

SKRIPSI

**PENGEMBANGAN SISTEM PENTANAHAN PORTABEL
MENGGUNAKAN ELEKTRODA PIPA BERBAHAN BAJA GALVANIS**



**Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**

Oleh :
SEIGA AL GHIFARI
0304118162132

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2020**

LEMBAR PENGESAHAN

PENGEMBANGAN SISTEM PENTANAHAN PORTABEL MENGGUNAKAN ELEKTRODA PIPA BERBAHAN BAJA GALVANIS



SKRIPSI

Disusun untuk Memenuhi Syarat Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada
Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Oleh :
SEIGA AL GHIFARI
0304118162132

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro

Indralaya, Juni 2020
Menyetujui,
Pembimbing Utama

A handwritten signature in black ink.

Muhd. Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP : 197108141999031005

A handwritten signature in black ink.

Muhd. Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D.
NIP : 197108141999031005

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Seiga AL Ghifari

NIM : 03041181621032

Fakultas : Teknik

Jurusan/Prodi : Teknik Elektro

Universitas : Sriwijaya

Menyatakan bahwa karya ilmiah “*Pengembangan Sistem Pentanahan Portabel Menggunakan Elektroda Pipa Berbahan Baja Galvanis*” adalah asli karya ilmiah buatan sendiri. Apabila kemudian ditemukan bahwa karya ilmiah ini adalah hasil plagiat dari karya ilmiah orang lain, maka saya bersedia untuk bertanggung jawab dan menerima sanksi yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

Indralaya, 20 Juni 2020



HALAMAN PERNYATAAN DOSEN

Saya sebagai pembimbing dengan ini menyatakan bahwa saya telah membaca dan menyetujui skripsi ini dan dalam pandangan saya skop dan kualitas skripsi ini mencukupi sebagai skripsi mahasiswa sarjana strata satu (S1)



Tanda Tangan : _____

Pembimbing Utama : Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D

Tanggal : 22 / 6 / 2020

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayahnya penulis dapat menyelesaikan karya tulis yang berjudul, “*Pengembangan Sistem Pentanahan Portabel Menggunakan Elektroda Pipa Berbahan Baja Galvanis*”. Tidak lupa shalawat serta salam penulis curahkan kepada junjungan kita, nabi besar Muhammad SAW, serta keluarga, dan sahabat yang insyaallah pengikutnya.

Penulis sadari,bahwa tanpa dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, karya tulis ini tidak dapat diselesaikan. Karena itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua, Sudadi dan Raras Wulandari, saudari kandung, Yauma Janatin Indanuri dan Kenya Excelentia Kines beserta keluarga besar yang senantiasa mendo'akan kelancaran dalam penulisan skripsi.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. H. Anis Saggaff, MSCE selaku Rektor Universitas Sriwijaya beserta staff.
3. Bapak Prof. Ir. Subriyer Nasir, M.S, Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya beserta staff.
4. Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Sriwijaya, Bapak Muhammad Abu Bakar Sidik, S.T., M.Eng., Ph.D yang juga merupakan pembimbing utama penulis dalam penyusunan tugas akhir dan penulisan skripsi yang telah memberikan bimbingan, nasehat, arahan, dan bantuan kepada penulis dari awal hingga terselesaiannya skripsi ini.
5. Dosen pembimbing akademik Ir. Zaenal Hushin, yang telah membimbing penulis selama masa perkuliahan dan memberi saran dan masukan dalam pengambilan mata kuliah.
6. Ewigia Erinoyuki Arimbi sebagai pendamping yang selalu memberikan dukungan terbaik untuk menyelesaikan skripsi ini.
7. Keluarga besar Teknik Elektro angkatan 2016, dan Himpunan Mahasiswa Elektro.

8. Dan pihak-pihak yang sangat membantu dalam penulisan skripsi yang tidak dapat ditulis satu persatu.

Indralaya, Juni 2020

Penulis

ABSTRAK

Sistem pentanahan merupakan komponen penting dalam suatu sistem tenaga listrik, yang mana sistem pentanahan berfungsi sebagai sistem proteksi untuk membuang arus berlebih ketika terjadi gangguan. Dalam beberapa kasus seperti gardu mobile, Diesel Generator mobile, dan proyek lain yang berkaitan dengan listrik arus kuat membutuhkan sistem pentanahan. Tidak efisien untuk menghabiskan tenaga, waktu, dan uang untuk membuat sistem pentanahan yang baik namun hanya digunakan sementara saja. Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan dua kelompok elektroda pentanahan yang dirancang agar dapat ditanam dan dilepas dengan mudah. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa elektroda pipa galvanis bata ringan dapat memberikan pengaruh penurunan pada resistansi sistem pentanahan hingga 11,836%. Sedangkan elektroda pipa galvanis zat aditif dapat memberikan penurunan resistansi sistem pentanahan hingga 62,075%. Berdasarkan perbandingan dari kedua elektroda tersebut, elektroda pipa galvanis bata ringan dapat menurunkan resistansi pada sistem pentanahan, namun belum signifikan.

Kata Kunci – Elektroda Pipa Galvanis; Bata Ringan; Zat Aditif; Sistem Pentanahan

ABSTRACT

Grounding system is an important component in an electric power system, where the grounding system functions as a protection system to get rid of excess current when interference occurs. In some cases such as mobile substations, Mobile Diesel Generators, and other projects related to strong current electricity require grounding systems. Inefficient to spend energy, time and money to make a good grounding system but only used temporarily. This research was carried out by comparing the two groups of earth electrodes which were designed to be easily planted and removed. The results of this study prove that lightweight galvanized brick electrodes can have a reduced effect on earth system resistance up to 11.836%. While the additive galvanized pipe electrode can provide a reduction in the resistance of the earth system up to 62.075%. Based on the comparison of the two electrodes, the light brick galvanized pipe electrode can reduce resistance in the earth system, but it is not yet significant.

Keywords – Galvanized Pipe Electrodes; Lightweight Brick; Additives Grounding System

DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN DOSEN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR RUMUS	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.5 Hipotesis.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Sistem Pentanahan	5
2.1.1 Fungsi Sistem Pentanahan.....	6
2.2 Elektroda Sistem Pentanahan	6
2.2.1 Elektroda Batang (Rod).....	6
2.2.2 Elektroda Pelat	8
2.2.3 Elektroda Pita	9
2.3 Material dan Ukuran Elektroda Pentanahan	10
2.4 Tahanan Jenis Tanah.....	10
2.5 Pengaruh Alam.....	11
2.5.1 Pengaruh Kelembaban	11
2.5.2 Pengaruh Suhu	11
2.5.3 Pengaruh Korosi.....	12
2.6 Baja Galvanis Celup Panas (<i>Hot Dip Galvanizing</i>)	12

2.7 Pengaruh NaCl Terhadap Laju Korosi Besi Galvanis.....	13
2.8 Metode Pengukuran Tahanan Sistem Pentanahan	14
2.9 Laju Korosi	15
2.9.1 Pengaruh Arus Listrik Terhadap Laju Korosi pada Logam	16
2.10 Penelitian Relevan Sebelumnya.....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Lokasi Penelitian.....	18
3.2 Waktu Penelitian.....	18
3.3 Peralatan dan Bahan.....	18
3.3.1 Digital Earth Resistance Tester	18
3.3.2 Soil Moisture Tester.....	19
3.3.3 Bor Biopori	20
3.3.4 Batang Elektroda.....	20
3.3.5 Meteran	21
3.3.6 Zat Aditif.....	22
3.3.7 Bor Tangan.....	22
3.3.8 Peralatan Lain.....	22
3.4 Tahap Penelitian.....	23
3.4.1 Studi Literatur	23
3.4.2 Pengumpulan Alat dan Bahan.....	23
3.4.3 Perancangan Penelitian	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Pendahuluan	32
4.2 Data Hasil Pengukuran.....	32
4.2.1 Data Pengukuran Tahanan Jenis Tanah	32
4.2.2 Data Pengukuran Tahanan Sistem Pentanahan	34
4.3 Perhitungan Tahanan Sistem Pentanahan	35
4.4 Perbandingan Tahanan Sistem Pentanahan.....	36
4.4.1 Perbandingan Antara Masing-masing Elektroda	37
4.4.2 Perbandingan Rata-Rata Nilai Tahanan Pentanahan.....	39
4.4.3 Perbandingan Tahanan Sistem Pentanahan Pagi dan Sore	41
4.5 Persentase Perbedaan Tahanan Resistansi	43
4.6 Laju Korosi Elektroda	45
4.6.1 Laju korosi elektroda bata ringan.....	48
4.6.2 Laju korosi elektroda zat aditif	48
4.6.3 Ketahanan Elektroda Terhadap Korosi	48

4.7 Analisa Elektroda Bata Ringan	49
4.7.1 Perbandingan Garam yang Tersisa.....	49
4.7.2 Pecahan Elektroda Bata Ringan	50
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	52
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran.....	53

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem Pentanahan Sederhana.....	5
Gambar 2.2 Elektroda Batang (<i>Rod</i>).....	7
Gambar 2.3 Elektroda Pelat (<i>Plate</i>)	8
Gambar 2.4 Elektroda Pita dan Macam-macam Konfigurasinya.....	9
Gambar 2.5 Rangkaian pengukuran metode tiga titik.....	14
Gambar 2.6 Rangkaian pengukuran metode empat titik.....	15
Gambar 3.1 <i>Digital Earth Tester</i>	19
Gambar 3.2 <i>Soil Moisture Tester</i>	19
Gambar 3.3 Bor Biopori.....	20
Gambar 3.4 Batang Elektroda	21
Gambar 3.5 Meteran.....	22
Gambar 3.6 Bentonite, Arang, dan Garam.....	22
Gambar 3.7 Rancangan bentuk elektroda	24
Gambar 3.8 Rancangan penanaman elektroda kelompok pertama	24
Gambar 3.9 Rancangan penanaman elektroda kelompok kedua	25
Gambar 3.10 Elektroda Berlubang.....	25
Gambar 3.11 Pencetakan bata ringan.....	26
Gambar 3.12 Proses peracikan zat aditif.....	27
Gambar 3.13 Susuan lubang ditanah untuk elektroda.....	27
Gambar 3.14 Lubang untuk Elektroda	27
Gambar 3.15 Penanaman Elektroda Pertama.....	28
Gambar 3.16 Penanaman Elektroda Kedua	28
Gambar 3.17 Pengukuran tahanan pentanahan	29
Gambar 3.18 Pengukuran tahanan jenis tanah	30
Gambar 4.1 Perbandingan tahanan elektroda.....	35
Gambar 4.2 Perbandingan terpisah antar elektroda (Pagi).....	37
Gambar 4.3 Perbandingan terpisah antar elektroda (Sore)	38
Gambar 4.4 Perbandingan tahanan pentanahan rata-rata (Pagi)	39
Gambar 4.5 Perbandingan tahanan pentanahan rata-rata (Sore).....	40

Gambar 4.6 Perbandingan tahanan pentahanan pagi dan sore	42
Gambar 4.7 (a) Kondisi elektroda setelah dicabut dari tanah (b) kondisi elektroda setelah dibersihkan dari tanah dan bata ringan.	46
Gambar 4.8 Kondisi elektroda setelah dibersihkan dari karat.	47
Gambar 4.9 (a) Garam pada Elektroda bata ringan, (b) Garam pada Elektroda zat aditif.	49
Gambar 4.10 Pecahan bagian atas elektroda bata ringan	50
Gambar 4.11 Pecahan bagian tengah elektroda bata ringan	50
Gambar 4.12 Pecahan bagian bawah elektroda bata ringan.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Material dan Ukuran Elektroda Pentanahan	10
Tabel 2.2 Nilai rata - rata tahanan jenis tanah.....	10
Tabel 2.3 Pengaruh temperatur kepada tahanan jenis tanah.	12
Tabel 2.4 Pengaruh NaCl dan H ₂ SO ₄ kepada besi galvanis celup panas	13
Tabel 2.5 Pengaruh Arus Listrik Terhadap Laju Korosi pada Logam.....	16
Tabel 2.6 Daftar penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.	17
Tabel 3.1 Spesifikasi Elektroda.....	21
Tabel 3.2 Komposisi pembuatan bata ringan.....	26
Tabel 3.3 Komposisi Zat Aditif	26
Tabel 4.1 Data pengukuran tahanan jenis tanah.....	33
Tabel 4.2 Perhitungan Tahanan Sistem Pentanahan	36
Tabel 4.3 Keterangan Grafik.....	36
Tabel 4.4 Persentase perbedaan tahanan pentanahan masing-masing elektroda ..	44
Tabel 4.5 Persentase perbedaan tahanan pentanahan kelompok elektroda.....	45
Tabel 4. 6 Data kondisi elektroda	48

DAFTAR RUMUS

Rumus (2.1).....	7
Rumus (2.2).....	8
Rumus (2.3).....	9
Rumus (2.4).....	15

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Hasil Pengukuran (Pagi)

Lampiran 2. Data Hasil Pengukuran (Sore)

Lampiran 3. Data Iklim Selama Pengukuran (BMKG)

Lampiran 4. Lembar Plagiarisme

Lampiran 5. Sertifikat Peserta pada Seminar AVOER 2019

Lampiran 6. Pernyataan Persetujuan Publikasi Tugas Akhir untuk Keperluan
Akademis

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Untuk menyampaikan listrik dari pembangkit hingga ke pemakai, Perusahaan Listrik Negara (PLN) harus membuat suatu sistem transmisi tenaga listrik dan juga sistem distribusi tenaga listrik. Suatu sistem tenaga listrik membutuhkan banyak sekali komponen untuk menyampaikan listrik dari pembangkit hingga ke konsumen. Sistem pentanahan (*Grounding*) adalah elemen penting dalam suatu sistem tenaga listrik, dimana sistem pentanahan berfungsi sebagai sistem proteksi guna menghilangkan beda potensial dengan cara melepaskan arus berlebih yang terjadi ketika ada gangguan dan juga ketika sistem tersambar petir melalui elektroda khusus yang ditanamkan ke tanah [1].

Sistem pentanahan memiliki standar spesifikasi yang harus dipenuhi. *International Electrotechnical Commission* (IEC) merupakan pedoman Internasional yang digunakan dalam merancang suatu sistem pentanahan, dan untuk di Indonesia, standar tersebut diatur dalam Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL). Berdasarkan Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011) ada beberapa material yang dapat digunakan sebagai elektroda pentanahan, antara lain adalah baja yang dipendam dalam beton, baja galvanis celup panas, baja berlapis tembaga, baja tahan karat, dan tembaga [2].

Kualitas suatu sistem pentanahan bergantung pada resistansi sistem pentanahan tersebut. Semakin kecil tahanan suatu sistem pentanahan maka akan semakin baik sistem pentanahan tersebut untuk membuang arus berlebih yang disebabkan oleh gangguan maupun petir [3]. Banyak cara yang dapat dilakukan untuk menurunkan resistansi sistem pentanahan, beberapa diantaranya adalah dengan menambahkan zat aditif pada sistem pentanahan [4], dan menggunakan Chem-Rod (*Chemical Rod*), chem-rod merupakan salah satu alternatif elektroda

pentanahan yang diciptakan untuk mendapatkan resistansi pentanahan yang kecil dengan menggunakan elektroda yang lebih sedikit.

Sahala et al [5] dalam penelitiannya menjelaskan bahwa dengan menambahkan bentonite dan garam pada elektroda pentanahan akan menurunkan resistansi pentanahan hingga 76%. Setiawan et al [6] dalam penelitiannya menjelaskan bahwa dengan menambahkan arang dan garam pada elektroda pentanahan dapat menurunkan resistansi pentanahan hingga 68.5%. Dapat disimpulkan bahwa dengan menambahkan garam, bentonite, dan arang dapat mempengaruhi nilai resistansi pentanahan suatu sistem pentanahan.

1.2 Perumusan Masalah

Tidak mudah untuk mendapatkan nilai resistansi pentanahan yang kecil, namun dalam beberapa kasus seperti gardu *mobile*, *Diesel Generator mobile*, dan proyek-proyek yang berkaitan dengan listrik arus kuat membutuhkan sistem pentanahan. Tidak efisien untuk menghabiskan tenaga, waktu, dan uang untuk menciptakan sistem pentanahan yang baik namun hanya digunakan dalam jangka waktu yang pendek. Dengan mempertimbangkan hal-hal tersebut maka dilakukan penelitian pengembangan sistem pentanahan yang bisa dibawa kemana-mana dengan pemasangan yang mudah, dan juga mudah dilepas.

Beberapa perusahaan besar telah menciptakan alternatif elektroda pentanahan portabel diantaranya adalah elektroda *Chemical Rod*. Namun harga yang diberikan untuk elektroda *Chemical Rod* ini relatif tinggi karena bahan yang digunakan dalam pembuatannya adalah tembaga dengan harga pasaran Internasional, sehingga tidak *cost-efficient*. Besi galvanis celup panas merupakan suatu material logam yang tahan terhadap karat yang dapat ditemukan di pasar lokal. Selain harganya lebih murah jika dibandingkan dengan tembaga, besi galvanis juga memenuhi kriteria bahan yang dapat digunakan untuk elektroda pentanahan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini antara lain :

1. Untuk mengamati kesesuaian baja galvanis menjadi alternatif untuk menggantikan tembaga sebagai material elektroda pentanahan portabel.
2. Untuk mengembangkan suatu elektroda pentanahan portabel menggunakan material lokal, dengan harga yang efektif.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Beberapa batasan yang dilakukan guna membuat penelitian ini lebih terarah dan efektif:

1. Penelitian dilakukan di tanah lapang daerah Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya, Indralaya.
2. Elektroda yang digunakan dalam penelitian ini merupakan elektroda pipa berbahan besi galvanis.
3. Penelitian dilakukan dengan mengembangkan sistem pentanahan portabel menggunakan konsep elektroda yang dibungkus menggunakan zat aditif (bentonite, arang, dan garam) yang dikeraskan.
4. Penelitian dilakukan dengan menggunakan 2 kelompok elektroda, yang masing-masing kelompok terdiri dari 4 elektroda.
5. Pengukuran resistansi pentanahan dilakukan setiap satu hari dalam satu minggu, selama 3 bulan.

1.5 Hipotesis

Hasil studi literatur dari beberapa referensi, antara lain berdasarkan Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 [2] didapatkan bahwa baja galvanis yang dipendam dalam beton dapat digunakan sebagai elektroda sistem pentanahan, berdasarkan Hunggurami et al [7] dapat dilihat bahwa dalam pembuatan bata

ringan, kita dapat mengganti agregat halus yang digunakan dengan bahan lain, tidak harus menggunakan pasir. serta dari tinjauan literatur [5] [6] didapatkan bahwa dengan menambahkan zat aditif (arang, bentonite, dan garam) dapat menurunkan nilai tahanan pentanahan suatu sistem pentanahan dengan signifikan.

Dari teori hasil studi literatur tersebut, maka dapat disimpulkan sementara, pada penelitian ini akan diperoleh penurunan resistansi sistem pentanahan yang signifikan dengan menggunakan elektroda pipa berbahan besi galvanis terpendam dalam bata ringan yang terbuat dari zat aditif berupa arang, bentonite, dan garam jika dibandingkan dengan menggunakan elektroda pentanahan konvensional.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini, dibahas mengenai pendahuluan berupa latar belakang, rumusan masalah, tujuan, serta lingkupan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dibahas dasar-dasar teori yang bersangkutan dengan sistem pentanahan, dan korosi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini dibahas mengenai metode-metode yang akan digunakan dalam penelitian ini.

BAB IV HASIL PENDAHULUAN

Pada bab ini, dibahas mengenai hasil serta analisa dari penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Kasim *et al.*, “Analisis Penambahan Larutan Bentonit Dan Dan Batang,” vol. 13, pp. 61–72, 2016.
- [2] M. C. May, “Keselamatan dan Pemasangan Instalasi Listrik Voltase Rendah untuk Rumah Tangga,” vol. 1, no. 2011, 2016.
- [3] W. R. Tamma, I. M. Y. Negara, and D. Fahmi, “Pemanfaatan Bentonite sebagai Media Pembumian Elektroda Batang,” *J. Tek. ITS*, vol. 6, no. 1, pp. 39–44, 2017.
- [4] Y. Martin and A. Tanah, “Pengaruh Pencampuran Gypsum Sebagai Zat Aditif Untuk Penurunan Nilai Resistansi Grounding Pada Elektroda Batang Tunggal,” pp. 98–102.
- [5] D. A. SAHALA, “PENTANAHAN DENGAN VARIASI BATANG ELEKTRODA,” 2018.
- [6] D. Setiawan and A. Syakur, “SOIL TREATMENT DALAM MENURUNKAN RESISTANSI PENTANAHAN VARIASI KEDALAMAN ELEKTRODA.”
- [7] E. Hunggurami, W. Bunganaen, and R. Muskanan, “Studi Eksperimental Kuat Tekan Dan Serapan Air Bata Ringan Cellular Lightweight Concrete Dengan Tanah Putih Sebagai Agregat,” *J. Tek. Sipil*, vol. 3, no. 2, pp. 125–136, 2014.
- [8] M. T. Arif Dermawan, Ir. Juningtyastuti, Abdul Syakur, S.T., “ANALISIS PERBANDINGAN NILAI TAHANAN PENTANAHAN YANG DITANAM DI TANAH DAN DI SEPTICTANK PADA PERUMAHAN Arif,” pp. 1–11.
- [9] I. M. Suartika, “Sistem Pembumian (Grounding) Dua Batang Universitas Udayana Kampus Bukit Jimbaran - Bali,” 2017.
- [10] I. Green Book, *Recommended Practice For Grounding of Industrial and Commerical Power System ANSI*. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, inc, 1982.
- [11] A. . Fallis, “Sistem Pentanahan,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp.

- 1689–1699, 2013.
- [12] H. Nawir, M. R. Djalal, and S. Sonong, “Rancang Bangun Sistem Pentanahan Penangkal Petir Pada Tanah Basah dan Tanah Kering pada Laboratorium Teknik Konversi Energi,” *JEEE-U (Journal Electr. Electron. Eng.)*, vol. 2, no. 2, p. 48, 2018.
 - [13] J. Simatupang, “Analisa Sistem Pembumian Peralatan Terhadap Arus Hubung Singkat di PT. PUSRI Palembang,” universitas sriwijaya, 2009.
 - [14] BSN, “Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000),” *Persyaratan Umum Instal. List. 2000 (PUIL 2000)*, vol. 2000, no. Puil, 2000.
 - [15] L. Pasaribu, “Studi Analisis Pengaruh Jenis Tanah, Kelembaban, Temperatur dan Kadar Garam Terhadap Tahanan Pentanahan Tanah,” Fakultas Teknik Program Magister Teknik Elektro Kekhususan Tenaga ListrikK dan EnergiI Universitas Indonesia, 2012.
 - [16] A. Saripudin, “PENGARUH WAKTU GALVANIS TERHADAP PEMBENTUKAN FASA INTERMETALIK Fe-Zn PADA PERMUKAAN ULRIR BAUT BAJA,” 2016.
 - [17] L. O. Arif Rahman, “Analisa Laju Korosi Pada Baja Karbon Rendah Yang Dilapisi Seng Dengan Metode Hot Dip Galvanizing,” vol. 1, no. 2, pp. 25–29, 2016.
 - [18] F. D. Panjaitan, “Pengaruh Penambahan Zat Aditif Zeolit Terkomposisi Terhadap Nilai Tahanan Pentanahan,” Universitas Lampung. Bandar Lampung, 2017.
 - [19] I. Kasim, D. H. Hertog, and D. Corio, “Analisis Penambahan Larutan Bentonite dan Garam Untuk Memperbaiki Tahanan Pentanahan Elektroda Plat Baja dan Batang,” *J. JETri*, vol. 13, pp. 61–72, 2016.
 - [20] E. A. Irianto, “Rancang Bangun RESISTIVITY Meter Digital dengan Metode Four Point Probe untuk Menentukan Hambatan Jenis Tanah,” *J. Fis.*, vol. 03, pp. 96–99, 2014.
 - [21] F. Y. Hutaauruk, “Analisa Laju Korosi pada Pipa Baja Karbon dan Pipa Galvanis dengan Metode Elektrokimia,” p. 138, 2017.
 - [22] DUOYI, *Instruction Manual Digital Earth Resistance Tester model*

DY4300A. Jepang.

- [23] S. Committee, *Standard 80-2000 Guide for Safety in AC substation gorunding*, vol. 56. 2000.