

LAPORAN TUGAS AKHIR DIII

**PERBAIKAN SISTEM PENTANAHAN LIGHTNING ARRESTER
PADA GARDU KA 0059 PENYULANG CITRA LAND**



Oleh:
I Gede Loucian Cass Tanjung
NIM. 1915313049

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK LISTRIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI BALI
2022**

LAPORAN TUGAS AKHIR DIII

Diajukan Untuk Menyelesaikan Program Pendidikan Diploma III

PERBAIKAN SISTEM PENTANAHAN LIGHTNING ARRESTER PADA GARDU KA 0059 PENYULANG CITRA LAND



Oleh:

I Gede Loucian Cass Tanjung

NIM. 1915313049

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK LISTRIK

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI BALI

2022

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

**PERBAIKAN SISTEM PENTANAHAN LIGHTNING
ARRESTER PADA GARDU KA 0059 PENYULANG
CITRA LAND**

Oleh :

I Gede Loucian Cass Tanjung

NIM. 1915313049

Tugas Akhir ini Diajukan untuk

Menyelesaikan Program Pendidikan Diploma III

di

Program Studi DIII Teknik Listrik

Jurusan Teknik Elektro – Politeknik Negeri Bali

Disetujui Oleh:

Pembimbing I:



Ir. Ketut Suryawan, M.T.
NIP. 196705081994031001

Pembimbing II:



I Gusti Ketut Abasana, S.S.T., M.T.
NIP. 196802101995121001

Disahkan Oleh:
Jurusan Teknik Elektro



Ketutna
Ir. I Wayan Raka Ardana, M.T.

NIP. 196705021993031005

FORM PERNYATAAN PLAGIARISME

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : I Gede Loucian Cass Tanjung

NIM : 1915313049


Program Studi : DIII Teknik Listrik

Jurusan : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir berjudul “PERBAIKAN SISTEM PENTANAHAN LIGHTNING ARRESTER PADA GARDU KA 0059 PENYULANG CITRA LAND.” adalah betul-betul karya sendiri dan bukan menjiplak hasil karya orang lain. Hal-hal yang bukan karya saya dalam Tugas Akhir tersebut diberi tanda citasi dan ditunjukkan dalam daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan Tugas Akhir dan gelar yang saya peroleh dari Tugas Akhir tersebut.

Denpasar, 28 September 2022

Yang membuat pernyataan


Loucian Cass Tanjung
NIM. 1915313049

**LEMBAR PERNYATAAN
PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : I Gede Loucian Cass Tanjung

NIM : 1915313049

Program Studi : DIII Teknik Listrik

Jurusan : Teknik Elektro

Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Negeri Bali Hak Bebas Royalty Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul “PERBAIKAN SISTEM PENTANAHAN LIGHTNING ARRESTER PADA GARDU KA 0059 PENYULANG CITRA LAND.” beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalty Non-eksklusif ini Politeknik Negeri Bali berhak menyimpan, mengalihmedia atau mengalihformatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis / pencipta sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Denpasar, 28 September 2022

Yang membuat pernyataan



[Handwritten Signature]
Loucian Cass Tanjung
NIM. 1915313049

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini yang berjudul “ **PERBAIKAN SISTEM PENTANAHAN LIGHTNING ARRESTER PADA GARDU KA 0059 PENYULANG CITRA LAND**” dengan tepat pada waktunya.

Penyusunan Tugas Akhir ini diajukan sebagai rencana pembuatan Tugas Akhir nanti guna memenuhi salah satu persyaratan kelulusan program pendidikan Diploma III Pada Program Studi Teknik Listrik Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis banyak memperoleh bimbingan, dukungan, dan masukan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak I Nyoman Abdi, SE, M.eCom., selaku Direktur Politeknik Negeri Bali.
2. Bapak Ir. I Wayan Raka Ardana, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro di Politeknik Negeri Bali.
3. Bapak I Made Aryasa Wiryawan, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi DIII Teknik Listrik Politeknik Negeri Bali.
4. Bapak Ir. Ketut Suryawan, M.T. selaku Dosen Pembimbing I dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Bapak I Gusti Ketut Abasana, S.S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
6. Bapak / Ibu Dosen serta staf Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali.
7. Bapak Dewa Gede Eka Juniwiasa selaku Manajer PT. Pratama Sinar Utama.
8. Keluarga, teman terdekat, rekan-rekan, dan semua pihak yang telah memberikan dukungan, doa dan membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna menyempurnakan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis, mahasiswa Politeknik Negeri Bali khususnya dan pembaca pada umumnya.

Denpasar, September 2022

Penulis

ABSTRAK

I Gede Loucian Cass Tanjung

PERBAIKAN SISTEM PENTANAHAN LIGHTNING ARRESTER PADA GARDU KA 0059 PENYULANG CITRA LAND

Salah satu syarat sistem pentanahan yang baik adalah jika mempunyai nilai resistansi pentanahan yang kecil. Ada beberapa aspek yang dapat memengaruhi nilai resistansi pentanahan seperti jenis tanah, kelembapan tanah, temperatur dan kedalaman elektroda. Untuk mengurangi resistansi pentanahan dengan menggunakan bahan aditif berupa campuran arang dan garam. Pada penelitian ini variabel yang akan diteliti adalah perubahan nilai resistansi pentanahan pada masing-masing variasi. Pada variasi pertama diukur pengaruh kedalaman penanaman elektroda pentanahan pada kondisi sebelum dan sesudah ditambahkan arang dan garam terhadap nilai resistansi pentanahan. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa penambahan kedalaman penanaman elektroda dan penambahan konsentrasi Arang dan garam dapat menurunkan nilai resistansi pentanahan. Resistivitas tanah yang didapatkan juga menunjukkan penurunan dari kondisi sebelum penambahan Arang dan Garam yaitu sebesar 10.5Ω turun menjadi 2.3Ω setelah ditambahkan arang dan garam.

Kata Kunci: Tahanan pentanahan, Earth tester, Arang dan Garam.

ABSTRACT

I Gede Loucian Cass Tanjung

REPAIR OF THE LIGHTNING ARRESTER GROUND SYSTEM AT THE KA 0059 SUBSTATION FEEDER CITRA LAND

One of the requirements of a good grounding system is has a small earth resistance value. There are several things that influence the value of ground resistance such as soil type, moisture, temperature and soil depth. To reduce the earth resistance by using additives in the form of mixture of charcoal and mineral Salt. In this research the variables to be studied is the value of ground resistance changes in each variation. In the first variation measured the effect of grounding depth of earth electrode at the condition without and after added charcoal and mineral Salt to the value of ground resistance. The measurements showed that increasing the depth of electrode and the addition of charcoal and salt concentration could decrease ground resistance value. The resistivity of the soil also showed a decrease 10.5Ω decreased to 2.3Ω after added charcoal and mineral salt.

Kata Kunci: Grounding resistance, Earth tester, Charcoal and Salt.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
FORM PERNYATAAN PLAGIARISME	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	I - 1
1.1 Latar Belakang	I - 1
1.2 Permasalahan dan Batasan Masalah.....	I - 2
1.2.1 Permasalahan	I - 2
1.2.2 Batasan Masalah	I - 2
1.3 Tujuan.....	I - 2
1.4 Manfaat Penelitian.....	I - 2
1.5 Sistematika Penulisan.....	I - 3
BAB II LANDASAN TEORI	II - 1
2.1 Sistem Pengaman Jaringan Distribusi	II - 1
2.2 Petir	II - 1
2.3 Proses Terjadinya Petir.....	II - 3
2.3.1. Proses Ionisasi Petir	II - 3
2.3.2. Proses Gesekan Antar Awan.....	II - 3
2.4 Saluran Udara Tegangan Menengah	II - 4
2.5 Lightning Arrester	II - 5
2.6 Pembumian Lightning Arrester (Grounding)	II - 9
2.7 Elektroda	II - 14
2.8 Arang	II - 20
2.9 Garam	II - 20

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	III - 1
3.1 Rancangan Perbaikan Tahanan Pentanahan	III - 1
3.2 Pengukuran Pentanahan	III - 3
3.3 Pengolahan Data dan Analisa Data	III - 5
BAB IV PEMBAHASAN DAN ANALISIS	IV - 1
4.1 Tempat Dilakukannya Penelitian	IV - 1
4.2 Data Pengujian	IV - 2
4.3 Pembahasan	IV - 4
4.4 Analisa Data	IV - 6
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	V - 1
5.1 Kesimpulan.....	V - 1
5.2 Saran.....	V - 1
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN.....	

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tahanan Jenis Tanah	II - 17
Tabel 4. 1 Tabel Pengujian Arang Dan Garam Sebelum Dilakukan Perbaikan....	IV- 2
Tabel 4. 2 Tabel Data hasil percobaan Pengujian Arang Dan Garam Serta Kedalaman Elektroda	IV - 2
Tabel 4. 3 Tabel Pengujian Arang Dan Garam Sesudah Diberi Arang Dan Garam	IV - 3

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Petir	II - 2
Gambar 2. 2 Proses Terjadinya Petir	II - 3
Gambar 2. 3 Saluran Udara Tegangan Menengah.....	II - 4
Gambar 2. 4 Lightning Arrester	II - 5
Gambar 2. 5 Arrester Ekspulsi	II - 7
Gambar 2. 6 Arrester Katup.	II - 7
Gambar 2. 7 Prinsip Kerja Lightning Arrester	II - 8
Gambar 2. 8 Elektroda Batang.	II - 15
Gambar 2. 9 Elektroda Pelat	II - 15
Gambar 2. 10 Elektroda Pita	II - 16
Gambar 2. 11 Metode Pengukuran Tahanan Pentanahan Metode	II - 19
Gambar 2. 12 Metode Pengukuran Tahanan Pentanahan Metode II.....	II - 19
Gambar 2. 13 Metode Pengukuran Tahanan Pentanahan Metode III	II - 19
Gambar 2. 14 Arang Kayu	II - 20
Gambar 2. 15 Garam	II - 21
Gambar 3. 1 Jarak Elektroda Baru dengan Gardu Portal	III - 1
Gambar 3. 2 Kedalaman Lubang.....	III - 2
Gambar 3. 3 Rancangan Pemasangan Elektroda Dengan Media Arang dan Garam	III - 2
Gambar 3. 4 Rangkaian pengujian resistansi pentanahan	III - 4
Gambar 4. 1 Tata letak gardu KA 0059	IV - 1

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Hasil Pengukuran Sebelum Dilakukan nya Perbaikan	L - 1
Lampiran 2	Pengukuran Kelembaban Sebelum Dilakukan Perbaikan	L - 3
Lampiran 3	Proses Penambahan Larutan Arang dan Garam	L - 4
Lampiran 4	Hasil Pengukuran Setelah Ditambahkan Larutan Arang dan Garam	L - 6
Lampiran 5	Pengukuran Kelembaban Sesudah Dilakukan Perbaikan	L - 7

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem pentanahan yang baik adalah sistem pentanahan yang memiliki resistansi pentanahan yang kecil. Semakin kecil nilai resistansi dari grounding tersebut maka kualitas grounding semakin baik, karena arus gangguan listrik akan lebih mudah mengalir ke tanah melalui tempat yang memiliki hambatan sekecil mungkin. Untuk LA nilai standar maksimal yg diperbolehkan sesuai dengan PUIL 2000 yaitu ≤ 5 Ohm [1]. Resistivitas pada tanah dapat dipengaruhi oleh beberapa penyebab seperti jenis tanah itu sendiri, komposisi kimia pada tanah, kelembaban udara, konsentrasi garam yang terlarut dalam air pada tanah, temperatur pada tanah, kepadatan dan tekanan tanah. Dengan adanya beberapa faktor yang mempengaruhi resistivitas tanah maka dengan perkembangan teknologi saat ini ditemukan beberapa metode untuk perbaikan sistem pentanahan yang berguna untuk menurunkan nilai resistansi pada tanah.

Pada lokasi penelitian di gardu portal KA 0059 yang berlokasi di Jl.Bypass Ngurah Rai, Jimbaran, dengan jenis gardu portal di gunakan *single* elektrode berupa elektrode batang. Pada pengukuran yang dilakukan di dapatkan nilai tahanan pada sistem pentanahan *lightning arrester* yaitu sebesar 10,5 ohm. Nilai pentanahan tersebut tidak sesuai dgn PUIL 2000 yang menyatakan nilai dari sistem pentanahan tidak lebih dari 5 Ohm. Upaya yang dilakukan pada saat memperbaiki nilai tahanan sistem pentanahan *lightning arrester* pada gardu KA 0059 adalah dengan cara menambahkan elektroda baru yang di paralel dengan elektroda utama. Selain itu perbaikan tersebut juga dilakukan dengan menambahkan larutan arang dan garam. Dilakukan pengujian variasi komposisi garam dan arang serta dengan variasi kedalaman penanaman elektrode, Proses percobaan pengukuran komposisi dilakukan diluar sistem. Dari hasil percobaan di dapat nilai tahanan yang terkecil pada percobaan dengan konsentrasi 50% garam dan 50% arang pada kedalaman 2 meter dengan nilai 3 ohm. Dengan di ketahuinya hasil terbaik dari percobaan di atas, maka digunakannya komposisi dan kedalaman yang telah di tentukan kemudian di aplikasikan pada Gardu KA 0059 dan didapatkan hasil sebesar 2.3 Ω .

1.2 Permasalahan dan Batasan Masalah

1.2.1 Permasalahan

Adapun beberapa masalah yang ingin diangkat penulis yaitu:

1. Bagaimana cara memperbaiki nilai pentanahan pada Gardu KA 0059?
2. Berapa besar nilai pentanahan pada arrester sesudah dilakukan perbaikan?

1.2.2 Batasan Masalah

Dalam penyusunan tugas akhir ini nantinya akan dibatasi pembahasan dan analisisnya sebagai berikut:

1. Hanya membahas tentang nilai pentanahan *Lightning arrester* pada gardu distribusi jenis gardu portal KA 0059.
2. Proses penelitian menggunakan media arang dan garam untuk perbaikan tahanan pentanahan.

1.3 Tujuan

Adapun beberapa tujuan dalam penyusunan tugas akhir ini adalah, sebagai berikut:

1. Memperbaiki pentanahan pada gardu KA 0059.
2. Untuk mengetahui nilai tahanan pentanahan sesudah dilakukannya perbaikan nilai tahanan pentanahan

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dengan adanya penelitian ini adalah :

1. Penulis mendapatkan pengalaman dan pengetahuan tentang fungsi pembumian serta solusi yang dapat dilakukan untuk mengatasi nilai tahanan yang tidak memenuhi standar tahanan pentanahan sesuai dengan PUIL 2000 yaitu kurang atau sama dengan 5Ω
2. PLN mengetahui dan dapat menjadi referensi agar dapat mengambil tindakan selanjutnya dalam upaya peningkatan kinerja di dalam pembumian perangkat perangkat 20 kv
3. Pembaca dapat menjadikan referensi penelitian ini untuk dapat menyelesaikan masalah yang sesuai dengan pembahasan dari penelitian ini

1.5 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pendahuluan memaparkan tentang latar belakang, perumusan masalah dan batasan masalah, tujuan, dan metodologi. Latar belakang membahas terkait alasan dilakukannya sebuah penelitian. Perumusan masalah dan batasan masalah berisikan uraian tentang permasalahan yang diulas dalam penelitian dengan batasan-batasan permasalahan. Tujuan menguraikan tentang hasil akhir dari penelitian berkaitan dengan permasalahan penelitian..

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan Pustaka membahas teori-teori yang mendukung dan menunjang dalam pembahasan masalah yang diangkat dalam Tugas Akhir. Teori-teori yang tertulis pada bab ini dijadikan sebagai pegangan dalam pengolahan data dan membantu dalam menginterpretasikan hasil yang diperoleh dari pengolahan data.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pembahasan berisikan cara dan langkah yang akan di gunakan dalam melakukan perbaikan dan pengolahan data-data yang telah dikumpulkan dan diperoleh untuk penelitian guna mendapatkan jawaban terkait perumusan masalah dan memenuhi tujuan dalam pembuatan Tugas Akhir.

BAB IV ANALISA

Analisa berisikan tentang penjelasan terkait data-data yang telah diolah dengan tujuan untuk mempermudah pemahaman oleh pihak yang berkepentingan dan sesuai dengan tujuan daripada pelaksanaan penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Penutup berisikan kesimpulan yang ditarik dari hasil analisa berdasarkan permasalahan dalam penelitian, diikuti dengan saran yang disampaikan oleh penulis kepada pihak yang bersangkutan agar dapat mengembangkan penelitian yang telah dilakukan terhadap permasalahan yang diangkat.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengukuran, analisis dan pembahasan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Perbaikan sistem pentanahan lightning arrester pada gardu KA 0059 menggunakan media arang dan garam yang dibantu oleh elektroda baru, dapat dinyatakan berhasil karena sudah memenuhi nilai standar dari PUIL 2000 yaitu tidak lebih dari 5 ohm. Dengan nilai akhir sebesar 2.3 Ω
2. Setelah dilakukannya perbaikan, didapatkan bahwa hasil perbaikan berjalan dengan baik, dengan didapaknya hasil dari yang sebelumnya 10.5 Ω berubah menjadi 2.3 Ω

5.2 Saran

1. Pengukuran dan analisis data masih dapat dikembangkan dengan mengukur lebih lanjut tahanan pentanahan agar mendapatkan lebih banyak data, sehingga data-data yang di cantumkan semakin baik
2. Penyebab terjadinya nilai tahanan pentanahan yang melebihi standar PUIL yang telah di tentukan masih perlu di teliti agar bisa mengetahui penyebab dari sistem pentanahan lightning arrester pada gardu KA 0059 bisa memiliki nilai yang kurang baik sehingga penelitian yang dilakukan kedepan nya memiliki hasil yang lebih lengkap

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Bartien, "Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000," DirJen Ketenagalistrikan, vol. 2000, no. PUIL, pp. 1–133, (2000)
- [2] PT PLN (Persero). 2010. *Kriteria Desain Enjineriing Konstruksi Jaringan Distribusi Tenaga Listrik*. Jakarta: PT. PLN (Persero).
- [3] Kelompok Pembakuan Bidang Distribusi. SPLN 52-3 1983. *Sistem Distribusi 6 kV dan 20 kV,* in *Pola Pengaman Sistem Bagian Tiga*. Jakarta: Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Listrik Negara. (1983).
- [4] PT PLN (persero). Pusat Pendidikan dan Pelatihan. Pengenalan Kubikel 20 kV.
- [5] Wijaya, I. N. A. *Analisa Sistem Pentanahan Lightning Arrester pada Trafo Daya 20 MVA di Gardu Induk Kapal* (2011).
- [6] Ir. Yanu Prapto Sudarmojo, M. *Studi Sistem Pengaman Saluran Distribusi Program Studi Teknik Elektro*. (2017). https://simdos.unud.ac.id/uploads/file_penelitian_1_dir/86f14714e70bf4712806244dfd1c1e71.pdf
- [7] Faizatin, T. U., Rohmawati, L., & Madlazim. Pemetaan Daerah Rawan Petir Cloud to Ground Positif Wilayah Pasuruan Tahun 2012 Menggunakan Metode Inverse Distance Weighted. 3(3), (2014). 6–10. <https://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id/index.php/inovasi-fisikaindonesia/article/download/9913/9707>
- [8] Wibowo, R., Siswanto, W., Samosir, P., Nugroho, H., Azis, A. B., Subagio, A., Sumanto, P., Hutapea, T., Gunawan, OMA, Prasetyono, H., Latera, I. M., Sumaryono, Pamuso, N., Riyanto, HP, A., Sunaryo, Riyadi, S., Kurnia, T., ... Prasetyo, A. *Standar Konstruksi Jaringan Tegangan Menengah Tenaga Listrik*. PT PLN (PERSERO). (2010).
- [9] Ichsan, R. *Analisa Pemasangan Jarak Antara Arrester dan Transformator Daya di Gardu Induk Boom Baru PT. PLN (Persero) Pelembang*. (2015). <http://eprints.polsri.ac.id/2072/>
- [10] *Seni Herlina J. Tongkukul,* "Identifikasi Potensi Kejadian Petir Di Sulawesi Utara", *Volume 11 Nomor 1, April 2011*
- [11] Hutahuruk, T. *Gelombang Berjalan dan Proteksi Surja*. Erlangga. . (1991).
- [12] Barasa, M. C. M., Patras, L. S., & Tumaliang, H. Analisis Kinerja Lightning Arester Pada Jaringan Transmisi 150 Kv Sistem Minahasa Khususnya Pada Penyulang Kawangkoan - Lopana. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 6(1), (2017). 7–14. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/elekdankom/article/download/15567/15105>
- [13] Sumardjati, Prih dkk. *Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan (2008).
- [14] Hutauruk, T S. *Pentanahan Netral Sistem Tenaga dan Pentanahan Peralatan*. Jakarta: Erlangga. (1987)
- [15] Jumari, Ginting, Y., & Tamba, P. *Sistem Pentanahan Pada Jaringan Distribusi Di PT. PLN (Persero) Rayon Medan Helvetia*. VIII(2), 81–86. (2019).
- [16] Saragih, N. M. (2019). *Analisa Perbaikan Tahanan Pentanahan Lightning Arrester di Jaringan dan Transformator Distribusi 20kV di PT. PLN (Persero) UP3 Lubuk Pakam*. <http://library.polmed.ac.id/repository/beranda/download/1605033018>

- [17] Agus Sugiharto. Pentanahan untuk Perlindungan Peralatan dan Bangunan Gedung. Pusat Pengembangan SDM Minyak dan Gas Bumi. (2019). <http://ejurnal.ppsdmmigas.esdm.go.id/sp/index.php/swarapatra/article/view/215/186>
- [18] Gamari, R. Pengujian Dan Analisa Tahanan Elektroda Pentanahan Pada Gedung Pt. Pln (Persero) Pembangunan Jalan Demang Lebar Daun. (2014). Palembang. <http://eprints.polsri.ac.id/383/>
- [19] Avianti, Fahriza. Pengujian dan Analisa Tahanan Elektroda Pentanahan Dengan Metode 3 kurtub Pada GTT Bengkel Listrik Politeknik Negeri Malang. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro Program Studi Sistem Kelistrikan Politeknik Malang : Politeknik Negeri Malang. (2012).
- [20] (Sumber : Laporan praktikum Teknik Elektro Politeknik Negeri Bali, 2021)
- [21] Z. Abidin, “Karakteristik Batang Pentanahan Sistem Arang-Garam (Sigarang) Sebagai Upaya Perbaikan Sistem Pentanahan,” J. ECOTIPE, vol. 4, no. 1, pp. 12–16, 2017, doi: 10.33019/ecotipe.v4i1.13
- [22] I Gede Suputra Widharma, I Nengah Sunaya “Studi Analisis Sistem Proteksi Terhadap Gangguan Petir Pada Stasiun Pemancar Tv)” (2019).
- [23] S. Committee, IEEE Guide for Safety, vol. 2000, no. February. 2000.