls biasanya disebut sebagai faktor tingkat perlindungan. Harga biasanya sepuluh persen lebih tinggi dari tegangan pelepasan arrester untuk melindungi peralatan yang akan dilindungi oleh arrester[8]. Faktor perlindungan dapat ditentukan menggunakan persamaan berikut:

$$Fp = \frac{TID\ Trafo - Tp}{TID\ Trafo} \times 100\% \quad 2.7$$

Diketahui:

$Tp$  = Tingkat perlindungan

## Jarak Maksimal

Selanjutnya menentukan jarak Optimum Penempatan Arrester dengan transformator menggunakan persamaan berikut[4]:

$$S = \frac{E_p - E_a}{2 \cdot A} \times v \quad 2.8$$

Diketahui:

$S$  = Jarak maksimal arrester

$E_p$  = TID transformator

$E_a$  = Tegangan kerja arrester

$A$  = Kecuraman gelombang datang

$v$  = Kecepatan rambat gelombang

## Tegangan Maksimum

Setelah mendapatkan nilai jarak penempatan yang ideal, langkah terakhir adalah menghitung tegangan maksimal yang didapat oleh transformator. Ini dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut[4]:

$$E_p = E_a + \frac{2 \cdot A \cdot S}{v} \quad 2.9$$

Diketahui;

$S$  = Jarak maksimal arrester

$E_p$  = TID transformator

$E_a$  = Tegangan kerja arrester

$A$  = Kecuraman gelombang datang

$v$  = Kecepatan rambat gelombang

Setelah melakukan semua perhitungan diatas, Langkah selanjutnya ialah menarik Kesimpulan dari observasi tersebut.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian penelitian tentang analisis jarak optimum penempatan LA yang dimulai dari studi literatur, setelah melakukan studi literatur selanjutnya yaitu melakukan pengumpulan data spesifikasi transformator dan LA yang akan dilakukan di GI Sukolilo, setelah data terkumpul

dapat dilakukan tahap selanjutnya yaitu menganalisis data dengan menghitung jarak optimum penempatan LA. Setelah melakukan perhitungan hasil perhitungan dapat dibandingkan dengan SPLN yang tersedia.

### Tabel Data Transformator Daya, Lightning Arrester, Kabel Transmisi, dan Karakteristik Lightning Arrester

Transformator yang terdapat pada GI Sukolilo menggunakan type SFZ – 60000/150 buatan dari PT. XD SAKTI INDONESIA, transformator ini memiliki dengan daya 60.000 kVa dan tegangan primer yang cukup tinggi yaitu 150 kV dengan frekuensi 50 Hz. Menggunakan LA merk SORESTER dengan type ZSE – C1, tegangan nominal dari LA tersebut yaitu 150 kV dan arus nominal 10 kA dengan frekuensi 50 Hz

**Tabel 1.** Data Transformator pada Gardu Induk Sukolilo

Parameter	Spesifikasi
Kapasitas Transformator	60 MVA
Tegangan Primer	150 kV
Tegangan Sekunder	20 kV
(TID)	650 kV
Frekuensi	50 Hz

**Tabel 2.** Data Lightning Arrester pada Gardu Induk Sukolilo

Parameter	Spesifikasi
Kapasitas Transformator	60 MVA
Tegangan Primer	150 kV
Tegangan Sekunder	20 kV
(TID)	650 kV
Frekuensi	50 Hz

Jenis kawat penghantar yang digunakan pada Menara SUTT 150 kV adalah tipe ACSR (Alluminium Conductor Steel-Reinforced)  $340/30 \text{ mm}^2$ , berdiameter 25 mm, dengan tinggi kawat penghantar paling atas 53 m.

**Tabel 3.** Data Kabel Transmisi pada Gardu Induk Sukolilo

Parameter	Spesifikasi
Tipe	ACSR
Ukuran	$340/30 \text{ mm}^2$
Diameter	25 mm

**Tabel 4.** Karakteristik Lightning Arrester

Rating Arrester	Kecuraman FOW	10 kA Light and Heavy Duty and 5 kA Series A	
		STD (kV)	FOW (kV)
		peak	peak
54	450	195	224
60	500	216	250
75	625	270	310
84	700	302	347
96	790	324	371
102	830	343	394
108	870	364	418
120	940	400	463
126	980	420	483
138	1030	460	530
150	1080	500	577
174	116	570	660
186	1180	610	702

198

1200

649

746

### Tegangan Sistem Maksimum

Dengan mempertimbangkan V Sistem Max tertinggi adalah 110% dari tegangan sistem nominal. penentuan ini berfungsi untuk mengetahui V max yang diperoleh oleh gardu induk. berikut ini cara menentukan V Sistem maksimal.

$$\begin{aligned} \text{V Sistem Maksimum} &= \text{V Nominal} \times 110\% \\ &= 150 \times 110\% \\ &= 165 \text{ kV} \end{aligned}$$

### Tegangan Pengenal Arrester

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari perhitungan tegangan sistem maksimum, selanjutnya dapat menentukan nilai tegangan pengenal arrester dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} \text{V Pengenal Arrester} &= \text{V tegangan max} \times 0,8 \\ &= 165 \times 0,8 \\ &= 132 \text{ kV} \end{aligned}$$

Dengan hasil yang dihasilkan dari perhitungan tegangan pengenal arrester sejumlah 132 kV walaupun pada tabel karakteristik tidak terdapat nilai 132 kV, oleh sebab itu angka terdekat yang dipakai yaitu 138 kV serta tabel memperoleh tegangan kerja arrester ( $E_a$ ) yaitu 460 kV. (Dapat dilihat pada tabel 4 karakteristik lightning arrester).

### Arus Pelepasan Arrester

Sebelum menentukan nilai tegangan Puncak LA dan Impedansi kawat gunakan persamaan: Gardu Induk 150 kV Sukolilo memiliki jenis isolator gantung anti fog yang memiliki TID sebesar 750 kV.

Tegangan Puncak Arrester:

$$\begin{aligned} \text{V puncak} &= 1,2 \times \text{TID Saluran} \\ &= 1,2 \times 750 \text{ kV} \\ &= 900 \text{ kV} \end{aligned}$$

Impedansi Kawat:

$$Z_s = 60 \ln \frac{2h}{r}$$

Diketahui:

$$\begin{aligned} Z_s &= \text{Impedansi kawat} \\ h &= \text{Tinggi kawat penghantar (53 m)} \\ r &= \text{Jari – jari konduktor kawat } \left( \frac{d}{2} \right) \\ r &= \frac{25}{2} \\ &= 12,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Dengan demikian,



$$\begin{aligned} Z_s &= 60In \frac{2 \times 53}{12,5 \times 10^{-2}} \\ &= 404 \Omega \end{aligned}$$

Arus Pelepasan Arrester:

Dengan menetapkan Arus pelepasan arrester sehingga bisa menentukan pula kelas dari arrester tersebut. Dibawah ini adalah persamaannya:

$$I_a = \frac{2U_{d-E_a}}{Z_s}$$

Diketahui:

$$U_d = \text{Tegangan puncak} = 900 \text{ kV}$$

$$E_a = \text{Tegangan kerja} = 460 \text{ kV}$$

$$Z_s = \text{Impedansi kawat} = 404 \Omega$$

Maka:

$$\begin{aligned} I_a &= \frac{2 \times 900 - 460}{404} \\ &= 3,3 \text{ kA} \end{aligned}$$

Dengan hasil arus arrester 3,3 kA, kelas arus 10 kA adalah pilihan yang tepat.

### Faktor Perlindungan

Selanjutnya, sebelum mencari faktor perlindungan penahanan, perlu diketahui tingkat perlindungan penahanan terlebih dahulu. Tingkat perlindungan penahanan dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned} T_p &= E_a \times 110\% \\ &= 460 \times 1,1 \\ &= 506 \text{ kV} \end{aligned}$$

Jadi faktor perlindungan dapat ditentukan melalui persamaan dibawah ini:

$$F_p = \frac{TID \text{ Trafo} - T_p}{TID \text{ Trafo}} \times 100\%$$

Diketahui:

$$TID \text{ transformator} = 650 \text{ kV}$$

$$TP = 506 \text{ kV}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} F_p &= \frac{650 - 506}{650} \times 100\% \\ &= 0,2 \times 100\% \\ &= 20\% \end{aligned}$$

### Jarak Maksimal

Terdapat berbagai informasi penting perlu dicermati, misalnya Tegangan Kerja Arrester, Kecuraman Gelombang Datang, dan Kecepatan Rambat Gelombang, diperlukan dalam

menentukan jarak terbaik antara arrester dan transformator dilindungi. Dalam perhitungan ini, diasumsikan nilai (A) adalah 1000 kV/ $\mu$  dan (v) adalah 300 m/ $\mu$ , selanjutnya, jarak terbaik dapat ditentukan menggunakan persamaan yang akan dijelaskan sebagai berikut:

$$S = \frac{E_p - E_a}{2 \cdot A} \times v$$

Diketahui:

- S = Jarak maksimal arrester (m)
- $E_p$  = TID transformator (650 kV)
- $E_a$  = Tegangan kerja arrester (460 kV)
- A = 1000 kV/ $\mu$
- v = 300m/ $\mu$

Sehingga,

$$S = \frac{650 - 460}{2 \cdot 1000} \times 300$$

$$S = \frac{190}{2000} \times 300$$

$$S = 0,095 \times 300$$

$$S = 28,5\text{m}$$

Didapat hasil yaitu jarak maksimum penempatan antara arrester dan transformator sejauh 28,5 m, sedangkan jarak yang terpasang sejauh 21,9m. Lalu jarak yang terpasang dalam kategori aman.

### Tegangan Maksimum

Setelah mendapatkan hasil tentang jarak penempatan yang ideal, langkah terakhir adalah menghitung tegangan maksimal yang dapat diterima oleh transformator. Ini dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut:

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

Diketahui:

- S = Jarak maksimal arrester (m)
- $E_p$  = TID transformator 650 kV
- $E_a$  = Tegangan kerja arrester 460 kV
- A = Kecuraman gelombang datang 1000 kV/ $\mu$
- v = Kecepatan rambat gelombang 300m/ $\mu$

Sehingga,

$$E_p = 460 + \frac{2 \cdot 1000 \cdot 28,5}{300}$$

$$= 460 + \frac{57000}{300}$$

$$= 460 + 190$$

= 650 kV

Menurut perhitungan di atas, V max yang dapat diterima adalah 650 kV, yang sama dengan nilai TID transformator.

## KESIMPULAN

Dengan kelas arus 10 kA, arus yang mengalir ke Arrester transformator ialah 3,3 kA, menurut perhitungan yang dilakukan. Presentase faktor perlindungan sebesar 20%. Lightning Arrester dan Transformator yang terlindungi dapat ditempatkan pada jarak maksimal 28,5 m, tetapi jarak dilapangan hanya 21,9 m, jauh dibawah jarak maksimal. Tegangan maksimal dapat diterima yaitu 650 kV, yang sepadan dengan TID Transformator. Dari perhitungan diatas jarak yang terpasang dengan jarak hasil perhitungan tergolong masih aman. Jika dibandingkan dengan SPLN 7: 1978 No 32 Pasal 4 tentang Pemilihan dan Pemasangan Penangkap Petir yaitu untuk penangkap petir kelas 150kV jarak antara penangkap petir dengan transformator hanya 80 m.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis ingin menyampaikan apresiasi dan ucapan terima kasih kepada semua yang berkontribusi dan terlibat dalam penelitian ini. Ucapan terimakasih khusus diberikan kepada PT. PLN (Persero) atas izin yang diberikan dapat melaksanakan penelitian ini. Tak lupa, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing serta rekan-rekan dimana senantiasa memberikan dukungan selama proses penelitian berlangsung.

## DAFTAR PUSTAKA

- R. S. W. Widagdo and A. H. A. Andriawan, "Analysis of Losses Due to Load Unbalance in a 2000 kVA Transformer at Supermall Mansion 2 Tower Tanglin Surabaya," *J. Eng. Sci. Res.*, vol. 5, no. 2, pp. 78–84, 2023, doi: 10.23960/jesr.v5i2.144.
- R. S. Widagdo and A. H. Andriawan, "Prediction of Age Loss on 160 KVA Transformer PT. PLN ULP Kenjeran Surabaya using The Linear Regression Method," *J. Ris. Rekayasa Elektro*, vol. 5, no. 2, p. 83, 2023, doi: 10.30595/jrre.v5i2.18140.
- Marlanfar, Yusmartato, Yusniati, and Z. Pelawi, "Analisa Penempatan Lightning Arester Pada Gardu Induk Tanjung Morawa," *Bul. Utama Tek.*, vol. 15, no. 3, pp. 229–233, 2020.
- T. Daya and D. I. Gardu, "ANALISA KEMAMPUAN LIGHTNING ARRESTER PADA GARDU INDUK 150 KV PALUR," 2023.
- J. Manihuruk, T. Simorangkir, and N. L. Sitanggang, "Studi Kemampuan Arrester Untuk Pengaman Transformator Pada Gardu Induk Tanjung Morawa 150 KV," *J. ELPOTECS*, vol. 4, no. 1, pp. 16–25, 2021, doi: 10.51622/elpotecs.v4i1.447.
- 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.
- H. Y. Wirawan, M. S. Al -Amin, and Emidiana, "Kemampuan Arrester Sebagai Pengaman

Transformator Di PT. PLN (Persero) Gardu Induk Keramasan,” *Tekno*, vol. 18, no. 1, pp. 72-78, 2021.

D. Kurniawan, “Analisa Optimasi Penentuan Letak Optimum Lightning Arrester Pada Gardu Induk Wonogiri 150 Kv,” pp. 1-18, 2018.