

**ANALIS DATA HASIL PENGUKURAN TAHANAN ISOLASI *LIGHTNING*
ARRESTER BAY PENGHANTAR 150 kV di GI MENGGALA**



SKRIPSI

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Kurikulum Pada Tingkat Sarjana Strata-1
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Tridianti Palembang**

Oleh :

RENSUS ERIKSON SILABAN

1702230510

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TRIDINANTI PALEMBANG**

2022

**ANALIS DATA HASIL PENGUKURAN TAHANAN ISOLASI *LIGHTNING*
ARRESTER BAY PENGHANTAR 150 kV di GI MENGGALA**



SKRIPSI

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Kurikulum Pada Tingkat Sarjana Strata-1
Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Tridianti Palembang**

Oleh :



**RENSUS ERIKSON SILABAN
1702230510**

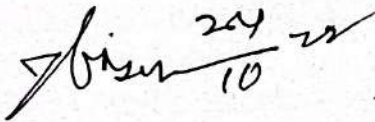
**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TRIDINANTI PALEMBANG
2022**

BALAMAN PENGESAHAN

Nama : Rensus Erikson Silaban
NPM : 1702230510
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknik
Jenjang Pendidikan : Strata – 1
Judul Skripsi : Analisi Data Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi Lightning
Arrester Bay Penghantar 150 kV di GI Menggala

Disetujui oleh :

Pembimbing I,



Ir. H. Yuslan Basir, MT.

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik,



Ir. Zulkarnain Fatoni M.T.M.M.

Pembimbing II,



Ir. H. M. Nefo Alamsyah, MM.

Palembang, Oktober 2022

Program Studi Teknik Elektro

Ketua,



M. Husni Syahbani, ST, MT.

HALAMAN PERNYATAAN

Nama Mahasiswa : Rensus Erikson Silaban
Nomor Pokok : 1702230510
No. Hp/Email : 081369049824/Erikson_silaban@gmail.com
Jenjang Pendidikan : Strata 1 (S-1)
Judul Skripsi : Analisis Data Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi *Lightning*
Arrester Bay Penghantar 150 kV di GI Menggala

Dengan ini menyatakan,

Hasil penulisan skripsi yang telah saya buat merupakan hasil karya sendiri dan benar hasilnya. Jika terdapat kata-kata dan rumusan yang sama, hal itu hanya di jadikan bahan referensi dan dimasukkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari penulisan skripsi ini adalah plagiat atau penjiplakan karya orang lain, maka saya bersedia bertanggung jawab dan menerima sanksi berdasarkan Undang – undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2003 tentang “Sistem Pendidikan Nasional” Pasal 25 Ayat 2 Pasal 70.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak terpaksa.

Palembang, Oktober 2022



Rensus Erikson Silaban

LEMBAR PERSEMBAHAN

“ Karena bagiku hidup adalah Kristus dan mati adalah keuntungan”

(Filipi 1 : 21)

“Sebab Aku ini mengetahui rancangan-rancangan apa yang ada pada-Ku mengenai kamu, demikianlah firman TUHAN, yaitu rancangan damai sejahtera dan bukan rancangan kecelakaan, untuk memberikan kepadamu hari depan yang penuh harapan”

(Yeremia 29 : 11)

“Jangan seorang pun menganggap engkau rendah karena engkau muda. Jadilah teladan bagi orang-orang percaya, dalam perkataanmu, dalam tingkah lakumu, dalam kasihmu dan dalam kesucianmu”

(1 Timotius 4:12)

Kupersembahkan :

“ Skripsi ini saya dedikasikan kepada kedua orangtua saya, Ayahanda dan Ibunda, ketulusannya dari hati atas doa yang takpernah putus,semangat yang tak ternilai,serta untuk orang-orang terdekatku yang tersayang,dan untuk almamater biru kebanggaanku”

ABSTRAK

Pengukuran tahanan isolasi pada peralatan gardu induk seperti *lightning arrester* sangat penting untuk dilakukan secara kontinyu guna menjaga keamanan dan kehandalan listrik di gardu induk, apalagi peran *lightning arrester* yang sangat penting sebagai proteksi pada peralatan utama seperti Trafo, PMT, PMS dan lainnya dari tegangan lebih akibat surja petir maupun surja hubung.

Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan antara pengukuran tahanan isolasi pada 4 tahun lalu dan pada tahun ini, data hasil pengujian tahanan isolasi ini diambil secara langsung oleh penulis dan juga data skunder dari PT.PLN (Persero) ULTG Kotabumi. Setelah data terkumpul selanjutnya di analisis dan hasilnya di jelaskan dalam tabel dan grafik. Hasil pengukuran tahanan isolasi pada awalnya baik, tetapi setelah 4 tahun berlalu pada LA bay penghantar 150 kV Gumawang 1 fasa T di terminal atas-tengah dan Gumawang 2 Fasa S di terminal bawah – ground yaitu 0.164 G Ω dan 0.97 G Ω dibawah standar PLN yaitu >1 G Ω

Setelah dilakukan pembersihan pada bagian *bushing* dan isolasi dudukan LA maka hasil yang didapat setelah dilakukan pengukuran ulang dinyatakan baik (diatas standar) yaitu 170 G Ω dan 70 G Ω walaupun hasilnya tidak sebaik pada pengukuran 4 tahun yang lalu. Hal ini bisa terjadi akibat suhu di sekitar peralatan yang lembab dan juga faktor usia peralatan itu sendiri.

Kata kunci: *lightning arrester*, tahanan isolasi, penghantar 150 kV, gardu induk, dan *megger*.

ABSTRACT

Testing of insulation resistance on substation equipment such as lightning arresters is very important to be carried out continuously in order to maintain electrical reliability at the substation, especially the very important role of lightning arresters as protection of main equipment such as transformers, PMT, PMS and others from overvoltages due to lightning surges. and surge contacts.

This research was conducted by comparing the measurement of insulation resistance 4 years ago and this year, the data from the isolation resistance test was taken directly by the author and also secondary data from PT. PLN (Persero) ULTG Kotabumi. After the data is collected, it is analyzed and the results are explained in tables and graphs. The results of the insulation resistance test were good at first, but after 4 years had passed in LA bay 150 kV Gumawang 1 phase T at the top-middle terminal and Gumawang 2 phase S at the bottom-ground terminal is $0.164 \text{ G}\Omega$ and $0.97 \text{ G}\Omega$ below the PLN standard, which is $>1 \text{ G}\Omega$.

After cleaning the bushing and bolts between the supports and the lightning arrester bushings, the results obtained after retesting are declared good (above the standard) is $170 \text{ G}\Omega$ and $70 \text{ G}\Omega$ even though the results are not as good as in the test 4 years ago, namely over load (OL). This can occur due to the temperature around the equipment which is humid and also the age of the equipment itself.

Keywords: lightning arrester, isolation resistance, conductor 150 kV, substation and megger

KATA PENGANTAR

Puji Tuhan, puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan kasih dan rahmat-Nya kepada kita, sehingga penulis masih diberikan kekuatan, pertolongan dan kebaikan-Nya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Tugas Akhir ini disusun berdasarkan data dan pengalaman yang diperoleh selama melaksanakan penelitian Tugas Akhir. Penulis di dalam menyusun laporan ini telah dibantu oleh banyak pihak. Oleh karenanya penulis menyampaikan terimakasih kepada :

1. Rektor Universitas Tridinanti Palembang.
2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Tridinanti Palembang.
3. Bapak M.Husni Syahbani, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro yang bersedia memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis dalam penyusunan skripsi.
4. Ibu Dina Fitria, ST., MT. selaku Sekertaris Program Studi Teknik Elektro yang bersedia memberikan bimbingan kepada penulis dalam penyusunan skripsi.
5. Bapak Ir. H. Yuslan Basir, M.T selaku Dosen Fakultas Teknik Universitas Tridinanti Palembang dan sebagai dosen pembimbing yang telah banyak membantu penulis dan memberikan motivasi serta pemahaman kepada penulis.

6. Bapak Ir. H. M Nefo Alamsyah, M.M selaku Dosen Teknik Elektro Universitas Tridinanti Palembang dan sebagai dosen pembimbing yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Semua Dosen dan staf Fakultas Teknik Universitas Tridinanti Palembang.
8. Bapak Rio Rona Andika selaku Manager ULTG Kotabumi dan semua staf PT.PLN (Persero) ULTG Kotabumi yang telah membantu dan mempermudah dalam proses pengumpulan data dan membuat laporan ini.
9. Orang tua dan keluarga penulis, terutama mama tercinta yang telah pergi meninggalkan penulis, terimakasih untuk jasa, perjuangan, dan doa nya selama ini, serta telah menjadi ibu yang terbaik.
10. Teman-teman mahasiswa/i Fakultas Teknik Universitas Tridinanti Palembang, yang telah memberikan bantuan dan semangat dalam penyusunan laporan ini.
11. Semua pihak yang telah terlibat serta membantu penulis dalam menyusun laporan ini.

Laporan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran untuk perbaikan karya ilmiah serupa dimasa yang akan datang.

Palembang, 21 September 2022



Rensus Erikson Silaban
NPM. 1702230510

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL LUAR	
HALAMAN SAMPUL DALAM	
HALAMAN PENGESAHAN	i
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS (BEBAS PLAGIAT)	ii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN RINGKASAN (ABSTRAK INDONESIA)	iv
HALAMAN RINGKASAN (ABSTRAK INGGRIS)	v
KATA PENGHANTAR DAN UCAPAN TERIMA KASIH	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian	3
1.4.1 Tujuan Penelitian.....	3
1.4.2 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Gardu Induk	5
2.1.1 Peralatan – peralatan Gardu Induk	6
2.2 Konsep Dasar <i>Lightning Arrester</i>	6
2.3 Pengertian <i>Lightning Arrester</i>	8
2.3.1 Bagian – Bagian Penting <i>Arrester</i>	8
2.3.2 Prinsip Kerja <i>Arrester</i>	8
2.4 Konstruksi <i>Lightning Arrester</i>	11

2.4.1	<i>Varistor / Active Part</i>	12
2.4.2	<i>Housing LA</i>	14
2.4.3	<i>Sealing dan Pressure Relief System</i>	14
2.4.4	<i>Grading Ring</i>	15
2.4.5	Peralatan Monitoring dan Isolator Dudukan	16
2.4.6	Struktur Penyangga <i>Lightning Arrester</i>	18
2.5	Jenis - Jenis <i>Lightning Arrester</i>	18
2.5.1	Berdasarkan Letak Pemasangan	19
2.6	Pedoman Pemeliharaan <i>Lightning Arrester</i>	21
2.7	Pemeliharaan <i>Lightning Arrester</i>	23
2.7.1	Pengukuran Nilai Tahanan Isolasi (<i>Megger Test</i>)	25
2.8	Hukum Ohm	27
2.8.1	Bunyi Hukum Ohm	27
2.8.2	Rumus Hukum Ohm.....	28
2.9	Nilai Arus yang Melalui Tubuh Manusia	28
BAB III METODE PENELITIAN		30
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	30
3.2	Jenis Penelitian	30
3.3	Teknik Pengumpulan Data	31
3.3.1	Observasi	31
3.3.2	Wawancara	31
3.3.3	Studi Pustaka	31
3.3.4	Bimbingan	31

3.4 Diagram Alur Penelitian	32
3.5 Kegiatan Pengukuran Tahanan Isolasi.....	33
3.5.1 Lokasi Pengukuran	33
3.5.2 Perlengkapan Pengukuran	33
3.5.3 Pelaksanaan Pengukuran	33
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	35
4.1 Data Gardu Induk Menggala	35
4.2 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi LA Bay PHT 150 kV Gumawang 1 Fasa R	35
4.3 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi LA Bay PHT 150 kV Gumawang 1 Fasa S	37
4.4 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi LA Bay PHT 150 kV Gumawang 1 Fasa T	39
4.5 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi LA Bay PHT 150 kV Gumawang 2 Fasa R	43
4.6 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi LA Bay PHT 150 kV Gumawang 2 Fasa S.....	45
4.7 Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi LA Bay PHT 150 kV Gumawang 2 Fasa T	48
4.8 Pembahasan	50
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN.....	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kegiatan dan Interval IL-3 <i>Lightning Arrester</i>	26
Tabel 4.1	Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi LA Bay PHT 150 kV Gumawang 1 Fasa R.....	41
Tabel 4.2	Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi LA Bay PHT 150 kV Gumawang 1 Fasa S	42
Tabel 4.3	Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi LA Bay PHT 150 kV Gumawang 1 Fasa T	44
Tabel 4.4	Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi LA Bay PHT 150 kV Gumawang 1 Fasa T Setelah Perbaikan	46
Tabel 4.5	Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi LA Bay PHT 150 kV Gumawang 2 Fasa R.....	47
Tabel 4.6	Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi LA Bay PHT 150 kV Gumawang 2 Fasa S	48
Tabel 4.7	Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi LA Bay PHT 150 kV Gumawang 2 Fasa S Setelah Perbaikan	50
Tabel 4.8	Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi LA Bay PHT 150 kV Gumawang 2 Fasa T	51
Tabel 4.9	Evaluasi dan Rekomendasi Pengukuran Tahanan Isolasi	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Gardu Induk Menggala.....	5
Gambar 2.2	Prinsip Kerja LA	11
Gambar 2.3	Konstruksi LA	12
Gambar 2.4	Keping Blok <i>Varistor Zinc Oxide</i>	13
Gambar 2.5	Konstruksi <i>Housing LA</i>	14
Gambar 2.6	<i>Sealing dan Pressure Relief System LA</i>	15
Gambar 2.7	<i>Grading Ring LA</i>	16
Gambar 2.8	<i>Counter LA dan Counter Meter Arus Bocor Total LA</i>	17
Gambar 2.9	Isolator Dudukan LA.....	17
Gambar 2.10	Struktur Penyangga <i>Lightning Arrester</i>	18
Gambar 2.11	<i>Arrester di GIS</i>	19
Gambar 2.12	<i>Arrester di Saluran Transmisi</i>	20
Gambar 2.13	<i>Arrester di Gardu Induk</i>	21
Gambar 2.15	Skema Pengukuran Nilai Tahanan Isolasi (<i>Megger</i>) Kompartemen di LA	27
Gambar 3.1	Diagram Alur Penelitian.....	32
Gambar 3.2	Kegiatan Pengukuran Tahanan Isolasi LA.....	34
Gambar 4.1	Gardu Induk Menggala.....	35
Gambar 4.2	Grafik Perbandingan Pengujian Tahanan Isolasi PHT 150 kV Gumawang 1 Fasa R	37
Gambar 4.3	Grafik Perbandingan Pengujian Tahanan Isolasi PHT 150 kV Gumawang 1 Fasa S	39

Gambar 4.4	Grafik Perbandingan Pengujian Tahanan Isolasi PHT 150 kV Gumawang 1 Fasa T.....	41
Gambar 4.5	Grafik Perbandingan Pengujian Tahanan Isolasi PHT 150 kV Gumawang 1 Fasa T Setelah perbaikan	42
Gambar 4.6	Grafik Perbandingan Pengujian Tahanan Isolasi PHT 150 kV Gumawang 2 Fasa R	44
Gambar 4.7	Grafik Perbandingan Pengujian Tahanan Isolasi PHT 150 kV Gumawang 2 Fasa S.....	46
Gambar 4.8	Grafik Perbandingan Pengujian Tahanan Isolasi PHT 150 kV Gumawang 2 Fasa S Setelah perbaikan	47
Gambar 4.9	Grafik Perbandingan Pengujian Tahanan Isolasi PHT 150 kV Gumawang 2 Fasa T.....	48

DAFTAR SINGKATAN

APD	: Alat Pelindung Diri
CB	: <i>Circuit Breaker</i>
CBM	: <i>Condition Based Maintenance</i>
CT	: <i>Current Transformer</i>
DC	: <i>Direct Current</i>
Dik	: Diketahui
Dit	: Ditanya
DS	: <i>Disconnecting Switch</i>
EHV	: <i>Extra High Voltage</i>
GI	: Gardu Induk
GIS	: <i>Gas Insulated Switchgear</i>
G Ohm	: Giga Ohm
HV	: <i>High Voltage</i>
IEC	: <i>International Electrotechnical Commission</i>
IL-1	: Inspeksi Level 1
IL-2	: Inspeksi Level 2
IL-3	: Inspeksi Level 3
kV	: Kilo Volt
LA	: <i>Lightning Arrester</i>
M Ohm	: Mega Ohm
NGR	: <i>Neutral Grounding Resistance</i>

PHT : Penghantar
PLN : Perusahaan Listrik Negara
PMS : Pemisah
PMT : Pemutus Tenaga
PT : *Potential Transformer*
SK DIR : Surat Keputusan Direksi
TET : Tegangan Ekstra Tinggi
ZnO : *Zinc Oxide*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Di era serba teknologi sekarang ini, listrik sudah menjadi kebutuhan pokok yang sangat penting untuk kelangsungan hidup manusia. Perusahaan yang bergerak di bidang penyaluran tenaga listrik ke seluruh wilayah di Indonesia yaitu PT.PLN (Persero) harus mampu menjaga ketersediaan dan keandalan listrik. Untuk menjaga ketersediaan listrik PT.PLN (Persero) berusaha sebaik mungkin agar listrik bisa di nikmati oleh seluruh masyarakat indonesia baik di kota maupun sampai ujung daerah terpencil sekalipun. Salah satu usaha yang dilakukan PT.PLN (Persero) untuk menjaga ketersediaan dan keandalan listrik adalah dengan melakukan pemeliharaan pada peralatan-peralatan yang menyalurkan energi listrik tersebut.

Gardu Induk (GI) merupakan instalasi yang terdiri dari sekumpulan peralatan-peralatan listrik tegangan tinggi yang menghubungkan *system* pembangkit, transmisi dan distribusi. Gardu Induk mempunyai peranan penting dalam sistem ketenagalistrikan, karena itu gardu induk sering disebut dengan ujung tombak penyaluran transmisi.

Di Gardu Induk Menggala ada beberapa Bay (terminal) yang terdiri dari bay penghantar, bay trafo dan bay kopel. Masing-masing bay tersebut terdapat beberapa peralatan utama yang memiliki fungsi yang berbeda. Peralatan utama tersebut perlu diperhatikan pemeliharaannya agar terhindar dari gangguan atau kerusakan-kerusakan yang dapat meluas ke peralatan

lainnya dan berdampak pada kinerja gardu induk dalam proses penyaluran listrik. Pemeliharaan pada masing-masing peralatan listrik tersebut memiliki perlakuan dan pengujian yang berbeda.

Pada tanggal 3 dan 4 Maret 2022 telah dilakukan pemeliharaan bay penghantar 150 kV Gumawang 1 dan Gumawang 2 di GI Menggala, pada pengukuran tahanan isolasi lightning arrester terdapat hasil pengukuran yang nilainya di bawah standar 0,164 G Ω penghantar 150 kV Gumawang 1 fasa T dan penghantar Gumawang 2 fasa S 0.97 G Ω , hal ini dapat membuat nilai arus bocor menjadi semakin besar dan jika dibiarkan hal ini akan mempengaruhi kemanan dan kehandalan system kelistrikan di GI Menggala, dari masalah tersebut maka penulis mengambil judul “Analisis Data Hasil Pengukuran Tahanan Isolasi *Lightning Arrester* Bay Penghantar 150 kV di GI Menggala”.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana tahanan isolasi pada *lightning arrester* setelah dilakukan pemeliharaan ?
2. Bagaimana peforma *lightning arrester* bay penghantar di Gardu Induk Menggala ?
3. Bagaimana cara memperbaiki nilai tahanan isolasi *lightning arrester* bay penghantar di Menggala agar memenuhi standar yang telah di tetapkan PT.PLN (Persero)?

1.3. Batasan Masalah

Dalam penyusunan tugas akhir ini terdapat batasan masalah yaitu skripsi ini hanya membahas tentang pengukuran tahanan isolasi peralatan *Lightning Arrester* Bay Penghantar 150 kV Gumawang 1 dan Gumawang 2 di PT.PLN (Persero) GI Menggala.

1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.4.1. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui perubahan nilai tahanan isolasi *lightning arrester* setelah dilakukan pemeliharaan
2. Untuk mengetahui peforma *arrester* beberapa tahun pemeliharaan
3. Untuk menjaga keamanan dan keandalan *system* kelistrikan di GI Menggala.

1.4.2. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menambah pengetahuan tentang pengukuran tahanan isolasi dan solusi apa yang harus dilakukan jika hasil tahanan isolasi mengalami perubahan di bawah standar yang telah di tetapkan oleh PT.PLN (Persero).

2. Menjadi bahan rujukan dalam memonitor nilai tahanan isolasi dan melakukan penelitian dan pengembangan lebih lanjut lagi mengenai analisa perbandingan pengukuran tahanan isolasi LA.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini dapat diuraikan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada Bab ini berisi tentang teori-teori maupun tinjauan pustaka yang mendukung topik bahasan penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang metode-metode yang digunakan dalam proses penyusunan skripsi ini.

BAB IV Pembahasan

Pada bab ini berisi tentang hasil dari pengolahan data-data yang kemudian di analisis terhadap suatu permasalahan.

BAB V Penutup

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari hasil penelitian dan saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Murjana, Angga. 2020. *Hukum Ohm – Bunyi, Teori, Makalah, Rumus, Contoh Soal*. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta
- [2] Fidianti, Novia. 2018. *Skripsi: Analisa Tanah Isolasi Peralatan Utama Gardu Induk*. Jakarta: Universitas Negeri Jakarta.
- [3] MP, M Adi Nugraha. 2015. *Skripsi: Evaluasi Jarak Penempatan Arrester Terhadap Transformator Daya 30 MVA 70/20 KV Pada PT.PLN (Persero) Gardu Induk Bukit Siguntang*. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [4] Molla, Maria. Goretti. 2011. *Skripsi: Pelaksanaan Pembelajaran Fisika dengan Menggunakan Metode Inkuiri Terbimbing pada Pokok Bahasan Hukum Ohm dan Rangkaian Seri-Paralel, Efektifitas dalam hal Hasil Belajarnya, Keterlibatan dan Kendala-kendala*. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.
- [5] Anoname. 2014. *Buku pedoman pemeliharaan lightning arrester (LA)*. Jakarta Selatan: PT PLN (Persero).
- [6] Anoname. 2009. *Buku Petunjuk Batasan Operasi dan Pemeliharaan Peralatan Penyaluran Tenaga Listrik: Lightning Arrester*. Jakarta: PT PLN (Persero).
- [7] Anoname. 2019. *Materi diklat pemeliharaan trafo arus, trafo tegangan dan lightning arrester*. Semarang: PT PLN (Persero).
- [8] Anoname. 2022. E-learning, *Sistem Tenaga Listrik Saluran Transmisi*. Jakarta : PT.PLN (Persero)