

# Analisis Sistem Pentanahan Instalasi Listrik Gedung Lembaga Pemasyarakatan Kelas IIA Bengkulu

Agung Santoso<sup>1</sup>, Afriyastuti Herawati<sup>1</sup>, Yanolanda Suzantry<sup>1</sup>

<sup>1</sup>program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Bengkulu

e-mail : [toso1994@gmail.com](mailto:toso1994@gmail.com)

## ABSTRAK

Listrik dalam kehidupan sehari-hari merupakan suatu hal yang sudah menjadi kebutuhan pokok. Dalam kehidupan rumah tangga disisi listrik memiliki banyak manfaat tetapi disisi lain memiliki resiko besar yang dapat membahayakan bagi pemakaiannya apabila salah dalam penanganan dan penggunaannya sehingga akan berakibat fatal sampai merenggut nyawa manusia. Adapun pemasangan instalasi listrik di Indonesia telah diatur sesuai dengan Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL 2000). Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penyelesaian penelitian ini dengan observasi. Langkah penelitian dimulai dari tahap persiapan meliputi perijinan dan penelusuran pustaka. Kemudian pengukuran dan pengambilan data resistansi pentanahan untuk sistem pentanahan Lapas Kelas IIA Bengkulu dan dilanjutkan dengan perhitungan serta perbandingan. Hasil keseluruhan penelitian yang telah dilakukan, menyatakan bahwa nilai tahanan pentanahan pada gedung – gedung Lapas Kelas IIA Bengkulu jika dilihat dari hasil perbandingan nilai tahanan pentanahan yang diukur didapatkan nilai tertinggi sebesar 14 Ohm sedangkan nilai tahanan pentanahan terendah 11 ohm dan dibandingkan dengan nilai tahanan sesuai dengan standart PLN untuk rumah tinggal/gedung maka didapatkan bahwa sistem pentanahan di Lapas Kelas IIA Bengkulu belum memenuhi standart PLN

**Kata kunci:** Grounding, nilai pentanahan, elektroda

## 1. PENDAHULUAN

Sistem pentanahan merupakan suatu bagian penting untuk menjamin keselamatan dan menjamin keamanan suatu sistem tenaga listrik. Sistem pentanahan mempengaruhi kelancaran suatu sistem tenaga listrik terutama saat terjadi gangguan, saat sistem pentanahan yang digunakan sudah memenuhi standar, diharapkan bahwa kerugian yang dapat diakibatkan oleh gangguan – gangguan yang timbul dapat dikurangi dan dihindari.

Dalam sistem grounding, kondisi tanah merupakan salah satu faktor yang sangat mempengaruhi nilai resistansi. Namun pada kenyataannya, sering sekali kita jumpai sebuah gedung/perumahan yang sudah

dilengkapi dengan sistem grounding tetapi grounding tersebut belum bisa menetralkan lonjakan arus listrik yang terjadi. Bahkan sering dijumpai perumahan/gedung yang sama sekali tidak dilengkapi dengan sistem grounding pada instalasi listriknya. Hal tersebut tentu sangat berbahaya bagi manusia karena bisa menimbulkan kematian. Disamping itu, tidak adanya atau jeleknya suatu sistem grounding yang terhubung pada suatu instalasi dapat menyebabkan *lifetime* dari barang-barang elektronik dapat berkurang dan bisa menimbulkan kerusakan pada barang elektronik.

Kualitas sistem grounding dilihat dari resistansi yang terukur, nilai resistansi yang bagus adalah 0 s/d 5 ohm. Dengan kata lain apabila hasil ukur menunjukkan >5 Ohm maka resistansi pentanahan tersebut tidak sesuai dengan standarisasi instalasi listrik yang berlaku. Nilai 5 ohm merupakan batas tertinggi resistansi pembumian yang masih bisa ditoleransi. Hal tersebut diatur dalam Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000.

Sistem instalasi listrik yang meliputi pengamanan, pelindung dan perlengkapan lainnya harus terpelihara dengan baik. Faktor usia pada instalasi menjadi salah satu yang dapat menyebabkan keausan, penuaan dan pergeseran pengaturan pada instalasi listrik, maka perlu dilakukan pengecekan dan pemeriksaan secara berkala pada instalasi listrik yang sudah lama berdasarkan petunjuk, metode dan program yang telah ditentukan (PUIL, 2000: 451).

Sistem pentanahan yang terpasang semakin lama akan mengalami peningkatan nilai resistansinya dan menurunnya kualitas pentanahan yang disebabkan oleh karat dan juga resistansi dari tanah sekitar batang elektroda pentanahan. Karat pada batang elektroda akan menghambat arus yang melewati batang elektroda, sehingga aliran arus yang melalui elektroda yang seharusnya disalurkan ke tanah menjadi kurang sempurna.

Resistansi pembumian di Lapas Bengkulu sangat berbeda-beda, hal ini dipengaruhi oleh berbagai faktor yang sudah dijelaskan di atas termasuk juga dipengaruhi oleh faktor umur yang sudah tua pada instalasi listrik gedung, mulai dari instalasi penerangan, tenaga, *grounding* penangkal petir dan juga untuk pernah terjadi sambaran petir pada tahun 2019 sehingga berakibat pada rusaknya alat-alat elektronik pada Lapas Kelas IIA

Bengkulu, maka nilai resistansi pembumian (*grounding*) di Lapas Bengkulu perlu diteliti. Berdasarkan paparan tersebut peneliti ingin meneliti berkaitan dengan nilai resistansi pembumian (*grounding*) gedung di Lapas Bentiring.

Berdasarkan hal tersebut, maka akan dilakukan penelitian terhadap sistem pentanahan yang digunakan sejak tahun 2016 digunakan teknik/metode pengukuran tahanan pentanahan terlebih dahulu dan melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan serta membandingkan hasil pengukuran dan perhitungan.

Pada penelitian ini, elektroda yang digunakan adalah elektroda pita/pilin yang terbuat dari tembaga. Pengukuran nilai tahanan pentanahan dilakukan dengan menggunakan *earth tester* dengan metode 3 titik.

## 2. Metode Penelitian

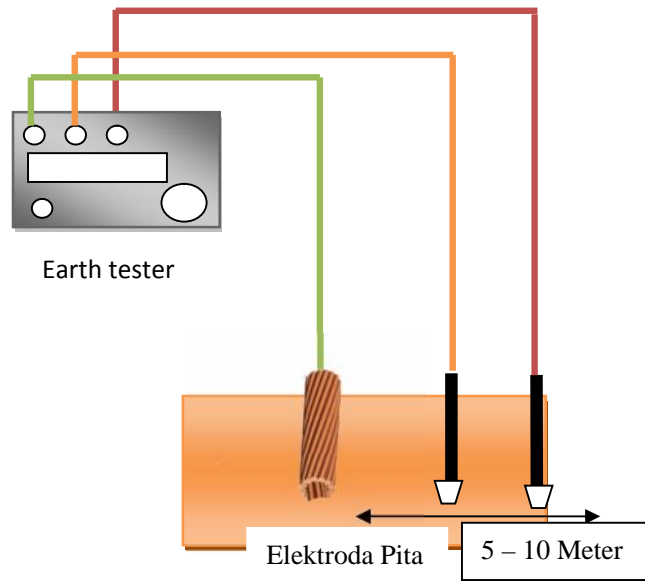
Penelitian dilakukan untuk membahas tentang nilai tahanan pentanahan atau *grounding system* pada gedung lembaga pemasyarakatan kelas IIA Bengkulu. Waktu dan tempat penelitian, metode pengumpulan data, analisa dan jalannya penelitian akan diuraikan berikut ini:

### A. Rancangan Pengukuran Tahanan Pentanahan

Pada penelitian ini pengukuran dilakukan dengan mengukur dan mengamati sistem pentanahan gedung. Pengukuran nilai tahanan pentanahan menggunakan metode tiga titik dimana alat yang digunakan adalah *earth tester*. Adapun wiring diagram dari alat ukur yang digunakan pada saat pengukuran terlihat pada gambar 3.2

Pengukuran dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- Jarak antara elektroda pembumian dengan elektroda bantu ditentukan terlebih dahulu antara 5-10 meter.
- Elektroda Pembumian di tanamkan 1m dibawah permukaan tanah dengan posisi vertical.
- Ketika elektroda pembumian dan elektroda bantu telah ditancapkan maka elektroda dihubungkan dengan alat ukur.
- Kabel warna hijau dihubungkan dengan elektroda pembumian. Kabel warna kuning dihubungkan dengan elektroda bantu 1. Kabel warna merah dihubungkan dengan elektroda bantu 2.
- Setelah dihubungkan, pengukuran dapat dilakukan dengan menekan tombol sw pada *earth tester* dan dahulu memilih skala pada *earth tester*.
- Piringan kuning pada *earth tester* ditekan dan diputar. Hasil pengukuran dapat dilihat di display alat ukur.



Gambar 3.2 Wiring Diagram Alat Ukur pada saat pengukuran

Tabel 4. 1 Hasil pengukuran tahanan di Lapas Bengkulu

No	Nama gedung	Nilai tahanan ( $\Omega$ )
1	Gedung kantor utama	13
2	Gedung kantor dua	12
3	Gedung klinik	14
4	Gedung bimker	13
5	Gedung blok hunian	11

## 3. Hasil dan Pembahasan

### A. Hasil Pengukuran

Nilai tahanan pentanahan hasil pengukuran yang telah dilakukan dengan metode tiga titik seperti gambar 3.2 dengan dua buah elektroda bantu dapat dilihat pada tabel 4.1

Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan seperti yang terlihat pada tabel 4.1 didapatkan hasil dari nilai pentanahan pada setiap gedung, dimana nilai tahanan pentanahan yang didapatkan sebesar 10-15 ohm. Nilai tahanan pentanahan tertinggi terdapat pada gedung klinik dengan nilai tahanan pentanahan sebesar 14 ohm, dimana pada gedung klinik memiliki tinggi gedung sebesar 7 meter, sedangkan untuk nilai tahanan pentanahan terendah terdapat pada gedung blok hunian dengan nilai tahanan 11 ohm dengan memiliki tinggi gedung sebesar 15 meter dengan panjang bangunan 120 meter.

Tabel 4.2  
Hasil perhitungan nilai tahanan pentanahan

No	Nama Gedung	Tahanan Pentanahan (
1.	Gedung Kantor Utama	12,28
2.	Gedung Kantor Dua	
3.	Gedung Klinik	
4.	Gedung Bimker	
5.	Gedung Blok Hunian	

Hasil analisis data menyebutkan bahwa nilai besar kecilnya tahanan pentanahan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu :

1. Bentuk elektroda
2. Jenis bahan dan ukuran elektroda
3. Jumlah/konfigurasi elektroda
4. Kedalaman pemancangan/penanaman di dalam tanah
5. Faktor – faktor alam

Jika faktor – faktor tersebut dapat memenuhi syarat maka nilai tahanan pentanahan akan mendapatkan nilai tahanan pentanahan yang sesuai standart, menurut Prih Sumardjati, (2008, 167) tahanan pentanahan satu elektroda di dekat sumber listrik, transformator atau jaringan saluran udara dengan jarak 200m maksimum adalah 10 Ohm dan tahanan pentanahan dalam suatu sistem tidak boleh lebih dari 5 ohm. Dan juga dari standart peraturan umum listrik Begara (SPLN) 3 (1987 : Pasal 3) menyatakan bahwa tahanan pentanahan menyeluruh hantaran netral JTR yang telah tersambung pada transformator, tiang akhir dan PHB utama maksimum 5 ohm. Jadi dengan kata lain standart tahanan pentanahan rumah tinggal maksimum adalah sebesar 10 ohm, jika semakin kecil nilai tahanan pentanahan rumah tinggal tersebut, maka semakin baik sistem pentanahan yang terpasang.

### B. Perhitungan

Dari hasil pengukuran yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil pada tabel 4.2. selanjutnya dilakukan perhitungan nilai tahanan pentanahan dengan menggunakan persamaan 2.1. Tanah di Lapas Kelas IIA Bengkulu termasuk dalam kategori tanah rawa karena memiliki kadar air yang tinggi dan sedikit berlumpur. Berdasarkan PUIL 2000 besar nilai tahanan jenis tanah untuk tanah rawa sebesar 30 .

Maka didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut :

R = tahanan Pentanahan

= tahanan Jenis Tanah ; 30

= kedalaman elektroda ; 5 m

= diameter elektroda ; 0,016 m

Tabel 4.3  
Perbandingan Nilai Tahanan Pentanahan Perhitungan Dan Pengukuran

No	Nama Gedung	Nilai Tahanan ( Pengukuran	Perhitungan
1.	Gedung Kantor Utama	13	12,28
2.	Gedung Kantor Dua	12	
3.	Gedung Klinik	14	
4.	Gedung Bimker	13	
5.	Gedung Blok Hunian	11	

Tabel 4.4  
Data Hasil Perhitungan Persentase Error

No	Nama Gedung	Persentase error (% error)
1.	Gedung Kantor Utama	5,53
2.	Gedung Kantor Dua	2,33
3.	Gedung Klinik	12,28
4.	Gedung Bimker	5,53
5.	Gedung Blok Hunian	11,63

Tabel 4.5  
Hasil Perbandingan Nilai Tahanan

No	Nama Gedung	Nilai Tahanan ( Pengukuran	Pentanahan Standart PLN
1.	Gedung Kantor Utama	13	10
2.	Gedung Kantor Dua	12	
3.	Gedung Klinik	14	
4.	Gedung Bimker	13	
5.	Gedung Blok Hunian	11	

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka dapat dilihat hasil seperti tabel 4. 2

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan seperti tabel 4.2 maka dapat dilihat bahwa nilai tahanan pentanahan yang didapatkan seragam, hal ini

dikarenakan massa jenis tanah, kedalaman elektroda, diameter elektroda dan jenis elektroda memiliki nilai yang sama sehingga hasil perhitungan yang didapatkan seragam.

### C. Perbandingan Hasil Perhitungan Dan Pengukuran

Setelah didapatkan hasil pengukuran dan perhitungan nilai tahanan pentanahan seperti pada tabel 4. 1 dan 4. 2 maka dapat dilakukan perbandingan nilai tahanan pentanahan anatar nilai perhitungan dan nilai pengukuran seperti pada tabel 4.3

Berdasarkan tabel 4.3 hasil pengukuran dan perhitungan tahanan pentanahan pada gedung-gedung di Lapas Klas IIA Bengkulu dapat dilakukan perhitungan error antara hasil yang didapatkan pada saat perhitungan dan hasil yang didapatkan pada saat pengukuran dengan menggunakan persamaan 4. 1.

Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan untuk persentase error pada setiap gedung – gedung di Lapas Klas IIA Bengkulu maka data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.4

Berdasarkan tabel 4.4 data hasil perhitungan persentase error pada gedung – gedung Lapas Kelas IIA Bengkulu didapatkan persentase error untuk nilai tahanan pentanahan terbesar terdapat pada Gedung Klinik dengan nilai error 12,28 % dan untuk nilai persentase error terkecil terdapat pada bangunan Gedung Kantor dua yaitu dengan nilai error sebesar 2,33 %. Hal ini disebabkan karena nilai yang didapatkan saat pengukuran dan perhitungan tidak memiliki selisih yang besar.

### D. Perbandingan Nilai Tahanan Pentanahan Pengukuran Dan Standart Pln

Adanya persyaratan umum instalasi (PUIL, 2000), diharapkan terciptanya mutu pemasangan instalasi yang baik. Batasan nilai tahanan pentanahan rumah tinggal/gedung yang diperbolehkan maksimal 5 untuk instalasi rumah/kantor dan 2 untuk instalasi petir. Bila tahanan terukur masih tinggi maka panjang batang elektroda harus ditanam lebih dalam lagi, pada PUIL 2000 dijelaskan pula, jika daerah yang mempunyai jenis tanah yang nilai tahanannya tinggi, tahanan pentanahan nya boleh mencapai maksimal 10 . Menurut Prih Sumardjati tahanan pentanahan satu elektroda di dekat sumber listrik transformator atau jaringan saluran udara dengan jarak 200 m maksimum adalah 10 . Jadi dengan kata lain standart tahanan pentanahan rumah tinggal/gedung kantor maksimum adalah sebesar 10.

Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan, maka akan dibandingkan dengan standart SPLN seperti pada tabel 4.5.

Tabel 4.6  
Data Hasil Perhitungan Persentase Error

Nama Gedung	Persentase error (%)
Gedung Kantor Utama	23,07
Gedung Kantor Dua	16,67
Gedung Klinik	28,57
Gedung Bimker	23,07
Gedung Blok Hunian	9,09

Tabel 4.7

hasil perhitungan tahanan pentanahan dengan variasi kedalaman elektroda

Kedalaman elektroda (m)	Tahanan jenis tanah (Ωm)	Tahanan pentanahan (Ω)
6	30	10,52
7		9,24
8		8,22
9		7,45
10		6,77

Berdasarkan tabel 4.5 dapat dilihat perbandingan nilai tahanan saat pengukuran dan nilai tahanan pentanahan standart PLN. Dari lima titik elektroda yang diukur semuanya memiliki nilai tahanan yang melebihi standart PLN yaitu > 10 . Nilai tahanan pentanahan tertinggi terdapat pada bangunan Gedung Klinik dengan nilai 14 , sedangkan nilai tahanan terendah terdapat pada gedung bangunan Blok hunian dengan nilai tahanan pentanahan 11.

Berdasarkan hasil perhitungan persentase error terhadap perbandingan nilai ukur dan nilai standart PLN maka data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.6

Berdasarkan tabel 4.6 dapat dilihat nilai persentase error pada setiap gedung masih cukup besar. Untuk persentase nilai error tertinggi terdapat pada bangunan gedung klinik dengan nilai persentase errornya 28,57 dan nilai persentase error terendah terdapat pada bangunan gedung kantor dua yaitu 9,09 %. Hal ini disebabkan karena selisih antara nilai tahanan ukur dan standart PLN cukup besar.

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, nilai tahanan pentanahan pada Lapas Kelas IIA Bengkulu masih memiliki nilai tahanan diatas standart maksimum untuk instalasi rumah/gedung dengan kriteria pentanahan yang kurang baik sehingga diperlukan perbaikan nilai pentanahan agar dapat memenuhi standart PLN.

Dalam hal ini perlu dilakukan perbaikan nilai pentanahan pada Lapas Kelas IIA Bengkulu. Untuk perbaikan dilakukan variasi kedalaman penanam elektroda pita yang terlihat pada perhitungan di bawah ini :

Tabel 4.8  
Hasil Perhitungan Tahanan Pentanahan Dengan  
Variasi Diameter Elektroda

Io	Diameter elektroda (m)	Tahanan jenis tanah (	Tahanan pentanahan (
1.	0,02	30	11,86
	0,04		10,54
	0,06		9,76
	0,08		9,20
	0,1		8,76

R = tahanan Pentanahan

= tahanan Jenis Tanah ; 30

= kedalaman elektroda; 6 m

= diameter elektroda ; 0,016 m

Dari perhitungan tahanan pentanahan dengan memvariasikan kedalaman penanaman elektroda maka di dapatkan hasil seperti pada tabel 4.7

Berdasarkan tabel 4.7 dapat dilihat untuk kedalaman penanaman elektroda sedalam 6 m secara vertikal dengan tahanan jenis tanah 30 maka didapatkan hasil nilai tahanan pentanahan sebesar 10, 53 sedangkan untuk kedalaman penanaman elektroda sedalam 10 meter dengan tahanan jenis tanah sebesar 30 didapatkan hasil tahanan pentanahan sebesar 6,77 . Hal ini dapat disimpulkan bahwa untuk mendapatkan nilai tahanan yang lebih kecil dapat dilakukan dengan menambah kedalaman elektroda, semakin dalam elektroda pentanahan yang tertanam maka semakin kecil nilai tahanan pentanahan yang didapatkan.

Selanjutnya perbaikan nilai tahanan pentanahan dapat dilakukan dengan menambah diameter elektroda, yang dapat dilihat pada perhitungan di bawah ini :

1. R = tahanan Pentanahan

= tahanan Jenis Tanah ; 30

= kedalaman elektroda ; 5 m

= diameter elektroda ; 0,02 m

Dari perhitungan tahanan pentanahan dengan memvariasikan nilai diameter elektroda maka didapatkan hasil seperti pada tabel 4.8

Berdasarkan tabel 4.8 dapat dilihat untuk diameter elektroda sebesar 0,02 m dengan tahanan jenis tanah 30 maka didapatkan hasil perhitungan tahanan pentanahan sebesar 11, 86 , sedangkan untuk diameter elektroda 0,1 m didapatkan hasil perhitungan nilai tahanan pentanahan sebesar 8,76 . Hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin panjang diameter elektroda yang digunakan maka semakin kecil nilai tahanan pentanahan yang didapatkan.

Selain melakukan perubahan kedalaman penanaman elektroda dan diameter elektroda yang digunakan untuk mendapatkan nilai tahanan pentanahan yang sesuai Standar PLN bisa juga dilakukan dengan cara mengganti jenis elektroda yang digunakan menjadi

elektroda batang tembaga murni sehingga dapat dilakukan analisa menggunakan persamaan 4.2

Perhitungan dapat dilakukan dengan asumsi bahwa kedalaman elektroda 5 m dan diameter elektroda 0,016 m sama seperti yang digunakan pada Lapas Kelas IIA Bengkulu. Selanjutnya dilakukan perhitungan menggunakan persamaan 4.2

R = tahanan Pentanahan

= tahanan Jenis Tanah ; 30

= kedalaman elektroda ; 5 m

= diameter elektroda ; 0,016 m

Dari perhitungan yang menggunakan persamaan 4.2 dapat dilihat bahwa dengan kedalaman elektroda dan diameter elektroda sama dengan yang terpasang pada Lapas Kelas IIA Bengkulu namun elektroda yang digunakan adalah elektroda batang tembaga murni didapatkan hasil tahanan pentanahan yang sangat kecil yaitu 5,8 Nilai tahanan tersebut sudah memenuhi standart PLN sehingga untuk instalasi pentanahan pada Lapas Kelas IIA Bengkulu bisa menggunakan jenis elektroda batang. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan elektroda batang lebih baik dibandingkan menggunakan elektroda pita untuk kondisi tanah pada Lapas Kelas IIA Bengkulu.

#### 4. Penutup

##### Kesimpulan

Dari hasil penelitian didapat nilai pengukuran tahanan pentanahan pada lapas Kelas IIA Bengkulu dengan nilai tahanan pentanahan terbesar terdapat di Gedung Klinik dengan nilai tahanan 14 sedangkan nilai tahanan pentanahan terkecil berada pada gedung Blok hunian dengan nilai tahanan sebesar 11 . Bentuk sistem tahanan pentanahan pada Lapas Kelas IIA Bengkulu adalah berupa elektroda pita/pilin yang tertanam sedalam 5 meter secara vertikal dengan diameter elektroda 0,016 m yang terpasang pada setiap gedung-gedung Lapas Kelas IIA Bengkulu. Hasil nilai perhitungan tahanan pentanahan pada Lapas Kelas IIA Bengkulu dengan tanah rawa dan tahanan jenis tanah sebesar 30 adalah 12,28 . Dari hasil perbandingan nilai tahanan pengukuran dan perhitungan didapat nilai persentase error tertinggi pada gedung klinik dengan nilai error sebesar 12, 28 % dan nilai persentase error terkecil pada gedung blok hunian dengan nilai 2,33 %. Kemudian hasil pengukuran dibandingkan dengan standart PLN sehingga di dapat hasil yang menunjukkan bahwa sistem Pentanahan pada Lapas Kelas IIA Bengkulu termasuk dalam kategori belum memenuhi standart sehingga diperlukan perbaikan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Panitia Revisi PUIL. 2000. Peraturan Umum

Instalasi Listrik 2000. Jakarta : PLN

- [2] Tadjuddin. 1998. Bentuk-bentuk Elektroda Pentanahan Edisi ke Lima Belas. Elektro Indonesia
- [3] Haryanto, Ir. T. 2012. Evaluasi Tahanan Pentanahan Kawat Netral Pada Jaringan Tegangan Menengah Daerah Perbukitan dan Pantai Area Pelayanan Jaringan Semarang. Yokyagarta : Universitas Gadjah Mada
- [4] Khrisna, Bangun. 2015. Perbaiki Sistem Pentanahan pada Gedung Listrik Polinnes. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada
- [5] Suyanto, Muhammad. 2007. Analisis Perbaikan Sistem Pentanahan Pada Kaki Menara Saluran Transmisi Tegangan Tinggi 150 kV Bantul. Yogyakarta : FTI
- [6] Harahap, John Hard M. 2015. Optimalisasi Nilai Tahanan Elektroda Pentanahan dengan Teknik Pengkondisian Tanah. Bengkulu : Universitas Bengkulu
- [7] Negara, Zaid Tasma. 2010. Optimalisasi Nilai Tahanan Pentanahan dengan Penambahan Bentonit,

Batubara, dan Arang pada Sistem Pentanahan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Bengkulu. Bengkulu: Universitas Bengkulu

- [8] Widyarningsih, Wiwik P. 2013. Perubahan Konfigurasi Elektroda Pentanahan Batang Tunggak untuk Mereduksi Tahanan Pentanahan. Semarang : Polinnes
- [9] sumardjati, Prih dkk. 2008. Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 1. Jakarta : Depdiknas
- [10] PLN. 1987. SPLN. 3: 1987 tentang pentanahan jaringan tegangan rendah dan pentanahan instalasi. Jakarta : Dep. Pertamben dan PLN
- [11] PLN. 1993. SPLN. 102: 1993 tentang elektoda bumi jenis batang bulat berlapis tembaga. Jakarta : Dep. Pertamben dan PLN
- [12] Hariyanto, Eko. Analisis Deskriptif Kualitas Tahanan dari Sistem Pentanahan di STO Kaliase - Denpasar. Denpasar: Universitas Udayana.
- [13] Nugroho, Dedy. 2006. Konfigurasi Elektroda Batang pada Sistem Pentanahan. Transistor Vol.6:7-2