

# Analisis Tahanan Pentanahan pada Peralatan Gardu Induk PT. PLN (Persero) Banda Aceh

Junaidi<sup>1)</sup>, Syukri<sup>2\*)</sup>, Muhammad Raudhi Azmi<sup>3)</sup>, Muliadi<sup>4)</sup>, Teuku Multazam<sup>5)</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5)</sup> Prodi Teknik Elektro, Universitas Iskandarmuda

Jl. Kampus UNIDA, Surien, Meuraxa, Kota Banda Aceh, Aceh 23234

\*Corresponding author E-mail: [syukrie0383@gmail.com](mailto:syukrie0383@gmail.com)

## ABSTRACT

*The substation is one part of the electric power system that has the potential for danger, both caused by lightning disturbances and overcurrents so that all equipment must be installed with an earthing system. The earthing system is an installation device that functions to secure electrical overcurrent and overvoltage caused by lightning or internal electrical disturbances by releasing the charge to the ground. Generally, the earthing system at substations uses a grid earthing system because it has several advantages over other grounding systems. The grid earthing system is carried out by implanting electrode rods at a certain depth. The distribution of voltage depends on the distance of the parallel electrodes, the farther the distance of the electrodes, the more uneven the distribution of the voltage and the closer the distance of the parallel electrodes, the more evenly distributed the voltage. Therefore, the purpose of this study is to obtain the value of the equipment grounding resistance at the 150 kV Banda Aceh substation. The method used is by measuring grounding resistance on several substation equipments, namely Lightning Arrester (LA), Potential Transformer (PT), Current Transformer (CT), Circuit Breaker (CB), and Disconnecting Switch (DS). As a result, the value of ground resistance on the equipment of the Banda Aceh substation as a whole is less than 1 Ohm and is by PUIL 2011 standards, which is less than 5 Ohm.*

**Keywords:** Substations, earthing systems, electrodes, grounding resistance.

## ABSTRAK

*Gardu induk merupakan salah satu bagian dari sistem tenaga listrik yang sangat berpotensi akan terjadinya bahaya, baik yang disebabkan oleh gangguan petir maupun arus lebih sehingga semua peralatannya harus dipasang sistem pembumian. Sistem pembumian merupakan suatu perangkat instalasi yang berfungsi untuk mengamankan arus lebih dan tegangan lebih listrik yang diakibatkan oleh petir maupun gangguan internal listrik dengan melepas muatan ke tanah. Umumnya, sistem pembumian pada gardu induk menggunakan sistem pembumian grid karena mempunyai beberapa keuntungan dibandingkan sistem pembumian lainnya. Sistem pembumian grid dilakukan dengan cara menanamkan batang-batang elektroda pada kedalaman tertentu. Penyaluran tegangan tergantung pada jarak elektroda paralelnya, makin jauh jarak elektroda maka pendistribusian tegangannya makin tidak rata dan makin dekat jarak elektroda paralel maka pendistribusian tegangannya semakin merata. Oleh sebab itu, tujuan penelitian ini yaitu untuk mendapatkan nilai tahanan pentanahan peralatan pada gardu induk 150 kV Banda Aceh. Adapun metode yang digunakan yaitu dengan melakukan pengukuran tahanan pentanahan pada beberapa peralatan gardu induk yaitu Lightning Arrester (LA), Potential Transformer (PT), Current Transformer (CT), Circuit Breaker (CB), dan Disconnecting Switch (DS). Hasilnya, nilai tahanan pentanahan pada peralatan gardu induk Banda Aceh secara keseluruhan didapatkan kurang dari 1 Ohm dan sesuai dengan standar PUIL 2011 yaitu kurang dari 5 Ohm.*

**Kata Kunci:** Gardu induk, sistem pembumian, elektroda, tahanan pentanahan.

## I. PENDAHULUAN

Gardu induk merupakan suatu sistem instalasi listrik yang terdiri dari beberapa peralatan listrik dan menjadi penghubung listrik dari pembangkit ke jaringan transmisi yang selanjutnya disalurkan ke jaringan distribusi primer, dan berfungsi sebagai penyalur daya dengan tegangan operasinya. Gardu induk adalah salah satu bagian dari sistem tenaga listrik yang mempunyai kemungkinan sangat besar mengalami bahaya yang disebabkan oleh timbulnya gangguan dari petir maupun arus lebih sehingga arus gangguan itu mengalir ke tanah sebagai akibat isolasi

peralatan yang tidak berfungsi dengan baik [1][2]. Arus gangguan tersebut akan mengalir pada bagian-bagian peralatan yang terbuat dari metal dan juga mengalir dalam tanah di sekitar gardu induk yang disebut juga dengan sistem pembumian [3]. Sistem pembumian merupakan suatu perangkat instalasi yang berfungsi untuk mengamankan arus lebih dan tegangan lebih listrik yang diakibatkan oleh petir maupun gangguan internal listrik dengan melepas muatan ke tanah [4][5].

Pada gardu induk, sistem pembumian yang banyak digunakan yaitu sistem pembumian grid karena mempunyai

beberapa keuntungan dibandingkan sistem pembumian lainnya. Beberapa keuntungan tersebut antara lain gradien tegangan pada sistem pembumian grid akan lebih rata serta tahanan pentanahan yang lebih kecil. Sistem pembumian grid dilakukan dengan cara menanamkan batang-batang elektroda pada kedalaman tertentu. Batang-batang elektroda tersebut terhubung satu dengan yang lainnya menggunakan kawat/konduktor, sehingga membentuk beberapa buah mesh [6][7]. Distribusi tegangan tergantung pada jarak elektroda paralel, makin besar jarak elektroda maka pendistribusian tegangannya makin tidak rata dan makin dekat jarak elektroda paralel maka pendistribusian tegangannya semakin merata [8].

Pentanahan peralatan gardu induk berfungsi untuk membatasi tegangan antara bagian alat-alat yang tidak dilalui tegangan dengan tanah menggunakan suatu resistansi pentanahan yang menurut standar PUIL berkisar dibawah 5 ohm dan aman bagi semua kondisi operasional [9]. Demi terciptanya bentuk tahanan yang aman seperti yang tersebut, maka diperlukan adanya pentanahan peralatan pada gardu induk Banda Aceh. Sistem pentanahan peralatan adalah sistem penghantar yang menghubungkan sistem, badan peralatan dan instalasi dengan bumi/tanah sehingga dapat mengamankan manusia dari sengatan listrik, serta dapat mengamankan komponen-komponen instalasi dari bahaya tegangan/arus abnormal [5][10][11]. Oleh karena itu, sistem pentanahan menjadi hal yang sangat penting dalam hal pengamanan gangguan listrik.

Berdasarkan latar belakang tersebut, bagaimana mendapatkan nilai tahanan pentanahan peralatan pada gardu induk 150 kV Banda Aceh dengan menggunakan teknik pengukuran langsung. Pada gardu induk, sistem pentanahan yang digunakan yaitu sistem grid, yaitu sistem pembumian yang dilakukan dengan cara menanamkan batang-batang konduktor sejajar dengan permukaan tanah pada kedalaman tertentu.

## II. METODE

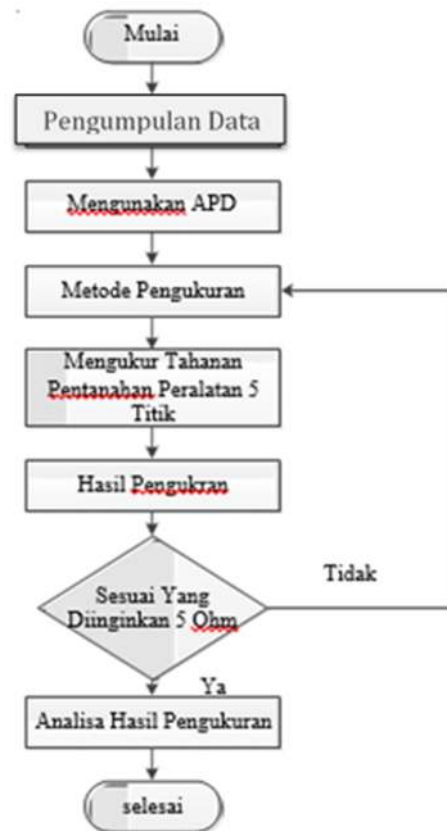
Penelitian ini dilakukan pada PT. PLN (Persero) Penyaluran dan Pusat Pengaturan Beban Unit Pelayanan Transmisi Banda Aceh atau lebih dikenal dengan Gardu Induk Banda Aceh yang beralamat di Jl. Soekarno-Hatta, Lampeunerut, Banda Aceh yang berlokasi lebih kurang 100 meter dari jalan. Adapun tahapan penelitiannya yaitu pengumpulan data, menggunakan APD, metode pengukuran, mengukur tahanan pentanahan, dan analisa hasil pengukuran. Diagram alir penelitiannya ditunjukkan pada Gambar 1.

### A. Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan beberapa metode diantaranya yaitu:

- Metode Observasi yaitu dengan melakukan peninjauan kelapangan guna mendapatkan informasi mengenai sistem pentanahan peralatan gardu induk Banda Aceh.
- Metode Literatur yaitu mencari informasi dengan melalui jurnal/artikel, buku-buku tentang sistem pentanahan, peralatan *switchgear* serta buku-buku lain yang berkaitan dengan topik permasalahan dalam penelitian.

- Metode wawancara yaitu dengan menggali informasi-informasi dari para karyawan gardu induk Banda Aceh yang sudah punya wewenang.



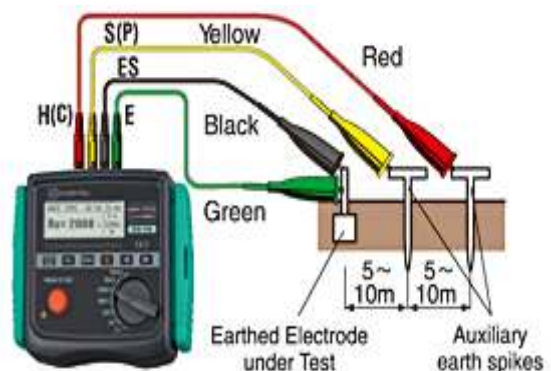
Gambar 1. Diagram alir penelitian

### B. Menggunakan Alat Pelindung Diri (APD)

Alat pelindung diri adalah suatu kewajiban di mana biasanya para pekerja di sebuah proyek memiliki kewajiban menggunakannya. Kewajiban itu sudah di sepakati oleh pemerintah melalui departemen tenaga kerja republik Indonesia. Alat pelindung diri terdiri dari masker, helm, sarung tangan, dan sepatu pengaman [12].

### C. Metode Pengukuran

Alat ukur tahanan pentanahan yang digunakan untuk mengukur tahanan pentanahan pada peralatan gardu induk namanya adalah *Earth Tester* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 [13][14]:



Gambar 2. Earth tester [14]

Selanjutnya, teknik pengukuran tahanan pentanahan pada peralatan gardu induk dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Tanamkan ke elektroda bantu ke dalam tanah jarak antar elektroda tersebut antara 5- 10 meter.
- Hubungkan terminal E (warna hijau) ke elektroda pada Peralatan yang diukur.
- Hubungkan terminal P (warna kuning) ke elektroda bantu yang kedua yang ditancapkan ke tanah.
- Hubungkan terminal C (warna merah) ke elektroda bantu yang ketiga yang ditancapkan ke tanah. Lalu cek baterai alat ukur dengan memutar selektor pada posisi BATT CHECK, lalu tekan tombol uji, pastikan jarum penunjuk berada pada posisi BATT GOOD.
- Kemudian atau selector pada posisi 20 ohm.
- Mencatat nilai tahanan yang keluar.

#### D. Mengukur Tahanan Pentanahan Peralatan 5 Titik

Pada tahapan ini pengukuran tahanan pentanahan pada peralatan gardu induk Banda Aceh dilakukan sebanyak 5 (lima) kali yaitu pada *Lightning Arrester (LA)*, *Potential Transformer (PT)*, *Current Transformer (CT)*, *Circuit Breaker (CB)*, dan *Disconnecting Switch (DS)*. Semua tahanan pentanahan pada peralatan tersebut diharapkan sesuai dengan yang diinginkan yaitu di bawah 5 Ohm.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran tahanan pentanahan pada peralatan gardu induk Banda Aceh yaitu:

#### A. Pengukuran Tahanan Pentanahan pada LA

Pengukuran tahanan pentanahan pada *Lightning Arrester (LA)* dilakukan sebanyak 5 kali yaitu pada fasa R, S, dan T. Hasilnya adalah sebagai berikut:

TABEL 1. NILAI TAHANAN PENTANAHAN PADA LA

No	Fasa R (Ohm)	Fasa S (Ohm)	Fasa T (Ohm)
1	0.10	0.12	0.09
2	0.11	0.11	0.09
3	0.10	0.12	0.10
4	0.13	0.12	0.12
5	0.09	0.12	0.09

Tabel 1 menunjukkan bahwa pengukuran tahanan pentanahan dilakukan sebanyak 5 kali, hasilnya didapatkan bahwa nilai tahanan pentanahan pada fasa R paling rendah yaitu sebesar 0,09 Ohm dan paling tinggi sebesar 0,13 Ohm. Pada fasa S, nilai tahanan pentanahan paling rendah yaitu sebesar 0,11 Ohm dan yang paling tinggi yaitu sebesar 0,12 Ohm. Selanjutnya, pada fasa T didapatkan nilai tahanan pentanahan paling rendah sebesar 0,09 Ohm dan nilai tahanan pentanahan yang paling tinggi yaitu sebesar 0,12 Ohm. Jadi, didapatkan nilai tahanan pentanahan rata-rata hasil pengukuran yaitu:

TABEL 2. NILAI TAHANAN RATA-RATA PADA LA

Fasa R (Ohm)	Fasa S (Ohm)	Fasa T (Ohm)
0.106	0.118	0.098

Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai rata-rata tahanan pentanahan pada fasa S lebih tinggi yaitu sebesar 0.118 Ohm dan pada fasa T lebih rendah dengan nilai tahanannya sebesar 0.098 Ohm, maka tahanan pada peralatan LA sesuai dengan yang di butuhkan karena masih di bawah 5 Ohm.

#### B. Pengukuran Tahanan Pentanahan pada PT

Hasil pengukuran tahanan pentanahan pada PT yaitu seperti yang di tunjukkan pada Tabel 3 berikut:

TABEL 3. NILAI TAHANAN PENTANAHAN PADA PT

No	Fasa R (Ohm)	Fasa S (Ohm)	Fasa T (Ohm)
1	0.14	0.14	0.09
2	0.11	0.13	0.13
3	0.19	0.15	0.17
4	0.12	0.20	0.10
5	0.15	0.14	0.09

Tabel 3 menunjukkan bahwa nilai tahanan pentanahan pada PT pada fasa R yaitu paling rendah 0,11 Ohm dan paling tinggi sebesar 0,19 Ohm. Pada fasa S, nilai tahanan pentanahan paling rendah yaitu sebesar 0,13 Ohm dan paling tinggi 0,20 Ohm. Pada fasa T nilai paling rendah yaitu sebesar 0,09 Ohm dan yang paling tinggi sebesar 0,17 Ohm. Selanjutnya, dari hasil pengukuran sebanyak 5 kali didapatkan bahwa nilai rata-rata tahanan pentanahan masing-masing pada fasa R, S, dan T yaitu sebesar 0,138 Ohm, 0,152 Ohm, dan 0,116 Ohm. Selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.

TABEL 4. NILAI TAHANAN RATA-RATA PADA PT

Fasa R (Ohm)	Fasa S (Ohm)	Fasa T (Ohm)
0.138	0.152	0.116

Dari Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai rata-rata tahanan pentanahan peralatan PT (*Potensial Transformers*) pada fasa S lebih tinggi dan pada fasa T lebih rendah sehingga masih sesuai dengan yang di butuhkan yaitu masih di bawah 5 Ohm.

#### C. Pengukuran Tahanan Pentanahan pada CT

Berikut ini adalah data hasil pengukuran nilai tahanan pentanahan pada *Current Transformers*, selengkapnya di tunjukkan pada Tabel 5:

TABEL 5. NILAI TAHANAN PENTANAHAN PADA CT

No	Fasa R (Ohm)	Fasa S (Ohm)	Fasa T (Ohm)
1	0.50	0.40	0.56
2	0.50	0.40	0.50
3	0.57	0.40	0.60
4	0.48	0.40	0.60
5	0.50	0.50	0.60

Setelah dilakukan pengukuran tahanan pentanahan sebanyak 5 kali pada peralatan *Current Transformers*, maka didapatkan hasil rata-rata seperti yang di tunjukkan pada Tabel 6 berikut:

TABEL 6. NILAI TAHANAN RATA-RATA PADA CT

Fasa R (Ohm)	Fasa S (Ohm)	Fasa T (Ohm)
0.51	0.42	0.57

Pada Tabel 6 menunjukkan bahwa nilai tahanan pentanahan pada fasa T lebih tinggi dengan nilai tahanannya sebesar 0.57 Ohm dan pada fasa R lebih rendah dengan nilai tahanannya sebesar 0.42 Ohm, maka nilai tahanan pentanahan pada peralatan CT sesuai dengan yang di butuhkan dan di bawah 5 Ohm.

#### D. Pengukuran Tahanan Pentanahan pada CB

Hasil pengukuran pentanahan pada *Circuit Breaker* (CB) selengkapnya di tunjukkan pada Tabel 7 berikut:

TABEL 7. NILAI TAHANAN PENTANAHAN PADA CB

No	Fasa R (Ohm)	Fasa S (Ohm)	Fasa T (Ohm)
1	0.09	0.12	0.10
2	0.10	0.12	0.10
3	0.10	0.10	0.10
4	0.10	0.09	0.13
5	0.15	0.10	0.13

Tabel 7 menunjukkan hasil pengukuran tahanan pentanahan sebanyak 5 kali pada peralatan CB (*Circuit Breaker*) dan didapatkan bahwa nilai rata-rata tahanan pentanahan pada fasa T lebih tinggi dan pada fasa S lebih rendah. Jadi, berdasarkan nilai tahanan rata-rata yang diperoleh, maka tahanan pentanahan pada peralatan CB (*Circuit Breaker*) masih sesuai dengan standar PUIL 2011 yaitu masih di bawah 5 Ohm. Nilai rata-rata tahanan pentanahan pada CB, selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 8.

TABEL 8. NILAI TAHANAN RATA-RATA PADA CB

Fasa R (Ohm)	Fasa S (Ohm)	Fasa T (Ohm)
0.108	0.106	0.112

#### E. Pengukuran Tahanan Pentanahan pada DS

Dengan metode yang sama, pengukuran tahanan pentanahan juga dilakukan pada peralatan *Disconnecting Switch* (DS), hasil pengukuran selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 9.

TABEL 9. NILAI TAHANAN PENTANAHAN PADA DS

No	Fasa R (Ohm)	Fasa S (Ohm)	Fasa T (Ohm)
1	0.28	0.32	0.36
2	0.30	0.30	0.36
3	0.35	0.34	0.33
4	0.27	0.30	0.30
5	0.29	0.31	0.32

Pada Tabel 9, hasil pengukuran tahanan pentanahan pada peralatan DS didapatkan bahwa pada fasa R paling rendah yaitu sebesar 0,27 Ohm dan paling tinggi sebesar 0,35 Ohm. Pada fasa S, nilai tahanan pentanahan paling rendah yaitu sebesar 0,30 Ohm dan yang paling tinggi yaitu sebesar 0,34 Ohm. Selanjutnya, pada fasa T didapatkan nilai tahanan pentanahan paling rendah sebesar 0,30 Ohm dan nilai tahanan pentanahan yang paling tinggi yaitu sebesar 0,36 Ohm. Jadi, didapatkan nilai rata-rata tahanan pentanahan pada peralatan DS yaitu:

TABEL 10. NILAI TAHANAN RATA-RATA PADA CB

Fasa R (Ohm)	Fasa S (Ohm)	Fasa T (Ohm)
0.298	0.314	0.334

Dari hasil pengukuran tahanan pentanahan sebanyak 5 kali pada peralatan DS (*Disconnecting Switch*) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 10, maka didapatkan nilai rata-rata tahanan pentanahan pada fasa T lebih tinggi dengan nilai tahanannya 0.334 Ohm dan pada fasa R lebih rendah dengan nilai tahanannya 0.298 Ohm. Nilai tersebut masih sesuai dengan yang di butuhkan karena masih di bawah 5 Ohm.

#### F. Analisa Pengukuran Tahanan Pentanahan Pada Peralatan Gardu Induk Banda Aceh

Berdasarkan hasil pengukuran, nilai tahanan pentanahan pada peralatan gardu induk Banda Aceh yang terdiri dari *Lightening Arrester*, *Potential Transformers*, *Current Transformer*, *Circuit Breaker*, dan *Disconnecting Switch* masih beraada di bawah 5 Ohm. Hal ini di karenakan menggunakan sistem *grid* yang di hubungkan sebanyak 52 batang elektroda. Namun jika elektroda batangnya hanya satu, maka nilai tahanan pentanahannya akan menjadi sangat besar.

Penggunaan sistem tahanan pentanahan model *grid* ini memiliki keuntungan terutama pada daerah yang memiliki tanah yang besar sehingga tidak perlu menggunakan banyak elektroda pada kedalaman tertentu, batang elektroda tersebut di hubungkan satu dengan lain menggunakan kawat konduktor, sehingga membentuk sebuah *mesh*. Dengan menggunakan metode *grid*, maka nilai tahanan secara keseluruhan adalah sama. Apabila mengalami gangguan, maka dapat dilakukan dengan cepat sehingga aman dan dapat mencegah kerusakan pada peralatan terutama pada peralatan gardu induk Banda Aceh.

## IV. KESIMPULAN

Dari hasil pengukuran tahanan pentanahan pada peralatan gardu induk Banda Aceh dengan menggunakan sistem *grid*, maka dapat di simpulkan bahwa teknik pengukuran tahanan pentanahan terlebih dahulu harus menggunakan K3 (Kesehatan Keselamatan Kerja) agar proses pengukuran aman dari bahaya tegangan tinggi. Tahanan pentanahan pada peralatan gardu induk Banda Aceh secara keseluruhan kurang dari 1 Ohm dan sesuai dengan PUIL 2011 yaitu kurang dari 5 Ohm dengan nilai tahanan rata-rata peralatan yaitu pada LA fasa R adalah 0.106 Ohm, fasa S adalah 0.118 Ohm, fasa T adalah 0.098 Ohm, pada PT fasa R adalah 0.132 Ohm, fasa S adalah 0.152 Ohm, fasa T adalah 0.116 Ohm, pada CT fasa R adalah 0.51 Ohm, fasa S adalah 0.42 Ohm, fasa T adalah 0.57 Ohm, pada CB fasa R adalah 0.108 Ohm, fasa S adalah 0.106 Ohm, fasa T adalah 0.112 Ohm, dan pada DS fasa R adalah 0.298 Ohm, fasa S adalah 0.314 Ohm, fasa T adalah 0.334 Ohm.

## REFERENSI

- [1] United States Department of Agriculture, "Design guide for rural substations," Rural Util. Serv., vol. 4, no. June, p. 764, 2001.
- [2] S. M. Gunawan and J. Sentosa, "Analisa Perancangan Gardu Induk Sistem Outdoor 150 kV di Tallasa, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan," Dimens. Tek. Elektro, vol. 1, no. 1, pp. 37-42, 2013.
- [3] I. M. Darmayusa, I. G. N. Janardana, and I. W. A. Wijaya, "Analisa Sistem Pembumian Pada Pembangkit Listrik Tenaga Minihydro Di Tukad Balian Kabupaten Tabanan," J. SPEKTRUM, vol. 6, no. 3, pp. 45-51, 2019.
- [4] Y. Rizal, I. G. N. S. Hernanda, and I. R. Wahyudi, "Analisis Kinerja Sistem Pentanahan PT. PLN (Persero) Gardu Induk 150 kV

- Ngimbang-Lamongan Dengan Metode Finite Element Method (FEM),” *J. Tek. Pomits*, pp. 1–6, 2014.
- [5] A. Tanjung, “Analisis Sistem Pentanahan Gardu Induk Bagan Batu Dengan Bentuk Konstruksi Grid ( Kisi-Kisi ),” *Jur. Tek. Elektro Fak. Tek. Univ. Lancang Kuning*, pp. 81–85.
- [6] Z. H. Aslimeri, Ganefri, *Teknik Transmisi Tenaga Listrik*, no. 2. Jakarta, 2008.
- [7] A. Syofian, “SISTEM PENTANAHAN GRID PADA GARDU INDUK PLTU TELUK SIRIH,” *J. Momentum*, vol. 14, no. 1, pp. 36–45, 2013.
- [8] T. PT.PLN (Persero), “Buku Pedoman Pemeliharaan Proteksi dan Kontrol Penghantar,” *Buku*, vol. 15, 2014.
- [9] Badan Standar Nasional Indonesia, “Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011),” *DirJen Ketenagalistrikan*, vol. 2011, no. PUIL, pp. 1–133, 2011.
- [10] J. T. Technoscientia, “Sistem Pentanahan Switchyard Dengan Kisi-Kisi ( Grid ) Pada Gardu Induk 150 Kv Bantul,” vol. 10, no. 1, pp. 48–56, 2017.
- [11] M. Suropto, A. Kiswantono, T. Elektro, F. Teknik, and U. B. Surabaya, “Evaluasi Perencanaan Sistem Pentanahan Gardu Induk 150 kV Jabon Dengan Simulasi Software CYMGRD,” vol. 1, no. 2, pp. 137–148.
- [12] A. D. PS, *Dasar – Dasar Keselamatan & Kesehatan Kerja*. 2011.
- [13] M. K. Hamid and S. Abubakar, “Sistem Pentanahan Pada Transformator Distribusi 20 kV di PT . PLN ( Persero ) Area Lhokseumawe Rayon Lhoksukon,” *J. Electr. Technol.*, vol. Vol. 1, pp. 13–16, 2016.
- [14] P. Sumardjati, *Teknik Pemanfaatan Listrik*, no. 1. Jakarta, 2008.