

**SKRIPSI**  
**ANALISIS SISTEM PENTANAHAN GARDU INDUK**  
**TALANG RATU**



Merupakan syarat untuk memperoleh gelar Sarjana  
Telah dipertahankan didepan dewan penguji  
28 Februari 2022

**Dipersiapkan dan Disusun Oleh :**

**ARDO SEPTIAWAN**  
**132017068**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG**  
**2022**

**LEMBAR PENGESAHAN**  
ANALISIS SISTEM PENTANAHAN GARDU INDUK TALANG RATU



Merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana  
Telah dipertahankan didepan dewan penguji  
28 Februari 2022

Dipersiapkan dan Disusun Oleh  
ARDO SEPTIAWAN  
132017068

**Susunan Dewan Penguji**

Pembimbing 1

Wiwin A. Oktaviani S.T., M.Sc  
NIDN : 0021073001

Pembimbing 2

Taufik Barlian, S.T., M.Eng.  
NIDN : 021801720

Menyetujui,  
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ir. Kes. Ahmad Roni, M.T., IPM.  
NIDN : 0227077004

Penguji 1

Feby Ardianto, S.T., M.Cs  
NIDN : 0207038101

Penguji 2

Bengawan Alfaresi, S.T., M.T  
NIDN : 0205118504

Mengetahui,  
Ketua Program Studi



Taufik Barlian, S.T., M.Eng.  
NIDN : 021801720

## 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.

Palembang, 24 Februari 2022

Yang membuat pernyataan



Ardo Septiawan

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTTO**

- Jangan pernah membuat orang tua kita kecewa oleh diri kita.
- Jika kau ingin memenangkan sesuatu, jika kau ingin sukses, dengarkan kata hatimu. Jika hatimu tak bisa menjawabnya, tutup matamu dan pikirkan Ayah dan Ibumu. Dan semua rintangan terlewati, semua masalah lenyap seketika. Kemenagan akan jadi milikmu, Hanya milikmu.
- Jangan pernah takut untuk mencoba jika ingin mendapatkan sesuatu.
- Jangan pernah meninggalkan shalat sesungguhnya shalat mencegah dari perbuatan keji dan mungkar.
- Kaya harta tapi miskin hati takkan menemukan kedamaian didunia ataupun akhirat.
- Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan.
- Hasil tidak pernah mengkhianati proses.

### **PERSEMBAHAN**

- Tuhan Ku Allah Swt., Dan Nabiku Muhammad Saw.
- Pembimbing Skripsi Ku Ibu Wiwin A. Oktaviani S.T., M.Sc, dan Bapak Taufik Barlian, S.T., M.Eng
- Orang Tuaku Yang Senantiasa Menasehatiku Dan Mendoakanku.
- Seluruh Dosen Program Studi Teknik Elektro Dan Staff Universitas Muhammadiyah Palembang.

Sahabatku, Serta Seluruh Teman-Teman Teknik Elektro Terutama Angkatan 2017 Yang Selalu Mendukung Dan Berjuang Bersama.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“ANALISIS SISTEM PENTANAHAN GARDU INDUK TALANG RATU”** 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 Darman dan ibunda Darnelya beserta Kakak-Kakakku 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. Kepada rindang septarini sahabat seperjuangan dalam menyelesaikan skripsi ini, Tsabit, Rafflesia yang telah berjuang bersama-sama dalam menyelesaikan skripsi ini

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, 24 Februari 2022

Penulis,

Ardo Septiawan

## **ABSTRAK**

Gardu Induk memiliki kapasitas untuk mengubah listrik secara penuh dari tegangan tinggi ke tegangan menengah dan mengendalikan listrik di berbagai gardu induk. Kerangka kerja yang mapan diperlukan agar gardu induk dapat bekerja dengan baik dan andal. Rangka pembumian merupakan bagian penting dari gardu induk karena bertanggung jawab atas beban tegangan dan arus pembumian jika terjadi hubungan singkat. Rangka pemasangan harus terlihat bagus dan sesuai dengan kondisi rangka pengencang, karena rangka pemasangan yang salah akan menghambat operasi transmisi dan keselamatan gardu induk. Oleh karena itu, struktur pendirian perlu diperiksa. Pembumian digunakan pada gardu induk 70kV, Talang Ratu menggunakan grid atau ekstensi grid. Saat menguji dan memeriksa kerangka kerja yang ditetapkan, kerangka kerja penelitian yang digunakan mengacu pada perhitungan IEEE 80-2000. Studi lapangan juga telah dilakukan untuk memperkirakan ketahanan penutup tanah terhadap kotoran. Luas organisasi 70 kV di gardu induk Talang Ratu. Hasil konsentrat dengan jaminan nilai resistansi 0,55  $\Omega$ , nilai konflik hasil estimasi dan aspek masih terlindungi dan memenuhi standar IEEE. Secara umum, kerangka kerja di wilayah kisi gardu induk Talang Ratu 70 kV juga telah memenuhi standar IEEE 80-2000

**Kata Kunci : Gardu Induk, Sistem Pentanahan, IEEE Std 80-2000.**

## **ABSTRACT**

Substations have the capacity to convert full electricity from high voltage to medium voltage and control electricity in various substations. The framework needed for the substation to work properly and reliably. The earthing frame is an important part of the substation because it is responsible for the earthing voltage and current load in the event of a short circuit. The installation frame must be good and in accordance with the condition of the frame fasteners, the wrong installation frame will hamper the transmission and safety of the substation. therefore, the structure of the establishment needs to be examined. Earthing used at 70kV substations, Talang Ratu uses a grid or grid extension. When testing and checking the specified framework, the framework used refers to IEEE 80-2000 calculations. Field studies have also been carried out to estimate the resistance to soil dirt. The organizational area is 70 kV at the Talang Ratu substation. Concentrated results with a guaranteed resistance value of 0.55  $\Omega$ , the estimated conflict value and aspects are still protected and meet IEEE standards. In general, the framework in the lattice region of the 70 kV Talang Ratu substation also complies with the IEEE 80-2000 standard.

***Keywords: Substation, Grounding System, IEEE Std 80-2000.***



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>PERNYATAAN.....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>MOTTO DAN PERSEMBAHAN .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
<b>1.1. Latar Belakang .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Tujuan Penelitian.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3. Batasan Masalah .....</b>	<b>2</b>
<b>1.4. Sistematika Penulisan.....</b>	<b>2</b>
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	
<b>2.1. Sistem Tenaga Listrik.....</b>	<b>4</b>
2.1.1. Pusat Pembangkit Listrik ( <i>power plant</i> ) .....	4
2.1.2. Transmisi Tenaga Listrik .....	4
2.1.3. Sistem Distribusi .....	5
<b>2.2. Gardu Induk .....</b>	<b>5</b>
2.2.1. Jenis Gardu Induk .....	6
<b>2.3. Sistem Pentanahan.....</b>	<b>6</b>
<b>2.4. Metode Sistem Pentanahan .....</b>	<b>7</b>

2.4.1.	Pentanahan dengan <i>driven ground</i> .....	7
2.4.2.	Pentanahan dengan <i>counterpoise</i> .....	7
2.4.3.	Pentanahan dengan <i>mesh</i> atau <i>grid</i> .....	8
2.4.4.	Tahanan Jenis Tanah .....	9
<b>2.5.</b>	<b>Elektroda Pentanahan.....</b>	<b>10</b>
<b>2.6.</b>	<b>Perhitungan Pentanahan Gardu Induk Sesuai IEEE std 80/2000</b>	<b>10</b>
2.6.1.	Menghitung Luas Penampang Konduktor.....	11
2.6.2.	Menghitung Tegangan Sentuh dan Tegangan Langkah .....	12
2.6.3.	Menghitung Faktor <i>Derating</i> dari Material Lapisan Tambahan .....	13
2.6.4.	menghitung Resistansi Pentanahan Gardu Induk.....	15
2.6.5.	Menghitung Arus Maksimum Yang Dapat Melewati Pentanahan .....	16
2.6.6.	Menghitung Tegangan Sentuh dan Tegangan Langkah yang Diizinkan 17	
2.6.8.	Menghitung Tegangan Sentuh dan Tegangan Langkah Sebenarnya ...	19

### **BAB 3 METODE PENELITIAN**

<b>3.1.</b>	<b>Waktu dan Tempat Pelaksanaan .....</b>	<b>22</b>
<b>3.2.</b>	<b>Diagram Flow Chart.....</b>	<b>23</b>

### **BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN**

<b>4.1.</b>	<b>Data.....</b>	<b>24</b>
<b>4.2.</b>	<b>Perhitungan.....</b>	<b>25</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Menghitung Luas Penampang Konduktor .....</b>	<b>25</b>
<b>4.2.2.</b>	<b>Menentukan Resistansi Jenis Tanah .....</b>	<b>26</b>
<b>4.2.3.</b>	<b>Menghitung Faktor Derating Dari Material Lapisan Tambahan .</b>	<b>26</b>
<b>4.2.4.</b>	<b>Menghitung Resistansi Pentanahan.....</b>	<b>26</b>
4.2.5.	Pengukuran Pentanahan.....	27

4.2.5.1.	Nilai Pentanahan Trafo .....	27
4.2.5.2.	Nilai Pentanahan Bay Kopel .....	28
4.2.5.3.	Nilai Pentanahan Bay Penghantar .....	28
4.2.6.	Menghitung Arus Maksimum Yang Dapat Melewati Pentanahan .....	29
4.2.7.	Menghitung Tegangan Sentuh dan Tegangan Langkah yang Diizinkan 30	
4.2.8.	Menghitung GPR (Ground Potential rise).....	32
4.2.9.	Menghitung Tegangan Sentuh dan Tegangan Langkah Sebenarnya ...	32
4.2.10.	Tegangan Sentuh Sebenarnya .....	32
4.2.11.	Tegangan Langkah Yang Sebenarnya .....	35
<b>4.3.</b>	<b>Analisa.....</b>	<b>37</b>
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>		
<b>5.1.</b>	<b>Kesimpulan .....</b>	<b>39</b>
<b>5.2.</b>	<b>Saran .....</b>	<b>39</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>40</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1.</b> <i>Single Line Diagram</i> Sistem Tenaga Listrik.....	5
<b>Gambar 2.2.</b> Pentanahan dengan <i>driven ground</i> .....	7
<b>Gambar 2.3.</b> Pentanahan dengan <i>Counterpoise</i> .....	8
<b>Gambar 2.4.</b> Pentanahan dengan <i>mesh/grid</i> pada Gardu Induk.....	8
<b>Gambar 3.1</b> Diagram <i>Flow Chart</i> .....	23

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1.</b> Resistansi Jenis Tanah (Badan Standarisasi Nasional, 2000) .....	9
<b>Tabel 2.2</b> Konstanta Material .....	11
<b>Tabel 2.3</b> Jenis-Jenis Lapisan Pelapis .....	14
<b>Tabel 4.1.</b> Data Pentanahan Gardu Induk 70kv Talang Ratu .....	24
<b>Tabel 4.2.</b> Data Arus Hubung Singkat Gardu Induk Talang Ratu .....	24
<b>Tabel 4.3.</b> Data Perhitungan .....	25
<b>Tabel 4.4.</b> Perbandingan Nilai Tahanan pada Bay Trafo 1 .....	27
<b>Tabel 4.5.</b> Perbandingan Nilai Tahanan pada Bay Trafo 2 .....	27
<b>Tabel 4.6.</b> Perbandingan Nilai Tahanan pada Bay Kope .....	28
<b>Tabel 4.7</b> Perbandingan Nilai Tahanan pada Bay Penghantar 1 .....	28
<b>Tabel 4.8.</b> Perbandingan Nilai Tahanan pada Bay Penghantar 2 .....	29
<b>Tabel 4.9.</b> Data Hasil Perhitungan.....	30
<b>Tabel 4.10.</b> Data Hasil Perhitungan $n$ .....	33
<b>Tabel 4.11.</b> Hasil Perhitungan untuk Tegangan Sentuh .....	34
<b>Tabel 4.12.</b> Hasil Perhitungan untuk Tegangan Langkah .....	36
<b>Tabel 4.13.</b> Hasil perhitungan .....	37



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Gardu Induk merupakan bagian dari sistem distribusi atau bagian dari sistem kelistrikan. Gardu Induk digunakan untuk mengubah energi listrik tegangan tinggi menjadi energi tegangan menengah dan sebaliknya, serta dapat digunakan sebagai alat pengamanan sistem kelistrikan.

Sistem pentanahan yang digunakan harus mampu mencegah terjadinya bahaya jika terjadi gangguan. Ini meratakan gradien tegangan di sekitar area dan mencegah perbedaan potensial antara titik-titik di sekitar gangguan. (Kamal & Abduh, 2018).

Tujuan pembumian merupakan untuk menjamin kondisi yang aman bagi manusia dan peralatan lainnya di dalam dan sekitar gardu induk dalam kondisi normal atau pada saat terjadi gangguan. Sistem pembumian gardu induk menghubungkan bagian utama peralatan ke tanah, memastikan jalur gangguan tanpa kerusakan mekanis pada peralatan, menghubungkan transformator ke tanah netral dan arus gelombang elektromagnetik. Interferensi dapat merusak perangkat lain seperti sistem, kontrol, dan komunikasi. Perubahan keadaan air tanah dan keadaan elektroda tanah itu sendiri. Faktor-faktor di atas mengharuskan pengujian pembumian dilakukan sesekali dan tidak cukup untuk melakukan pengujian ini sekali saja selama pemasangan pembumian. (Sanjaya, Partha, & Arjuna, 2020).

Karena peranannya yang sangat penting dalam pendistribusian energi listrik dan hubungan antara generator dengan jaringan transmisi, maka tesis ini diberi judul. “Analisis Sistem Pentanahan gardu induk Talang Ratu” untuk menganalisis keamanan pentanahan gardu induk.

## **1.2. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan yang ingin dicapai pada skripsi ini ialah :

Menghitung nilai tahanan pembumian, jenis tahanan pembumian, tegangan sentuh dan tidak mengenalkan serta nilai sentuh dan langkah di gardu induk. Mengetahui apakah kondisi Gardu Induk Talang Ratu PT. PLN (Persero) telah sesuai dengan standar IEEE Std. 80-2000 *IEEE Guide for Safety in AC Substations Grounding*.

Pengukuran pembumian dengan alat ukur dan evaluasi sistem pembumian di Gardu Induk Talang Ratu.

## **1.3. Batasan Masalah**

Dalam pengerjaan skripsi ini, permasalahan yang diuraikan di atas dibatasi dengan asumsi sebagai berikut :

Dalam tugas akhir ini standar acuan yang digunakan dalam perhitungan adalah berdasarkan IEEE std 80/2000 *IEEE Guide for Safety in AC Substations Grounding*.

Membandingkan selisih pengukuran menggunakan perhitungan manual dan menggunakan alat ukur

Mengetahui peralatan grounding pada objek penelitian

## **1.4. Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika dalam penulisan Skripsi ini adalah sebagai berikut :

### **BAB 1.PENDAHULUAN**

Meliputi dasar penelitian, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistem informatika yang digunakan dalam penulisan ini.

### **BAB 2.TINJAUAN PUSTAKA**

Berisi teori umum sistem kelistrikan, gardu induk, fungsi gardu induk, jenis gardu induk, sistem pentanahan, metode perancangan sistem pentanahan, tahanan pembumian dan perhitungan sistem pentanahan gardu induk menurut IEEE



80/2000.

### BAB 3.METODE PENELITIAN

Bab ini berisi alur pencarian, prosedur pencarian, serta waktu dan tempat pencarian.

### BAB 4.HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang analisis sistem pentanahan gardu induk 70kV dengan perhitungan manual berdasarkan IEEE dst 80/2000.

### BAB 5.PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian dan rekomendasi berdasarkan temuan dan pembahasan tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- A. Budiman, "Analisa Perbandingan Tahanan Pembumian Peralatan Elektroda Pasak pada Gedung Laboratorium Teknik Universitas Borneo Tarakan," *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, Vol. 6, No.3, pp 152-158, 2017.
- Afandi, A. (2005). *Sistem tenaga listrik operasi sistem dan pengendalian*.
- Gunawan, S. M., & Santosa, J. (2013). Analisa perancangan gardu induk sistem outdoor 150kV. *Jurnal dimensi teknik elektro* , 37-42.
- I.R. Putri, T. Haryono, dan E. Firmansyah "Review Metode Pemodelan Elektroda Pentanahan," Prosiding SNATIF ke-3, pp 197-202, 2016.
- I.W. Sudiartha, I. Ketut TA, I.G.N. Sangka, "Analisis Pengaruh Jenis Tanah terhadap Besarnya Nilai Tahanan Pentanahan," *Jurnal LOGIC*, Vol. 16, No. 1, pp 35-39, 2016.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers, "*IEEE Std. 142-2007. IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial PowerSystem*," 2007.
- J. Kamal dan S. Abduh, "Perancangan Sistem Pentanahan *Gas Insulated Switchgear* 150 kV Pulogadung dengan *Finite Element Method*," *JETRI Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, Vol. 15, No. 2, pp 187–200, 2018.
- Kamal, J., & Abduh, S. (2018). Perancangan sistem pentanahan gas insulated switchgear 150kv pulogadung dengan finite elemen method. *JETri* , 187-200.
- M. Mukmin, A. Kali dan B. Mukhlis, "Perbandingan Nilai Tahanan Pentanahan pada Area Reklamasi Pantai (Citriland)," *Jurnal MEKTRIK*, Vol. 1, No. 1, pp 29-39, 2014.
- M. Saini, A.M.S. Yunus dan A. Pangkung, "Pengembangan Sistem Penangkal Petir dan Pentanahan Elektroda Rod dan Plat," *Journal*

INTEK, Vol. 3 (2), pp 66-71, 2016.

Malang: Universitas negeri malang.

Meilah Karmilawati, “Perbandingan Hasil Perhitungan dan Pengukuran Tahanan Sistem Pentanahan Tanpa dan dengan Penambahan Zat Aditif Betonite dan Karbon,” Skripsi, Universitas Sriwijaya, 2018.

P. Sumardjati, S. Yahya dan A. Mashar, 2008, “Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik untuk Sekolah Menengah Kejuruan,” Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia.

Pronoto, A., Tumaliang, H., & Mangindaan, G. M. (2018). Analisa sistem pentanahan gardu induk teling dengan konstruksi grid. *Pentanahan* , 189-197.

Riyanto, A., & Simatupang, J. W. (2019). Analisis Sistem Pentanahan Jaringan Gardu Induk 150 kV PT Bekasi Power Cikarang. *JKTE UTA* .

Riza, Y., Hernanda, I. S., & Wahyudi. (2014). Analisis kinerja sistem pentanahan PT. PLN (Persero) Gardu induk 150k kV ngimbanglamongan dengan metode finite element methode. *Jurnal teknik pomits* .

Sanjaya, D. M., Partha, C. G., & Arjuna, I. G. (2020). Perencanaan sistem pembumian grid-rod pada gardu induk 150 kv new sanur. *Jurnal Spektrum* , 69- 75.

Standar Nasional Indonesia. (2000). *Persyaratan umum instalasi listrik 2000 (PUIL 2000)*. Badan standarisasi nasional.

Substations Committee. (2000). *IEEE Giude for Safety in AC Substation Grounding*. New York: The Institute of Electitrical and Electronics Engineers.

- Suyamto, Sutadi dan E. Nuraini, “Instalasi dan Evaluasi *Grounding* untuk MBE Industri Lateks PTAPB menggunakan *Multiple Rod*,” Jurnal Iptek Nuklir Ganendra, Vol. 15, No. 2, pp 72-81, 2012.
- Syofian, A. (2013). Sistem Pentanahan Grid Pada Gardu Induk PLTU Teluk Sirih. *Jurnal Momentum* .
- W.P. Widyaningsih, “Perubahan Konfigurasi Elektrode Pentanahan Batang Tunggal untuk Mereduksi Tahanan Pentanahan, EKSERGI Jurnal Teknik Energi, Vol. 9, No. 2, pp 47-51, 2013.
- Y. Rizal, I.G.N.S. Hernanda, dan Wahyudi, “Analisis Kinerja Sistem Pentanahan PT. PLN (Persero) Gardu Induk 150 kV Ngimbang-Lamongan dengan Metode *Finite Element Method (FEM)*,” JURNAL TEKNIK POMITS, pp 1-6, 2014.
- Yusmartato, Parinduri, L., & Sudaryanto. (2017). Pembangunan gardu induk 150kv di desa parbaba dolok. *Journal of electrical technology* , 13-17.