

**SKRIPSI**  
**ANALISIS KINERJA SISTEM PENTANAHAN PADA AREA JARINGAN**  
**GARDU INDUK 150 KV KERAMASAN PT.PLN (PERSERO) UIP3BS**  
**UPT PALEMBANG ULTG KERAMASAN**



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

Dipersiapkan dan Disusun Oleh  
MELATI ADY HARDIYANTI  
132017071

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG**  
**2021**

**SKRIPSI**  
**ANALISIS KINERJA SISTEM PENTANAHAN PADA AREA JARINGAN**  
**GARDU INDUK 150 KV KERAMASAN PT.PLN(PERSERO) UIP3BS**  
**UPT PALEMBANG ULTG KERAMASAN**



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

Dipersiapkan dan Disusun Oleh  
**MELATI ADY HARDIYANTI**  
132017071

**Susunan Dewan Penguji**

Pembimbing 1

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

Pembimbing 2

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

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. Egs. Ahmad Roni, M.T., IPM  
NIDN. 0227077004

Mengetahui



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.

Palembang, 21 Agustus 2021

Yang membuat pernyataan



Melati Ady Hardiyanti

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

### MOTTO

- ❖ *Remember that hard days for great people.*
- ❖ “Dan janganlah kamu (merasa) lemah, dan jangan (pula) bersedih hati, sebab kamu paling tinggi (derajatnya), jika kamu orang yang beriman.”  
(QS.Ali ‘Imran 3: Ayat 139)
- ❖ “Salah satu pengkerdilan terkejam dalam hidup adalah membiarkan pikiran yang cemerlang menjadi budak bagi tubuh yang malas, yang mendahulukan istirahat sebelum lelah.”  
(Buya Hamka)

### PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur Alhamdulillah, karya ilmiah/skripsi ini saya persembahkan kepada;

1. Orang tua dan adik-adik saya yang sangat saya cintai.
2. Bapak Taufik Barlian,S.T.,M.Eng selaku pembimbing I dan Ibu Wiwin.A.Oktaviani,S.T.,M.Sc selaku pembimbing II.
3. Ibu Sofiah,S.T.,M.T selaku pembimbing akademik.
4. Sahabat saya Siti Nabila Humairah,S.Sos.
5. Almamater tercinta Universitas Muhammadiyah Palembang.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Allah *Subhannallahu Waa Ta'ala*, yang telah memberikan nikmat, karunia dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **ANALISIS KINERJA SISTEM PENTANAHAN PADA AREA JARINGAN GARDU INDUK 150 KV KERAMASAN PT.PLN (PERSERO) UIP3BS UPT PALEMBANG ULTG KERAMASAN** yang disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada;

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

dan tak lupa pula penulis mengucapkan terima kasih kepada;

1. Bapak Dr.Abid Djazuli,S.E.,M.M, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang
2. Bapak Dr.Ir.Kgs Ahmad Roni,M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
3. Bapak Taufik Barlian, S.T.,M.Eng, selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
4. Bapak Feby Ardianto,S.T.,M.Cs, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
5. Ibu Sofiah,S.T.,M.T, selaku Pembimbing Akademik
6. Bapak dan Ibu Staf Dosen pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
7. Bapak dan Ibu Staf Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
8. Pimpinan dan Seluruh Staf PT.PLN (Persero) UIP3B Sumatera UPT Palembang ULTG Keramasan
9. Seluruh Staf PT.PLN (Persero) UPDK Keramasan ULPL Keramasan

10. Rekan-rekan Mahasiswa Teknik Elektro Angkatan 2017 serta Seluruh Alumni Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

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 *Subhannallahu Waa Ta'ala*. Penulis menyadari penulisan skripsi ini jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran dari pembaca akan penulis terima dengan 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, 21 Agustus 2021

Penulis,

Melati Ady Hardiyanti

## ABSTRAK

Gardu Induk memiliki fungsi mentransformasikan tenaga listrik dari tegangan tinggi ke tegangan menengah maupun sebagai pengaturan daya ke gardu-gardu lainnya. Agar fungsi dari gardu induk tersebut dapat bekerja dengan baik dan andal, maka diperlukannya sistem pentanahan. Sistem pentanahan menjadi bagian yang sangat penting pada gardu induk, karena berfungsi menyetanahkan muatan tegangan maupun arus lebih ketika terjadi gangguan. Sistem pentanahan haruslah bekerja dengan baik dan sesuai dengan persyaratan sistem tegangan, karena apabila sistem pentanahan tidak sesuai, maka hal tersebut akan mengakibatkan terganggunya pengoperasian peralatan maupun keamanan operator yang berada pada gardu induk tersebut. Oleh sebab itu, perlu dilakukannya analisis dan evaluasi sistem pentanahan. Pentanahan yang digunakan Gardu Induk 150 kV Keramasan menggunakan konstruksi *mesh* atau *grid*. Dalam menganalisis dan mengevaluasi sistem pentanahan digunakan metode penelitian dengan acuan perhitungan IEEE Std 80-2000 menggunakan *software* Matlab R2013a serta untuk desain dan simulasi menggunakan *software* ETAP 12.6.0. Penelitian juga dilakukan di lapangan dengan mengukur resistansi pentanahan peralatan pada area jaringan Gardu Induk 150 kV Keramasan. Hasil penelitian dengan perhitungan menggunakan *software* Matlab diperoleh nilai resistansinya sebesar 0,539  $\Omega$ , dan hasil pengukuran diperoleh selisih yang cukup signifikan. Namun nilai resistansi dari hasil perhitungan maupun pengukuran tersebut masih aman dan sesuai IEEE. Secara keseluruhan untuk sistem pentanahan pada area jaringan Gardu Induk 150 kV Keramasan juga telah sesuai IEEE Std 80-2000 dan bekerja dengan baik.

**Kata kunci : Gardu Induk, Sistem Pentanahan, *Software* Matlab, IEEE Std 80-2000, ETAP 12.6.0.**

## ABSTRACT

*Substations have the function of transforming electric power from high voltage to medium voltage as well as controlling power to other substations. In order for the function of the substation to work properly and reliably, a grounding system is needed. The grounding system is a very important part of the substation, because it functions to ground the voltage and current loads when a disturbance occurs. The grounding system must work properly and in accordance with the requirements of the voltage system, because if the grounding system is not suitable, then this will result in disruption of the operation of the equipment and the safety of the operators at the substation. Therefore, it is necessary to analyze and evaluate the grounding system. The grounding used at the Keramasan 150 kV substation uses a mesh or grid construction. In analyzing and evaluating the grounding system, research methods are used with reference to IEEE Std 80-2000 calculations using MATLAB R2013a software and for design and simulation using ETAP 12.6.0 software. Research was also carried out in the field by measuring the grounding resistance of equipment in the 150 kV Keramasan Substation network area. The results of the study using calculations using MATLAB software obtained a resistance value of 0.539, and the measurement results obtained a significant difference. However, the resistance value from the calculation and measurement results is still safe and in accordance with IEEE. Overall for the grounding system in the 150 kV Keramasan Substation network area, it also complies with IEEE Std 80-2000 and works well.*

**Keywords:** *Substation, Grounding System, Matlab Software, IEEE Std 80-2000, ETAP 12.6.0.*



## DAFTAR ISI

|  | Halaman |
|--|---------|
| <b>HALAMAN JUDUL</b> .....   | i       |
| <b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....                                    | ii      |
| <b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....                                    | iii     |
| <b>MOTTO DAN PERSEMBAHAN</b> .....                                 | iv      |
| <b>KATA PENGANTAR</b> .....  | v       |
| <b>ABSTRAK</b> .....   | vii     |
| <b>ABSTRACT</b> .....  | viii    |
| <b>DAFTAR ISI</b> .....  | ix      |
| <b>DAFTAR TABEL</b> .....  | xi      |
| <b>DAFTAR GAMBAR</b> .....   | xii     |
| <br>   |         |
| <b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....                                     | 1       |
| 1.1. Latar Belakang .....  | 1       |
| 1.2. Tujuan Penelitian .....                                       | 2       |
| 1.3. Perumusan Masalah .....                                       | 2       |
| 1.4. Batasan Masalah .....   | 2       |
| 1.5. Sistematika Penulisan .....                                   | 3       |
| <br>   |         |
| <b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....                                | 4       |
| 2.1. Gardu Induk .....   | 4       |
| 2.1.1. Jenis-jenis Gardu Induk .....                               | 4       |
| 2.2. Sistem Pentanahan .....                                       | 5       |
| 2.2.1. Jenis Pentanahan .....                                      | 6       |
| 2.3. Elektroda Pentanahan .....                                    | 9       |
| 2.4. Resistansi Jenis Tanah .....                                  | 11      |
| 2.5. Perhitungan Berdasarkan IEEE Std 80-2000 .....                | 11      |
| 2.5.1. Konduktor Pentanahan .....                                  | 11      |
| 2.5.2. Luas Penampang Konduktor .....                              | 12      |
| 2.5.3. Faktor Reduksi Material Tambahan Pentanahan .....           | 13      |
| 2.5.4. Resistansi Pentanahan Gardu Induk .....                     | 15      |
| 2.5.5. Arus Maksimum Yang Melewati Pentanahan .....                | 16      |
| 2.5.6. Arus Fibrilasi .....  | 17      |
| 2.5.7. Resistansi Tubuh Manusia .....                              | 18      |
| 2.5.8. Tegangan Sentuh dan Tegangan Langkah .....                  | 18      |
| 2.5.9. <i>Ground Potential Rise</i> (GPR) .....                    | 22      |
| 2.5.10. Tegangan <i>Mesh</i> dan Tegangan Langkah Sebenarnya ..... | 22      |
| 2.6. <i>Earth Resistance Tester</i> .....                          | 25      |
| 2.7. <i>Finite Element Method</i> (FEM) .....                      | 26      |
| 2.8. <i>Electrical Transient Analyzer Program</i> (ETAP) .....     | 26      |
| 2.9. <i>Matrix Laboratory</i> (MATLAB) .....                       | 27      |

|   |    |
|---|----|
| <b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b> .....  | 29 |
| 3.1. <i>Flow Diagram</i> .....  | 29 |
| 3.2. Objek Penelitian .....   | 30 |
| 3.3. Metode Pengumpulan Data .....  | 30 |
| <b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....   | 32 |
| 4.1. Data Pentanahan Gardu Induk 150 kV Keramasan .....   | 32 |
| 4.2. Perhitungan Pentanahan .....   | 33 |
| 4.2.1. Luas Penampang Konduktor .....   | 33 |
| 4.2.2. Faktor Reduksi Dari Material Tambahan .....  | 34 |
| 4.2.3. Resistansi Pentanahan .....  | 34 |
| 4.2.4. Perbandingan Nilai Perhitungan dan Pengukuran Resistansi<br>Pentanahan .....                 | 35 |
| 4.2.5. Arus Maksimum Yang Melewati Pentanahan .....   | 36 |
| 4.2.6. Batas Arus Yang Ditoleransi .....  | 36 |
| 4.2.7. Nilai Kriteria Tegangan Sentuh dan Tegangan Langkah Yang Dapat<br>Ditoleransi .....          | 36 |
| 4.2.8. <i>Ground Potential Rise</i> (GPR) .....   | 37 |
| 4.2.9. Tegangan <i>Mesh</i> dan Tegangan Langkah Sebenarnya .....                                   | 37 |
| 4.3. Perhitungan dan Simulasi Menggunakan Software ETAP 12.6 .....                                  | 38 |
| 4.3.1. Desain Sistem Pentanahan .....   | 39 |
| 4.3.2. Nilai Masukan Pentanahan Gardu Induk 150 kV Keramasan .....                                  | 40 |
| 4.3.3. Perhitungan dan Pemerataan Medan Pentanahan .....  | 41 |
| 4.4. Menganalisis Pentanahan Gardu Induk 150 kV Keramasan Berdasarkan<br>Hasil Yang Diperoleh ..... | 45 |
| <b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....   | 48 |
| 5.1. Kesimpulan .....   | 48 |
| 5.2. Saran .....  | 48 |
| <b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....   | 49 |
| <b>LAMPIRAN</b> .....   | 52 |

## DAFTAR TABEL

|  | Halaman |
|--|---------|
| Tabel 2.1. Nilai resistansi jenis tanah.....   | 11      |
| Tabel 2.2. Konstanta material .....  | 12      |
| Tabel 2.3. Jenis dan nilai resistansi lapisan permukaan gardu induk.....   | 14      |
| Tabel 2.4. Resistansi tubuh manusia .....  | 18      |
| Tabel 2.5. Tegangan sentuh yang diizinkan berdasarkan lamanya gangguan .....   | 20      |
| Tabel 2.6. Tegangan langkah yang diizinkan berdasarkan lamanya gangguan ....   | 21      |
| Tabel 4.1. Data pentanahan Gardu Induk 150 KV Keramasan.....   | 32      |
| Tabel 4.2. Data hasil pengukuran resistansi pentanahan peralatan pada area jaringan Gardu Induk 150 kV Keramasan ..... | 33      |
| Tabel 4.3. Data hasil perhitungan pentanahan .....   | 35      |
| Tabel 4.4. Data hasil perhitungan untuk nilai <i>geometric factor</i> .....  | 37      |
| Tabel 4.5. Nilai masukan untuk simulasi sistem pentanahan.....   | 40      |
| Tabel 4.6. Hasil perhitungan menggunakan software Matlab R2013a dan <i>software</i> ETAP 12.6 .....                    | 45      |

## DAFTAR GAMBAR

|  | Halaman |
|--|---------|
| Gambar 2.1. Gardu Induk 150 kV Keramasan.....  | 4       |
| Gambar 2.2. Pentanahan sistem .....  | 6       |
| Gambar 2.3. Pentanahan dengan <i>driven rod</i> .....  | 7       |
| Gambar 2.4. Pentanahan dengan <i>counterpoise</i> .....  | 7       |
| Gambar 2.5. Pentanahan mesh atau grid pada gardu induk .....   | 8       |
| Gambar 2.6. Pentanahan <i>grid-rod</i> .....   | 9       |
| Gambar 2.7. Elektroda batang.....  | 9       |
| Gambar 2.8. Jenis-jenis elektroda pita .....   | 10      |
| Gambar 2.9. Elektroda pelat.....   | 10      |
| Gambar 2.10. Arus fibrilasi versus berat badan untuk berbagai hewan berdasarkan durasi sengatan listrik tiga detik ..... | 17      |
| Gambar 2.11. Beberapa bahaya yang ditimbulkan akibat gangguan tanah .....  | 19      |
| Gambar 2.12. Tegangan langkah .....  | 20      |
| Gambar 2.13. Earth resistance tester.....  | 26      |
| Gambar 2.14. Tampilan <i>software</i> ETAP 12.6.0.....   | 27      |
| Gambar 2.15. Tampilan <i>software</i> MATLAB R2013a .....  | 28      |
| Gambar 3.1. Diagram alir penelitian.....   | 29      |
| Gambar 4.1. Konfigurasi sistem pentanahan Gardu Induk 150 kV Keramasan ....  | 32      |
| Gambar 4.2. Desain 2D Gardu Induk 150 kV Keramasan.....  | 39      |
| Gambar 4.3. Desain 3D Gardu Induk 150 kV Keramasan.....  | 39      |
| Gambar 4.4. Nilai masukan untuk studi kasus sistem pentanahan Gardu Induk 150 kV Keramasan.....                          | 40      |
| Gambar 4.5. Ilustrasi tanah dan penanaman konduktor pentanahan Gardu Induk 150 kV Keramasan.....                         | 41      |
| Gambar 4.6. Hasil <i>running ground grid calculation</i> ETAP 12.6 untuk manusia dengan bobot 50 kg.....                 | 42      |
| Gambar 4.7. Hasil <i>running ground grid calculation</i> ETAP 12.6 untuk manusia dengan bobot 70 kg.....                 | 43      |
| Gambar 4.8. Profil tegangan <i>mesh</i> atau tegangan sentuh sebenarnya.....   | 44      |
| Gambar 4.9. Profil tegangan langkah sebenarnya.....  | 44      |
| Gambar 4.10. Profil kenaikan tegangan tanah .....  | 44      |

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Gardu induk merupakan sub sistem tenaga listrik yang berfungsi mengatur aliran listrik dari satu gardu ke gardu lainnya serta mentransformasikan tegangan dari tegangan tinggi ke tegangan menengah begitupun sebaliknya, dan selanjutnya akan disalurkan ke jaringan distribusi kemudian ke konsumen.

Pentingnya gardu induk dalam penyaluran tenaga listrik dan sebagai penghubung dari pembangkit ke jaringan transmisi, maka diperlukan keandalan serta kesinambungan dari gardu induk tersebut. Oleh sebab itu, perlu diterapkannya suatu sistem pentanahan yang memenuhi persyaratan sistem tegangan (Rudi, 2018).

Perlindungan gardu induk sangatlah diperlukan karena gangguan alam maupun kontaminasi lainnya tidak menghasilkan tegangan lebih, namun mampu menurunkan tegangan *flashover*. Hal tersebut sangat mempengaruhi pengoperasian peralatan pada gardu induk serta dalam penyaluran tenaga listrik (Danang Suryadipraja & Umar, 2018).

Sistem pentanahan memiliki fungsi ketika terjadi muatan tegangan serta arus lebih, maka tegangan atau arus lebih tersebut akan dialirkan ke tanah. sehingga meminimalisir gangguan yang ditimbulkan pada gardu induk tersebut (Pranoto et al., 2018). Kinerja dari sistem pentanahan haruslah baik dan aman. Sebab selain melindungi peralatan pada jaringan gardu induk terhadap gangguan sistem, juga melindungi manusia atau operator yang berada pada area jaringan gardu induk tersebut terhadap arus gangguan yang mengalir ke tanah. Agar keandalan sistem pentanahan tersebut tetap terjaga, maka perlunya dilakukan analisis dan evaluasi terhadap sistem pentanahan tersebut.

Sistem pentanahan pada jaringan gardu induk sangat perlu diperhatikan, oleh sebab itu penulis mengangkat judul penelitian skripsi yakni “Analisis Kinerja Sistem Pentanahan Pada Area Jaringan Gardu Induk 150 kV Keramasan PT.PLN (Persero) UIP3BS UPT Palembang ULTG Keramasan”.

## 1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis dan mengevaluasi unjuk kerja sistem pentanahan pada jaringan gardu induk 150 kV Keramasan PT.PLN (Persero) UIP3BS UPT Palembang ULTG Keramasan.

## 1.3. Perumusan Masalah

Berdasarkan paparan yang telah dijelaskan sebelumnya, dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut;

1. Bagaimana kinerja sistem pentanahan pada area jaringan Gardu Induk 150 kV Keramasan?
2. Apakah semua parameter pentanahan pada area jaringan Gardu Induk 150 kV Keramasan telah sesuai acuan yang telah ditentukan?

## 1.4. Batasan Masalah

Ruang lingkup pembahasan pada penelitian ini yakni;

1. Sistem pentanahan yang akan dibahas yakni sistem pentanahan pada area jaringan Gardu Induk 150 kV Keramasan.
2. Acuan yang digunakan dalam menganalisis sistem pentanahan pada area jaringan gardu induk keramasan yakni IEEE Std 80-2000 pada buku yang berjudul *IEEE Guide for Safety AC Substation Grounding*.
3. Perhitungan dalam tugas akhir ini menggunakan *software* MATLAB R2013a dengan mengacu pada perhitungan IEEE Std 80-2000 serta untuk simulasi dan desain pentanahan menggunakan *software* ETAP 12.6.0.
4. Perhitungan yang akan dimasukkan pada tugas akhir ini yakni luas penampang konduktor, faktor reduksi dari material atau lapisan tambahan gardu induk, resistansi pentanahan, arus maksimum yang melewati pentanahan, batas arus yang ditoleransi, nilai kriteria tegangan sentuh dan tegangan langkah, *ground potential rise* (GPR), serta tegangan *mesh* dan tegangan langkah sebenarnya.

## **1.5. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan menguraikan pokok-pokok permasalahan secara singkat yang dibahas pada masing-masing bab. Adapun sistematika penulisan pada skripsi ini sebagai berikut;

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab ini membahas tentang latar belakang masalah, tujuan penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, dan sistematika penulisan.

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini membahas mengenai landasan teori yang berisikan dasar pemikiran secara teoritis dan secara umum antara lain tentang gardu induk, sistem pentanahan, elektroda pentanahan, resistansi jenis tanah, perhitungan berdasarkan IEEE Std 80-2000, *earth resistance tester*, *finite elemen method*, *electrical transient analyzer program*, serta *matrix laboratory*.

### **BAB 3 METODE PENELITIAN**

Bab ini membahas mengenai diagram alir (*flow diagram*), objek penelitian, serta metode pengumpulan data.

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

Bab ini membahas mengenai hasil penelitian dan pengolahan data sistem pentanahan di Gardu Induk 150 kV Keramasan.

### **BAB 5 PENUTUP**

Bab ini berisi kesimpulan hasil penelitian dan saran.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adi Saputra, Y. (2017). Pembuatan Alat Pencatat Arus 3 Phase Menggunakan Sensor AC Non Invasive Berbasis Arduino Mega 2560. *Universitas Muhammadiyah Jember*. <http://repository.unmuhjember.ac.id/id/eprint/430>
- Araújo, A. R. J. de, Colqui, J. S. L., Seixas, C. M. de, Kurokawa, S., Salarieh, B., Filho, J. P., & Kordi, B. (2021). Computation Of Ground Potential Rise And Grounding Impedance Of Simple Arrangement Of Electrodes Buried In Frequency-Dependent Stratified Soil. *Electric Power Systems Research*, *198*, 107364. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2021.107364>
- Badan Standarisasi Nasional. (2000). *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000*. Badan Standarisasi Nasional.
- Batista, R., & Paulino, J. O. S. (2021). Computing Grounding Resistance And Impulse Impedance Of Horizontal Electrodes Parallel Or Perpendicular To The Interface Of A Vertically Stratified Soil Using Transmission Line Theory. *Electric Power Systems Research*, *194*, 107060. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2021.107060>
- Cahyono, B. (2013). Penggunaan Software Matrix Laboratory (Matlab)-Dalam Pembelajaran Aljabar Linier. *Jurnal Phenomenon*, *1*(1), 2088–7868.
- Danang Suryadipraja, A., & Umar, S. T. (2018). *Studi Analisa Kerja Rele Jarak Pada Saluran Transmisi Gardu Induk Wonosari – Gardu Induk Solo Baru 150 KV* [S1, Universitas Muhammadiyah Surakarta]. <http://eprints.ums.ac.id/60098/>
- Fadli, I. (2017). Pengaruh Penambahan Zat Aditif Pada Elektroda Batang Paralel di UIN Suska Riau dengan Metode Parit Melingkar. *Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau*.
- Hariyanto, A., Handayani, O., & Kurniawan, D. (2016). Studi Rele Differensial Pada Trafo Interbus Di Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi Gandul. *Jurnal Ilmiah Sutet*, *6*(1), 35–40.
- Hutauruk, T. S. (1999). *Pengetanahan Netral Sistem Tenaga & Pengetanahan Peralatan*. Erlangga.
- Isyanto, H., & Nurchosid, N. (2017). Disain Optimalisasi Jarak Grid Dan Ground Rod Pada Sistem Pembumian. *Elektum*, *14*(1), 32–44.
- Kamal, J., & Abduh, S. (2018). Perancangan Sistem Pentanahan Gas Insulated Switchgear 150kV Pulogadung Dengan Finite Element Method. *Jetri: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, *15*(2), 187–200.



- Kostić, V. I., & Raičević, N. B. (2016a). A Study On High-Voltage Substation Ground Grid Integrity Measurement. *Electric Power Systems Research*, 131, 31–40. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2015.10.006>
- Kostić, V. I., & Raičević, N. B. (2016b). An Alternative Approach For Touch And Step Voltages Measurement In High-Voltage Substations. *Electric Power Systems Research*, 130, 59–66. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2015.08.023>
- Manullang, V. A. (2018). Analisis Sistem Pembumian Netral Generator Pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap Sei. Batu 2 Å—8.5 MW Sanggau. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 1(1).
- Multa, L., & Aridani, R. P. (2013). *Modul Pelatihan Etap*. Universitas Gadjah Mada.
- Pranoto, A., Tumaliang, H., & Mangindaan, G. M. C. (2018). Analisa Sistem Pentanahan Gardu Induk Teling Dengan Konstruksi Grid (Kisi-kisi). *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 7(3), 189–198. <https://doi.org/10.35793/jtek.7.3.2018.20765>
- Putri, I. R., Haryono, T., & Firmansyah, E. (2016). Review Metode Elemen Hingga Untuk Pentanahan. *Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang*, 5.
- Rachmanto, D. (2019). *Analisis Nilai Tegangan Sentuh Dan Tegangan Langkah Pada Gardu Induk 150 kV Kentungan*. <http://repository.umy.ac.id/handle/123456789/28840>
- Rifa'i, T. I., Hani, S., & Mujiman, M. (2017). Analisis Sistem Pentanahan Dengan Kontruksi Berbentuk Kisi-Kisi (Grid) Pada Switchyard Gardu Induk 150 Kv Bantul. *Jurnal Elektrikal*, 4(2), 73–79.
- Rizal, Y., Hernanda, I. S., & Hakim, J. A. R. (2014). *Analisis Kinerja Sistem Pentanahan PT. PLN (Persero) Gardu Induk 150 kV Ngimbang- Lamongan Dengan Metode Finite Element Method (FEM)*. 6.
- Rudi, D. S. dan A. (2018). Analisis Sistem Pembumian Berbentuk Jaring (GIRD) Pada Gardu Induk 150 kV, di Jalan Sunan Derajat Kecamatan Lamongan, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur. *CYCLOTRON*, 1(1), Article 1. <http://dx.doi.org/10.30651/cl.v1i1.1292>
- Saputra, A. R., Haddin, M., & Nugroho, A. A. (2019). Pengaruh Konfigurasi Dan Kedalaman Penanaman Konduktor Terhadap Resistans Pentanahan Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) 500 kV Ungaran. *MEDIA ELEKTRIKA*, 11(1), 1–13. <https://doi.org/10.26714/me.11.1.2018.%p>
- Sunjerga, A., Li, Q., Poljak, D., Rubinstein, M., & Rachidi, F. (2019). Isolated vs. Interconnected Wind Turbine Grounding Systems: Effect on the Harmonic

- Grounding Impedance, Ground Potential Rise and Step Voltage. *Electric Power Systems Research*, 173, 230–239. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2019.04.010>
- Tang, B., Huang, Y., Liu, R., Wu, Z., & Qu, Z. (2016). Fitting Algorithm Of Transmission Tower Grounding Resistance In Vertically Layered Soil Models. *Electric Power Systems Research*, 139, 121–126. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2015.11.038>
- The Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2000). *IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding*. The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
- Yuniarti, E., Majid, A., & Faisal, F. (2019). Studi Perlakuan Terhadap Tanah Untuk Menentukan Nilai Resistansi Dan Tahanan Jenis Pentanahan. *JURNAL SURYA ENERGY*, 3(2), 269–275. <https://doi.org/10.32502/jse.v3i2.1516>
- Yusmartato, Y., Nasution, R., Pelawi, Z., & Syaru, R. (2021). Pengukuran Grounding Pada Gedung Rumah Sakit Grand MitraMedika Medan. *JET (Journal of Electrical Technology)*, 6(1), 23–30.
- Zarniadi, W., & Ervianto, E. (2019). Analisa Tegangan Sentuh Dan Tegangan Langkah Di Gardu Induk 150 Kv Batu Besar Menggunakan Sistem Grid. *Jurusan Teknik Elektro Universitas Riau*, 6, 1–6.