
UJI RESISTIVITAS TANAH UNTUK PEMASANGAN GROUNDING DAN LIGHTNING PROTECTION PROYEK PLTGU TAMBAK LOROK CCPP 600-850 MW BLOK 3 SEMARANG

Dicky Wijayanto¹, Agung Trihasto², Andriyatna Agung Kurniawan³

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tidar Magelang

E-mail: dickywijayanto23@gmail.com¹, agungtrihasto@gmail.com², andriyatna@untidar.ac.id³

Article History:

Received: 14 Desember 2022

Revised: 15 Januari 2023

Accepted: 17 Januari 2023

Keywords: Uji Resistivitas
Tanah dan Uji Validitas Data

Abstract: Uji Resistivitas Tanah merupakan suatu hal yang penting dalam proyek pembangunan pembangkit, dalam hal ini resistivitas diujikan untuk mengetahui kondisi tanah dan mengetahui nilai hantar arus listrik untuk sistem grounding & lightning protection diproyek PLTGU Tambak Lorok CCPP 600-850 MW Blok 3 Semarang. Proyek ini merupakan unit pembangkit baru yang dimiliki oleh PT Indonesia Power Semarang, sehingga pengujian perlu dilakukan untuk mengetahui kelayakan dari tanah untuk pemasangan grounding & lightning protection. Pengujian resistivitas menggunakan elektroda bumi yang diukur menggunakan Earth Tester untuk mengetahui nilai tahanan dan dapat dianalisis untuk mengetahui kelayakan sesuai standar untuk pemasangan grounding & lightning protection. Analisis menggunakan sistem pengambilan data, pengolahan data, perhitungan nilai resistivitas dan uji validitas data sehingga dapat mengetahui nilai sesungguhnya dari data yang diambil.

PENDAHULUAN

Perkembangan pada Era Reformasi pada saat ini menjadikan banyaknya perubahan dan tatanan yang lebih baik dari sebelumnya, salah satu yang dicanangkan oleh pemerintah yaitu pembangunan infrastruktur dan sarana prasarana untuk memberikan perkembangan yang lebih baik demi keberlangsungan hidup. Salah satu kebutuhan yang sangat penting bagi masyarakat yaitu listrik.

Proyek PLTGU Tambak Lorok Unit 3 menjadi salah satu program jangka panjang pemerintah untuk memberikan sumber listrik untuk area Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta, dalam pembangunan suatu proyek akan ada salah satu hal yang terpenting yang nantinya untuk keberlangsungan pengoperasian PLTGU yaitu Sistem *Grounding* dan *Lightning Protection*. Sebelum pemasangan terdapat survei yang berkaitan dengan resistivitas tanah untuk mengetahui kelayakan tahanan tanah pada proyek pembangunan PLTGU Tambak Lorok CCPP 600-850 MW Semarang – Jawa Tengah.

LANDASAN TEORI

Elektroda Bumi

Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011) menjelaskan bahwa Elektroda Bumi pada suatu instalasi harus dihubungkan pada terminal utama menggunakan konduktor pembumian, secara umum elektroda bumi merupakan suatu penghantar yang ditanam dalam bumi yang akhirnya terjadi kontak secara langsung dengan bumi. Bahan dan dimensi elektroda bumi harus memiliki kualitas dan dipilih agar memiliki tingkat fungsional yang lebih baik dari beberapa faktor antara lain terhadap korosi dan memiliki tingkat kuat mekanis yang memadai.

Resistans Jenis Tanah dan Resistans Pembumian

Menurut Peraturan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011) bahwa setiap tanah memiliki karakteristik yang berbeda-beda, hal ini disesuaikan dengan jenis tanah yang akan dipasang grounding. Jenis-jenis tanah sangat mempengaruhi nilai resistans yang didapat, dalam hal ini tentu pada setiap tanah memiliki toleransi yang berbeda-beda baik dari jenis tanah, jenis elektroda maupun panjang elektroda yang ditancapkan, sehingga hal tersebut menjadi acuan dalam pemasangan agar elektroda yang pasang sesuai dan bekerja dengan baik.

Jenis-jenis Elektroda Bumi

Menurut Peraturan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011) bahwa elektrode-elektrode pembumian dibagi atas:

a. Elektrode Pita;

PUIL 2011 menjelaskan bahwa Elektrode pita adalah elektrode yang dibuat dari penghantar berbentuk pita atau berpenampang bulat, atau penghantar pilin yang pada umumnya ditanam secara dangkal. Elektrode ini dapat ditanam sebagai pita lurus, radial, melingkar, jala-jala atau kombinasi dari bentuk tersebut seperti pada gambar 2.2 dibawah, yang ditanam sejajar permukaan tanah dengan dalam 0,5 – 1.0 m. Pemasangan electrode pita harus disusun simetris dengan sudut jari-jari minimal 60° .

b. Elektrode Batang;

PUIL 2011 menjelaskan bahwa Elektrode batang adalah elektrode dari pipa besi, baja profil atau batang logam lainnya yang di tanam dengan kedalaman minimum 1 (satu) meter. Untuk memancarkan elektrode-elektrode ini sering digunakan palu lantak Elektrode-elektrode tersebut dapat juga dimasukkan ke dalam tanah dengan getaran dengan menggunakan pali kango. Kalau tanahnya kering; kadang-kadang sangat sulit untuk mencapai tahanan penyebaran yang cukup rendah. Dalam hal ini, ada kalanya sifat-sifat tanah dapat diperbaiki dengan mengolahnya dengan bahanbahan kimia. Kalau digunakan beberapa electrode batang yang dihubungkan paralel, jarak antara elektrode-elektrode ini sekurang-kurangnya sama dengan 2 panjang efektif dari satu elektrode, atau sekurang-kurangnya 4 meter. Elektrode-elektrode ini tidak boleh berada dalam corong tegangan dari elektrode di sampingnya. Pembumian dengan menggunakan electrode batang juga disebut pembumian dalam.

c. Elektrode Pelat;

PUIL 2011 menjelaskan bahwa Elektrode pelat adalah elektrode dari bahan logam utuh atau berlubang, umumnya ditanam secara dalam dengan kedalaman 0,5-1,0 meter, 1 meter dibawah permukaan tanah. Jika digunakan beberapa pelat yang dihubungkan paralel untuk memperoleh tahanan pembumian yang lebih rendah, jarak antara pelat-pelat ini harus sekurang-kurangnya 3 meter. Untuk mencapai tahanan pembumian yang sama, elektrode-elektrode pelat memerlukan

lebih banyak bahan dibandingkan dengan electrode pita atau elektrode batang.

Analisis dan pengujian *grounding & lightning protection* nantinya yang digunakan dalam PLTGU Tambak Lorok CCPP 600-850 menggunakan acuan yaitu ITP (*Inspection and Test Plan*) 4 (empat) jenis *grounding* yang dipasang sesuai dengan keadaan atau struktur yang dibuat dan fungsi dari *grounding* yang dipasang. Adapun 4 (empat) jenis *grounding* tersebut antara lain :

1. *Grounding Grid*;

Agus Pranoto dkk, 2018 Pentanahan dengan mesh atau grid adalah cara pentanahan dengan jalan memasang kawat konduktor elektroda membujur dan melintang dibawah tanah, yang satu sama lain dihubungkan disetiap tempat sehingga membentuk jala (mesh/grid), secara umum *Grounding Grid* merupakan sebuah konduktor yang berfungsi untuk menghubungkan *grounding* pada bangunan/instrument ke tanah *grounding grid* yang digunakan pada proyek ini menggunakan dua Janis yaitu *grounding grid cable* dan *grounding grid bare Copper*.

2. *Grounding Rod* (Elektroda Batang);

PUIL 2011 menjelaskan bahwa elektroda batang adalah suatu tongkat yang berbahan sesuai dengan standar dipasang tegak lurus (Vertikal) kedalam tanah. Umumnya menggunakan bahan tembaga dengan diameter 5/8 inc. Pada dasarnya *Grounding Rod* merupakan penghantar yang ditanam dalam tanah dan sebagai kontak langsung dengan tanah. *Ground Rod* ditanam di beberapa titik disetiap bangunan yang nantinya dikoneksikan pada *grounding grid* sehingga dapat terintegrasi dari tiap tiap bangunan.

3. *Grounding Plate* dan *Plate Strip*

PUIL 2011 menjelaskan bahwa *Grounding Plate* merupakan *plate* yang terbuat dari lempengan tembaga sebagai pendukung dari proses *grounding*. *Grounding Plate* berfungsi untuk mengkoneksikan *grounding* pada *instrument-instrument* yang membutuhkan *grounding* untuk mencegah terjadinya kebocoran arus baik dari konsleting atau sambaran petir. Ada dua jenis *Grounding Plate* yang digunakan yaitu *Grounding Plate* yang dipasang pada dinding-dinding beton dan *Grounding Plate Strip* yang dipasang pada *Steel Structure*.

Pengujian Resistivitas Tanah

Inspection Test Plan (ITP) For *Grounding & Lightning Protection Project* PLTGU Tambak Lorok 2020 menyebutkan bahwa pengujian *Grounding & Lightning Protection* merupakan suatu pengecekan untuk memastikan *grounding* yang dipasang sudah sesuai dengan standar nilai yang sudah ditetapkan mengacu pada standar instalasi *grounding*. Adapun pengetasan *grounding* yang dilakukan antara lain:

A. *Continuity Test*;

B. *Individual Test*;

C. *Looping Test*.

Untuk pengujian resistivitas menggunakan *Individual Test* dengan metode pengujian pada elektroda batang yang diukur menggunakan Earth Tester, nilai yang didapat dari pengujian selanjutnya dihitung menggunakan rumus resistivitas, rumus resistivitas tanah pada dasarnya merupakan penjabaran dari hukum ohm yang sudah dilakukan penurunan dan substitusikan sehingga didapatkan rumus resistivitas sebagai berikut :

$$\rho = 2 \pi a R$$

Keterangan :

ρ : Resistivitas/Tahanan jenis tanah dalam ohm-cm

π : 3,14

a : Jarak Antar Elektroda Bantu

R : Nilai Tahanan (Pada Alat Ukur) Ω

Metode resistivitas dapat dijadikan sebagai parameter untuk mengetahui struktur bawah permukaan tanah, sifat batuan dan bahkan dapat menentukan potensi identifikasi awal adanya air maupun minyak bumi.

Klasifikasi Korosifitas

Korosi merupakan masalah terbesar bagi peralatan-peralatan yang mempergunakan logam. Korosi adalah degradasi atau penurunan mutu logam akibat reaksi kimia suatu logam dengan lingkungannya, faktor lingkungan seperti: udara, air, dan tanah. Beberapa indikator penting yang berperan terhadap klasifikasi laju korosivitas pada tanah yaitu: kandungan air, pH, jenis mineral, nilai tahanan jenis tanah dan parameter kimia-fisika lainnya. Indikator utama yang sangat signifikan dalam menentukan klasifikasi korosivitas tanah adalah nilai tahanan jenis tanah. karena laju dari korosivitas merupakan fungsi dari konduktivitas listrik.

Semakin tinggi kandungan air dalam tanah maka sifatkonduktivitas tanah akan semakin tinggi dan nilai tahanan jenisnya akan semakin rendah. Nilai tahanan jenis tanah rendah (konduktivitas tinggi) maka korosivitas tinggi. Sebaliknya, ketika nilai.

Tabel 1. Klasifikasi Korosifitas Tanah

Resistivitas (Ohm/cm)	Sifat Tanah
<500	Sangat Korosif
500 – 2.000	Korosif
2.000 – 5.000	Korosif Sedang
5.000 – 10.000	Kurang Korosif
>10.000	Tidak Korosif

Uji Validitas

kebenaran data yang diambil sudah sesuai dengan standar pada pengukuran. Secara umum pengukuran yang dilakukan disebut sebagai pengukuran disperse. Pengukuran Disperse yang digunakan sebagai berikut :

Standar deviasi atau Simpangan Baku (σ)

Jika diketahui suatu penyebaran data sangat besar terhadap nilai rata-rata maka nilai σ akan besar, tetapi jika penyebaran data sangat kecil terhadap nilai rata-rata maka nilai σ akan kecil. Soewarno (1995) menyebutkan bahwa nilai σ dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

Keterangan :

σ : Standar Deviasi atau Simpangan Baku

x_i : Nilai Varian

\bar{x} : Rata-Rata Nilai Varian

n : Data yang diambil

Grounding & Lightning Protection

Grounding merupakan suatu instalasi kabel listrik yang dihubungkan dengan tanah yang bertujuan untuk menyalurkan arus listrik yang disebabkan oleh tegangan listrik, konsleting maupun sambaran petir.

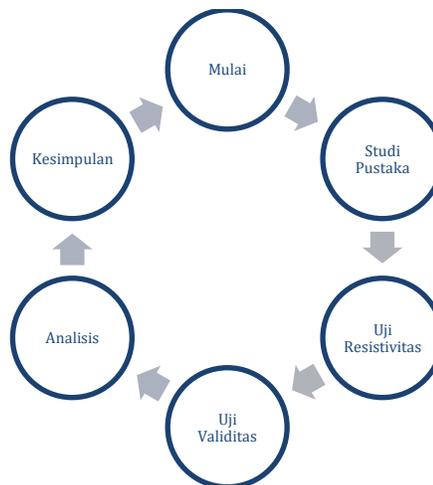
Lightning Protection atau biasa disebut penangkal petir merupakan suatu media penyalur dari sambaran petir menuju ke tanah. Grounding & Lightning Protection memiliki peranan penting dalam instalasi pada PLTGU pada saat beroperasi

Berisi landasan teori yang dipakai pada penelitian ini. Pada bagian ini disarankan memuat banyak pendapat ahli dan berbagai referensi untuk memperkuat penelitian ini.

METODE PENELITIAN

Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian digunakan untuk mengetahui alur kerja penelitian sehingga dapat memudahkan peneliti dalam melakukan langkah-langkah penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proyek PLTGU Tambak Lorok

Proyek PLTGU Tambak Lorok CCPP 600-850 MW merupakan pembangkit unit baru yang sedang dibangun oleh EPC (Engineering, Procurement dan Construction) yaitu oleh PT Hutama Karya, Marubeni Construction dan General Electric. PLTGU ini menjadi unit ke tiga yang dimiliki oleh Indonesia Power Semarang dengan kapasitas yang ditargetkan 600-850 MW. Proyek PLTGU yang dibangun ini nantinya akan memiliki sistem *grounding* dan *lightning protection* yang berguna untuk memberikan keamanan pada keselamatan manusia dari bahayanya arus lebih atau kebocoran arus dan bahkan dari sambaran petir, untuk itu perlu dilakukannya pengujian terhadap resistivitas tanah sehingga fungsi dari *grounding* dan *lightning protection* yang akan dipasang berfungsi dengan baik sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI).

Resistivitas Tanah

Resistivitas tanah merupakan suatu metode geofisika yang dapat memberikan gambaran susunan dan kedalaman lapisan batuan, dengan mengetahui sifat-sifat kelistrikan lapisan batuan dibawah permukaan tanah.

Pengujian Resistivitas Tanah

Pengujian Resistivitas Tanah dilakukan untuk mengetahui berapa nilai resistan tanah di Proyek PLTGU Tambak Lorok Unit 3, nilai yang didapat akan diolah untuk menyesuaikan standar yang telah ditetapkan sehingga fungsi dari *grounding* dan *lightning protection* dapat berfungsi dengan baik. Tabel 2 menunjukkan data-data nilai yang didapat dari pengukuran di beberapa titik yang sudah ditentukan.

Tabel 2. Nilai Pengukuran Resistivitas Tanah

No	Elektroda			Nilai Resistivitas
	Panjang (m)	Diameter (mm)	Bahan	Ohm (Ω)
1	3	24	Tembaga/ <i>Copper</i>	0,56
2	3	24	Tembaga/ <i>Copper</i>	0,21
3	3	24	Tembaga/ <i>Copper</i>	0,05
4	3	24	Tembaga/ <i>Copper</i>	0,94
5	3	24	Tembaga/ <i>Copper</i>	0,4
6	3	24	Tembaga/ <i>Copper</i>	0,39
7	3	24	Tembaga/ <i>Copper</i>	0,29
8	3	24	Tembaga/ <i>Copper</i>	0,28
9	3	24	Tembaga/ <i>Copper</i>	0,24
10	3	24	Tembaga/ <i>Copper</i>	3,3

11	3	24	Tembaga/Copper	3,07
12	3	24	Tembaga/Copper	2,65
13	3	24	Tembaga/Copper	3,07
14	3	24	Tembaga/Copper	4,33
15	3	24	Tembaga/Copper	6,38
16	3	24	Tembaga/Copper	2,52
17	3	24	Tembaga/Copper	2,03
18	3	24	Tembaga/Copper	1,51
19	3	24	Tembaga/Copper	1,16
20	3	24	Tembaga/Copper	0,37

Pengujian Validitas Data

Pengujian validitas data menggunakan metode Standar deviasi atau Simpangan Baku (σ), dari metode ini data-data yang sudah diambil dapat diakui keaslian datanya dapat dipercaya kebenerannya. Berikut pengujian validitas data menggunakan metode standar deviasi atau simpangan baku (σ) :

a. Standar deviasai atau simpangan baku

Standar deviasi atau simpangan baku akan menunjukkan nilai sesungguhnya yang didapatkan dari data-data pengukuran pada table 4.4 Resistivitas Tanah :

Tabel 3. Nilai Penentuan Standar Deviasi atau Simpangan Baku

No	x	\bar{x}	(x - \bar{x})	(x - \bar{x}) ²
1	0,56	1,6875	-1,1275	1,27125625
2	0,21	1,6875	-1,4775	2,18300625
3	0,05	1,6875	-1,6375	2,68140625
4	0,94	1,6875	-0,7475	0,55875625
5	0,4	1,6875	-1,2875	1,65765625
6	0,39	1,6875	-1,2975	1,68350625
7	0,29	1,6875	-1,3975	1,95300625
8	0,28	1,6875	-1,4075	1,98105625
9	0,24	1,6875	-1,4475	2,09525625
10	3,3	1,6875	1,6125	2,60015625
11	3,07	1,6875	1,3825	1,91130625
12	2,65	1,6875	0,9625	0,92640625
13	3,07	1,6875	1,3825	1,91130625
14	4,33	1,6875	2,6425	6,98280625
15	6,38	1,6875	4,6925	22,0195563
16	2,52	1,6875	0,8325	0,69305625

17	2,03	1,6875	0,3425	0,11730625
18	1,51	1,6875	-0,1775	0,03150625
19	1,16	1,6875	-0,5275	0,27825625
20	0,37	1,6875	-1,3175	1,73580625
Jumlah				55,272375

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{55,272375}{20}}$$

$$\sigma = \sqrt{2,76362}$$

$$\sigma = 1,66241 \Omega$$

$$\sigma = 1,7 \Omega$$

dari hasil pengukuran didapatkan nilai kebenaran sebesar 1,7 Ω .

Analisis Tanah

Proyek PLTGU Tambak Lorok CCPP 600-850 MW memiliki tekstur tanah utama yaitu tanah rawa. Tanah rawa adalah lahan yang sepanjang tahun, atau selama waktu yang panjang dalam setahun, selalu jenuh air (*saturated water*) atau tergenang (*waterlogged*). Tanah rawa pada proyek ditimbun menggunakan material tanah yang memiliki tekstur padat sehingga dalam berdirinya sebuah bangunan akan lebih aman. Tekstur tanah pada proyek akan berangsur-asur pada lapisan atas akan padat seiring berjalannya waktu, selanjutnya pengujian kelayakan resistivitas tanah untuk pemasangan grounding dilakukan dan didapatkan nilai sesuai dengan pada Tabel 3.3 Nilai Pengukuran Resistivitas Tanah. Setelah didapatkan nilai dari pengukuran selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap nilai yang sudah didapat untuk memastikan nilai yang didapat menjadi acuan dalam menentukan kelayakan pemasangan grounding dan lightning protection proyek PLTGU tambak lorok semarang. Berikut perhitungan dari data nilai pengukuran yang didapat :

$$\begin{aligned} \text{a. } \rho &= 2 \pi a R \\ &= 2 \cdot 3,14 \cdot 500 \cdot 0,56 \\ &= 1758,4 \text{ ohm-cm} \end{aligned}$$

Hasil keseluruhan pengukuran yang sudah dihitung dapat dilihat pada Tabel 4 dibawah :

Tabel 4. Hasil Pengukuran

No	Nlai Pengukuran	Jarak Elektroda (cm)	Ω	Nilai Resistivitas
1	0,56	500	3,14	1758,4
2	0,21	500	3,14	659,4
3	0,05	500	3,14	157

4	0,94	500	3,14	2951,6
5	0,4	500	3,14	1256
6	0,39	500	3,14	1224,6
7	0,29	500	3,14	910,6
8	0,28	500	3,14	879,2
9	0,24	500	3,14	753,6
10	3,3	500	3,14	10362
11	3,07	500	3,14	9639,8
12	2,65	500	3,14	8321
13	3,07	500	3,14	9639,8
14	4,33	500	3,14	13596,2
15	6,38	500	3,14	20033,2
16	2,52	500	3,14	7912,8
17	2,03	500	3,14	6374,2
18	1,51	500	3,14	4741,4
19	1,16	500	3,14	3642,4
20	0,37	500	3,14	1161,8
Rata-rata				5298,75

KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian yang berjudul “**UJI RESISTIVITAS TANAH UNTUK PEMASANGAN *GROUNDING* DAN *LIGHTNING PROTECTION* PROYEK PLTGU TAMBAK LOROK CCPP 600-850 MW BLOK 3 SEMARANG**” bahwa Proyek PLTGU Tambak Lorok Blok 3 memiliki tekstur tanah rawa yang melalui proses penimbunan material tanah baru untuk memberikan daya tahan dalam menopang sebuah bangunan, hal ini mempengaruhi system grounding sehingga tanah actual proyek PLTGU Tambak Lorok Blok 3 harus membutuhkan waktu untuk memperoleh system grounding yang baik.

Hasil pengukuran dan perhitungan untuk menentukan tingkat resistivitas tanah pada proyek PLTGU Tambak Lorok menunjukkan bahwa pada proyek ini memiliki tingkat “**Kurang Korosif**” hal ini membuat nilai dari hasil ukur memiliki hasil yang berbeda-beda ada yang sudah masuk dalam standar dan ada yang masih diluar standar, secara standar tanah yang memiliki tingkat korosifitas tinggi memiliki system grounding yang sangat baik nilainya namun dengan risiko material dari grounding akan mengalami tingkat korosifitas tinggi juga sehingga perlunya

pemeliharaan secara berkala, untuk hal tersebut tidak memberikan pengaruh terhadap bangunan, maupun peralatan listrik lainnya karena system grounding dan lightning protection diproyek PLTGU Tambak Lorok Blok 3 tersistem dari tiap-tiap bangunan sehingga system grounding dapat mendukung grid system yang lainnya.

Uji validitas data menunjukkan dari dua puluh data yang sudah diambil bahwa pada Proyek PLTGU Tambak Lorok memiliki hasil resistansi tanah sebesar $1,7 \Omega$ nilai ini sudah masuk dalam standar dimana resistansi pentanahan memiliki nilai maksimal sebesar 5Ω .

DAFTAR REFERENSI

- Adekitan, Aderibigbe Israel dan Michael Rock, 2022, Lightning strike probability and current simulation for simple structures and floating roof tank, Ilmenau Germany, Alexandria Engineering Journal
- Badan Standardisasi Nasional (BSN), 2000, Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000, Jakarta, Standar Nasional Indonesia (SNI)
- Ghomi, Muhammad, dkk, 2022, Transient overvoltage analysis in the medium voltage substations based on full-wave modeling of two layer grounding system
- E. Faleiro dkk, 2022, *A Fast Method to compute the grounding resistance of a coated electrode using the coated electrode equivalent radius*, Madrid, *Internation Journal of Electrical Power and Energy System*
- Hao, Bai, 2022, *Single-Phase grounding fault line selection method based on zero-sequence current increment*, Ghuanzhou, *ScienceDirect*
- IEEE std 80-1986. *IEEE Grid Safety in AC Substation Grounding*. New York
- Journal of Electrical Engineering – UMSIDA, 2017, *Perencanaan Sistem Pentanahan Tenaga Listrik Terintegrasi pada Bangunan*, Sidoarjo, JEEE-U
- Kadek Rudi Andika Setyawan dkk, 2018, Analisis Sistem Pembumian untuk Mengamankan Instalasi Listrik di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana Jimbaran Bali, Bali, *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*
- Peraturan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia, PER.02/MEN/1989, *Pengawasan Instalasi Penyalur Petir*;
- Thamrin dkk, 2019, Studi Pembumian Peralatan Dan Sistem Instalasi Listrik Pada Gedung Kantor BICTPT.Pelindo I (Persero), Medan, *Jurnal Teknologi Energi UDA*
- Yusmartato dkk, 2021, Pengukuran Grounding Pada Gedung Rumah Sakit Grand Mitra Medika Medan, Medan, *Journal of Electrical Technology*