

SKRIPSI
PENGARUH KAPASITAS TRANSFORMATOR DAYA DAN JARAK
ARRESTER TERHADAP NILAI TEGANGAN PERCIK ARRESTER



Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar
Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Palembang

Dipersiapkan dan Disusun Oleh :

RAHMAD SEPTIAJI
132017070

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
2021

SKRIPSI
PENGARUH KAPASITAS TRANSFORMATOR DAYA DAN JARAK
ARRESTER TERHADAP NILAI TEGANGAN PERCIK ARRESTER



Merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana
Telah dipertahankan di depan dewan
19 Agustus 2021

Dipersiapkan dan Disusun Oleh
RAHMAD SEPTIAJI
132017070

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
2021

SKRIPSI
PENGARUH KAPASITAS TRANSFORMATOR DAYA DAN JARAK
ARRESTER TERHADAP NILAI TEGANGAN PERCIK ARRESTER



Merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana
Telah dipertahankan di depan dewan
19 Agustus 2021

Dipersiapkan dan Disusun Oleh
RAHMAD SEPTIAJI
132017070

Susunan Dewan Penguji

Pembimbing 1

Wiwin.A.Oktaviani.S.T.,M.Sc
NIDN. 0002107302

Pembimbing 2

Taufik Barlian,S.T.,M.Eng
NIDN. 0218017202

Penguji 1

Sofiah,S.T.,M.T
NIDN. 0209047302

Penguji 2

Erliza Yuniarti,S.T.,M.Eng
NIDN. 0230066901

Menyetujui
Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. Kgs. Ahmad Roni,M.T.,IPM
NIDN. 0227077004

Mengetahui
Program Studi Teknik Elektro

Taufik Barlian,S.T.,M.Eng
NIDN. 0218017202

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan di dalam daftar pustaka.

19 Agustus 2021

Yang membuat pernyataan



Rahmad Septiaji

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai kesanggupannya.”

(QS. Al-Baqarah 286)

“Dua musuh terbesar kesuksesan adalah penundaan dan alasan”

(Anonim)

PERSEMBAHAN

Kupersembahkan untuk :

- Ayahanda (Dadang) dan Ibunda (Titin) tercinta yang telah memberikan dukungan moril maupun materi serta do'a yang tiada henti untuk keberhasilan dan kesuksesanku.
- Kakaku (Faisal, Budi, Heru) yang kusayangi yang selalu memberikan semangat, motivasi dan doa yang tiada hentihentinya kepadaku.
- Teman-teman seperjuangan.
- Almamaterku tercinta yang aku banggakan.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“PENGARUH KAPASITAS TRANSFORMATOR DAYA DAN JARAK ARRESTER TERHADAP NILAI TEGANGAN PERCIK ARRESTER”** yang disusun guna untuk syarat mendapatkan gelar sarjana pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Pada kesempatan ini penulis secara khusus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada,

- Ibu Wiwin A. Oktaviani S.T., M.Sc, selaku Pembimbing I
- Bapak Taufik Barlian S.T., M.Eng, selaku Pembimbing II

dan tak lupa pula penulis mengucapkan terima kasih kepada,

1. Kedua orang tua, ayahanda Dadang dan ibunda Titin beserta Kakak-Kakakku terutama Faisal yang telah memberikan dukungan baik berupa moril maupun material serta doa yang tiada henti-hentinya.
2. Bapak Dr. Abid Djazuli, S.E., M.M, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang
3. Bapak Dr. Ir. Kgs Ahmad Roni, M.T. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
4. Bapak Taufik Barlian, S.T., M.Eng, Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
5. Bapak dan Ibu Staf Dosen pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
6. Kepada PT. PLN (PERSERO) khususnya Gardu Induk Talang Ratu
7. Sahabat seperjuangan dalam menyelesaikan skripsi ini, Romi, Nabillah yang telah berjuang bersama-sama dalam menyelesaikan skripsi ini
8. Sahabatku Cingcing dan Erika yang sudah memberikan dukungan semangat dan do'a dalam membuat skripsi ini.

9. Sepupuku Fitri yang sudah membantu saya dan menemani saya dalam membuat skripsi ini.
10. Bapak dan Ibu Staf Tata Usaha pada Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Palembang.
11. Rekan-rekan Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro angkatan 2017 Universitas Muhammadiyah Palembang dan semua pihak yang banyak membantu penyusunan skripsi ini.
12. *Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having me days off, I wanna thank me for never quitting for just being me at all times. (Snoop Dogg)*

Yang telah banyak membantu penulis baik secara moril maupun material dalam menyelesaikan skripsi ini, semoga amal baik yang diberikan kepada penulis mendapatkan imbalan yang sesuai dari Allah SWT. Penulis menyadari penulisan skripsi ini jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran dari pembaca akan penulis terima sangat senang hati. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis sendiri dan umumnya bagi rekan-rekan pembaca di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Palembang, 19 Agustus 2021

Penulis,

Rahmad Septiaji

ABSTRAK

Kemampuan setiap gardu induk untuk menahan surja petir dan tegangan lebih mempengaruhi distribusi daya sistem tenaga. Untuk membuat operasi terbaik dari gardu induk, perlu dipasang *Arrester* yang digunakan untuk melindungi trafo di setiap gardu induk dari tegangan lebih yang disebabkan oleh surja petir. Pada penelitian ini pengaruh kapasitas terhadap jarak penempatan *Arrester* dibahas trafo 30 MVA dan 60 MVA. Metode optimasi *Lagrange* digunakan untuk menentukan jarak optimum *Arrester* dengan trafo daya. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa pada trafo berkapasitas 60 MVA, tegangan percik *Arrester* terjadi pada $t = 20$ mikrodetik dengan penurunan tegangan sebesar 390,49 kV. Sedangkan pada trafo berkapasitas 30 MVA waktu percik *Arrester* pada $t = 13,9$ mikrodetik dengan penurunan tegangan sebesar 266,3 kV. Hal ini menunjukkan kapasitas trafo mempengaruhi besaran tegangan percik *Arrester* dan waktu perciknya. Dengan demikian semakin kecil kapasitas trafo maka waktu percik *Arrester* akan semakin kecil begitu juga dengan besar penurunan tegangannya.

Kata kunci : *Arrester*, Matlab, Tegangan percik, dan Transformator, Metode *Lagrange*.

ABSTRACT

The ability of each substation to withstand lightning surges and overvoltages affects the power distribution of the power system. To make the best operation of the substations, it is necessary to install Arresters which are used to protect the transformers in each substation from overvoltage caused by lightning surges. In this study, the effect of capacity on the distance of Arrester placement is discussed for 30 MVA and 60 MVA transformers. Lagrange optimization method is used to determine the optimum distance between Arresters and power transformers. The calculation results show that in a transformer with a capacity of 60 MVA, the spark Arrester voltage occurs at $t = 20$ microseconds with a voltage drop of 390.49 kV. While the transformer with a capacity of 30 MVA Arrester spark time at $t = 13.9$ microseconds with a voltage drop of 266.3 kV. This shows that the capacity of the transformer affects the magnitude of the Arrester spark voltage and the spark time. Thus the smaller the transformer capacity, the smaller the Arrester spark time as well as the large voltage drop.

Keywords: *Arrester, Matlab, Splashing Voltage, and Transformer, Lagrange Method*

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
HALAMAN MOTO DAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat Penelitian	2
1.6 Metode Penelitian	3
1.7 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Gardu Induk.....	5
2.1.1 Pengertian Gardu Induk.....	5
2.1.2 Komponen Gardu Induk	6
2.1.3 Perlindungan Gardu Induk.....	7
2.2 Transformator	7
2.2.1 Transformator Tenaga (daya)	8
2.2.2 Transformator Arus (instrumen)	8
2.3 Tegangan Lebih.....	8

2.3.1 Penyebab Terjadinya Tegangan Lebih	8
2.3.2 Gelombang Berjalan (<i>Traveling Wave</i>).....	9
2.3.3 Bentuk Gelombang Berjalan.....	9
2.3.4 Kecuraman Gelombang (<i>Steepness</i>)	10
2.3.5 Kecepatan Merambat Gelombang	10
2.3.6 Impedansi Surja.....	10
2.4 <i>Lightning Arrester</i>	11
2.4.1 Prinsip Kerja <i>Lightning Arrester</i>	11
2.4.2. Jenis-jenis <i>Arrester</i>	11
2.4.3 Karakteristik <i>Arrester</i>	15
2.4.4 Bagian- bagian <i>Arrester</i>	15
2.5 Teori Perhitungan Jarak Maksimum <i>Arrester</i> dengan Transformator	16
2.5.1 Teori Perhitungan Jarak Menggunakan Metode Pengali Lagrange.....	17
BAB 3 METODE PENELITIAN	19
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	19
3.2 Tahapan Penelitian	19
3.3 Diagram Flow Chart	20
3.4 Jadwal Penelitian dan Tempat Penelitian	20
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	22
4.1 Data.....	22
4.2 Perhitungan.....	23
4.2.1 Perhitungan Gardu Induk Talang Ratu.....	23
4.2.2 Perhitungan Gardu Induk Keramasan	31
4.2.3 Perhitungan Gardu Induk Simpang Tiga Indralaya.....	37
4.2.4 Perhitungan Gardu Induk Boom Baru	45
4.3 Perbandingan Data Gardu Induk	51
4.4 Analisa	52
BAB 5 PENUTUP	54
5.1 Kesimpulan	54

5.2 Saran	54
-----------------	----

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2. 1 Diagram Garis Sistem Tenaga Listrik Interkoneksi	6
Gambar 2. 2 Gelombang Berjalan dan Proteksi	9
Gambar 2. 3 <i>Arrester</i> Jenis Ekspulsi	12
Gambar 2. 4 <i>Arrester</i> Katup.....	13
Gambar 2. 5 Konstruksi <i>Arrester</i> logam oksida.....	13
Gambar 2. 6 <i>Arrester</i> Katup Jenis Gardu.....	14
Gambar 2. 7 <i>Arrester</i> Katup Jenis Saluran.....	14
Gambar 2. 8 <i>Arrester</i> Katup Jenis Distribusi untuk Mesin – Mesin	15
Gambar 2. 9 Bagian – bagian <i>Arrester</i>	16
Gambar 2. 10 Jarak <i>Arrester</i> dan Transformator.....	17
Gambar 3. 1 Diagram Flow Chart	20
Gambar 4. 1 Korelasi jarak <i>Arrester</i> dengan trafo terhadap tegangan percik Gardu Induk Talang Ratu.....	25
Gambar 4. 2 Variasi jarak terhadap tegangan percik (E_a) pada Gardu induk Talang Ratu	27
Gambar 4. 3 Grafik tegangan sebelum <i>Arrester</i> di tempatkan Gardu Induk Talang Ratu	28
Gambar 4. 4 Grafik tegangan sesaat <i>Arrester</i> sebelum memercik Gardu Induk Talang Ratu	29
Gambar 4. 5 Grafik penurunan tegangan setelah <i>Arrester</i> terpasang Gardu Induk Talang Ratu	30
Gambar 4. 6 Kolerasi jarak <i>Arrester</i> dengan trafo terhadap tegangan percik Gardu Induk Keramasan	32
Gambar 4. 7 Variasi jarak terhadap tegangan percik (E_a) pada Gardu Induk Keramasan.....	33
Gambar 4. 8 Grafik tegangan sebelum <i>Arrester</i> di tempatkan Gardu Induk Keramasan.....	35

Gambar 4. 9	Grafik tegangan sesaat <i>Arrester</i> sebelum memercik Gardu Induk Keramasan.....	36
Gambar 4. 10	Grafik penurunan tegangan setelah <i>Arrester</i> di tempatkan Gardu Induk Keramasan	37
Gambar 4. 11	Kolerasi jarak <i>Arrester</i> dengan trafo terhadap tegangan percik Gardu Induk Simpang Tiga Indralaya	39
Gambar 4. 12	Variasi jarak terhadap tegangan percik (E_a) pada Gardu Induk Simpang Tiga Indralaya.....	40
Gambar 4. 13	Grafik tegangan sebelum <i>Arrester</i> di tempatkan Gardu Induk Simpang Tiga Indralaya.....	42
Gambar 4. 14	Grafik tegangan sesaat <i>Arrester</i> sebelum memercik Gardu Induk Simpang Tiga Indralaya	43
Gambar 4. 15	Grafik penurunan tegangan setelah arresrer di tempatkan GI Simpang Tiga Indralaya.....	44
Gambar 4. 16	Kolerasi jarak <i>Arrester</i> dengan trafo terhadap tegangan percik Gardu Induk Boom Baru	46
Gambar 4. 17	Variasi jarak terhadap tegangan percik (E_a) Gardu Induk Boom Baru	48
Gambar 4. 18	Grafik tegangan sebelum <i>Arrester</i> di tempatkan GI Boom Baru	49
Gambar 4. 19	Grafik tegangan sesaat <i>Arrester</i> sebelum memercik GI Boom Baru	50
Gambar 4. 20	Grafik penurunan tegangan setelah <i>Arrester</i> terpasang GI Boom Baru.....	52

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3. 1 Rencana Kerja	21
Tabel 4. 1 Parameter-parameter peralatan dan tegangan induksi Gardu Induk.....	22
Tabel 4. 2 Perbandingan Data Gardu Induk.....	52

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT. PLN (Persero) Sumatera Selatan merupakan bagian dari unit kerja yang mengemban tugas melaksanakan penyediaan dan pelayanan tenaga listrik di Kota Palembang khususnya Sumatera bagian Selatan. Sebagai sumber kebutuhan energy listrik, semakin penting mengingat keterbatasan sumber energi primer disamping usaha difersitas energi.

Gardu induk adalah bagian dari sistem kelistrikan yang mempunyai peranan mentransformasikan daya dari 150 kV menjadi 20 kV yang akan disalurkan kepada konsumen. Sistem penyaluran tenaga listrik pasti akan mengalami gangguan, terutama gangguan alam. Antara lain yaitu gangguan pada saluran transmisi yang disebabkan oleh petir dan gangguan lainnya. Oleh sebab itu dibutuhkan suatu sistem proteksi untuk mencegah terjadinya gangguan. Salah satu peralatan proteksinya adalah *Lightning Arrester* bertujuan untuk melindungi peralatan listrik pada gardu induk dari tegangan surja baik surja hubung maupun surja petir. (PT. PLN (PERSERO), 2014)

Penekanan *Arrester* sangat penting diperhatikan agar sesuai dengan kebutuhan dari sistem tersebut sehingga *Arrester* sesuai dengan tugasnya. Penempatan *Arrester* terhadap objek yang diproteksi (transformator daya) berpengaruh terhadap kualitas perlindungannya. Jarak maksimum *Arrester* terhadap transformator agar proteksi tersebut efektif. (Hajar, 2017)

Sambaran petir akan menimbulkan tegangan lebih yang tinggi melebihi kemampuan isolasi trafo sehingga dapat menyebabkan kerusakan isolasi yang fatal. Oleh karena itu penulis ingin menganalisa pengaruh kapasitas transformator daya dan jarak *Arrester* terhadap nilai tegangan percik *Arrester*.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun permasalahan utama yang di bahas dalam skripsi ini adalah

1. Bagaimana menentukan perhitungan optimasi jarak antara *Arrester* dan *transformator* pada Gardu Induk menggunakan metode pengali *lagrange*
2. Bagaimana menentukan variasi jarak terhadap pemotongan tegangan *lightning Arrester*
3. Bagaimana pengaruh kapasitas transformator daya terhadap nilai tegangan percik *Arrester*
4. Bagaimana pengaruh variasi jarak terhadap nilai tegangan percik *Arrester*.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam skripsi ini adalah

1. Untuk mendapatkan sistem penempatan *Arrester* yang optimum pada gardu induk (GI) menggunakan metode pengali *lagrange*
2. Untuk mengetahui variasi jarak pemotongan tegangan *Lightning Arrester*
3. Untuk mengetahui pengaruh kapasitas transformator daya terhadap nilai tegangan percik *Arrester*.
4. Untuk mengetahui grafik perpotongan *lightning Arrester* terhadap variasi jarak dengan menggunakan MATLAB

1.4 Batasan Masalah

Dalam penulisan ini penulis membatasi hanya pada evaluasi perlindungan *Lightning Arrester* dengan mengevaluasi jarak maksimum *Arrester* pada transformator melalui perbandingan jarak yang terpasang dilapangan dan jarak yang didapat melalui analisis hubungan kapasitas trafo terhadap jarak *Arrester*. Dan juga membahas pengaruh kapasitas transformator daya serta variasi jarak terhadap nilai tegangan percik *Arrester*. Serta tidak membahas jarak maksimum *Arrester* pada peralatan-peralatan yang lain dalam Gardu Induk.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah agar dapat mengetahui perbedaan antara empat Gardu Induk sudah sesuai standar dan kriteria kebutuhan dari sistem

untuk melindungi transformator dari surja petir, sehingga perlindungan yang diberikan *Arrester* sudah optimal.

1.6 Metode Penelitian

Dalam penyusunan Skripsi ini, penulis menggunakan empat macam metode, yaitu :

1. Studi Literatur

Yaitu dengan mengumpulkan bahan-bahan dan mempelajari jurnal, artikel yang berhubungan dengan judul Skripsi dari buku-buku yang ada dipustaka maupun buku-buku panduan dari PT.PLN (Persero)

2. Studi Lapangan

Yaitu pengambilan data spesifikasi dan data parameter *Lightning Arrester* yang akan diteliti di tempat yang bersangkutan, dalam hal ini adalah PT PLN (PERSERO) Gardu Induk Talang Ratu

3. Perencanaan Program

Yaitu berupa Menginputkan parameter-parameter yang didapatkan untuk dimasukan pada formulasi perhitungan. Formulasi perhitungan ini dilakukan untuk memenuhi pemodelan sistem dan simulasi yang akan dilakukan. Berdasarkan dari formulasi perhitungan dan teori yang didapatkan dibuatlah rancangan program MATLAB

4. Metode Analisa

Yaitu melakukan pengolahan data atau perhitungan-perhitungan yang diperlukan dan disimulasikan dengan matlab

5. Kesimpulan

Tahap ini merupakan akhir dari serangkaian kegiatan penelitian. Kesimpulan yang akan diambil adalah jawaban dari simulasi dan analisa data yang telah dilakukan dan juga akan diberikan saran yang berkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan.

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika dalam penulisan Skripsi ini adalah sebagai berikut :

Bab 1. Pendahuluan

Pada bab ini menjelaskan latar belakang masalah dari penulisan Skripsi, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Batasan Masalah, Manfaat Penelitian dan Sistematika penulisan.

Bab 2. Tinjauan Pustaka

Pada Bab ini menjelaskan tentang teori-teori pendukung yang berkaitan dengan judul penelitian

Bab 3. Metode Penelitian

Pada Bab ini menjelaskan tentang metode pengumpulan data, dan tahapan-tahapan perhitungan dalam penelitian

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

Pada Bab ini menjelaskan tentang data penelitian dan hasil analisa data.

Bab 5. Kesimpulan dan Saran

Pada Bab ini menjelaskan mengenai kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini selain itu bab ini akan membahas saran sebagai masukan untuk penelitian yang berkaitan mengenai *Lightning Arrester*

DAFTAR PUSTAKA

- A.L. Orille-Fernandez, S. R. (2004). Optimizing of Surge *Arrester* Location. *International Journal of IEE Explore Transcation of Power Delivery*, Volume 19, Issue 1.
- Abdu, S. d. (2009). Analisis Gangguan Petir Akibat Sambaran Langsung Pada Saluran Transmisi Tegangan Ekstra Tinggi 500 kV. *JETri*, 8(2): 1-20.
- Alfathoni. (2018). *Pengaruh Muka Gelombang Surja Terhadap Penempatan Arrester di Gardu Induk Simpang Tiga Indralaya*. Palembang: Universitas Muhammadiyah Palembang.
- Anonim. (1978). *Pedoman pemilihan tingkat isolasi transformator dan penangkal petir*. SPLN 7. PT. PLN (Persero).
- Erhaneli, & Afriliani. (2018). Analisa Pengaruh Perilaku Petir pada Saluran Udara egangan Tinggi (SUTT) 150 kV Menggunakan Metode Burgsdorf. 7(1), 1–6.
- Fauziah, M. R. (2012). Studi Pengaruh Lokasi Pemasangan Surge *Arrester* pada Saluran Udara 150 KV terhadap Tegangan Lebih Switching. *Jurusan Teknik Elektro FTI - ITS*.
- Hajar, I. (2017). *Kajian Pemasangan Lightning Arrester Pada Sisi Hv*. Jakarta.
- Hutauruk, T. (1991). *Gelombang Berjalan dan Proteksi Surja*. Jakarta: Erlangga.
- Ibnu Hajar, E. R. (2017). Kajian Pemasangan Lightning *Arrester* Pada sisi HV Transformator Daya Unit Satu Gardu Induk Teluk Betung. *Jurnal Energi dan Kelistrikan* , Volume 9 No 2.

- Nurhaidi, R. D. (2015). Penentuan Letak Optimum *Arrester* Pada Gardu Induk 150kV Siantan Menggunakan Metode Optimasi. *Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura*, 1-8.
- Parera M. Lory, P. A. (2009). Analisis Perlindungan Transformator Distribusi Yang Efektif Terhadap Surja Petir. *Jurnal TEKNOLOGI*, volume 6 no 2 671-678.
- PT PLN (PERSERO). (2014). *Buku Pedoman Pemeliharaan Lightning Arrester*. Jakarta: KEPDIR PT PLN (PERSERO).
- Rizaldy, M. (2017). *Studi Analisis Sistem Proteksi Tegangan Lebih (Over Voltage) Menggunakan Software ATP (Analysis Transient Programme)*.
- SPLN T5.007. (2014). *Buku Panduan Pemeliharaan Primer dan Sekunder Gardu Induk*. Jakarta: KEPDIR 0520 PT. PLN (PERSERO).
- Team O & M Transmisi dan Gardu Induk PLN Pembangkit Jawa Barat dan Jakarta. (1981). *Buku Petunjuk Operasi dan Memelihara Peralatan*. Jakarta: PLN.
- Timoteus, G. T. (2017). Optimasi Jarak Maksimum Penempatan Lightning *Arrester* Sebagai Proteksi Transformator Pada Gardu Induk. *Jurnal Ilmiah*, 3 (1). 41-49.
- Tobing, L. B. (2012). *Peralatan Tegangan Tinggi, Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga.
- Oktaviani, W. A., & Romanzah, M. E. R. (2018). EVALUASI PENENTUAN JARAK *ARRESTER* DAN TRANSFORMATOR 30 MVA DENGAN METODE DIAGRAM TANGGA (LATTICE DIAGRAM METHOD) DI

GARDU INDUK BOOMBARU. *JURNAL SURYA ENERGY*, 2(2), 185–192.

Zoro, R. (1986). *Proteksi Terhadap Tegangan Lebih Pada Sistem Tenaga Listrik*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.