

# Perancangan dan Pemasangan Sistem Pembumian untuk Pengembangan Laboratorium Instalasi Listrik Politeknik Negeri Bandung

Fioni Agriyani<sup>1</sup>, Toto Tohir<sup>2\*</sup>, Trisnawiyana<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail: <sup>1</sup>fioni.agriyani.tlis20@polban.ac.id; <sup>2,\*</sup>toto.tohir@polban.ac.id; <sup>3</sup>trisnawiyana@polban.ac.id

## ABSTRAK

Sistem pembumian memegang peranan yang sangat penting dan diperlukan dalam instalasi listrik. Sistem pembumian diperlukan untuk menjaga keamanan dan keselamatan manusia dari bahaya kejut listrik. Menurut IEEE No.81 Tahun 2012 syarat pengujian resistansi pembumian adalah resistansi pembumian perlengkapan dan instalasi listrik yang diamankan lebih baik kurang dari 5 ohm. Jika nilai resistansi pembumian semakin kecil atau kurang dari yang dipersyaratkan maka semakin baik juga sistem pembumiannya. Bila nilai resistansi melebihi nilai yang dipersyaratkan maka harus diperlukan perbaikan untuk memperbaiki nilai resistansi pembumian. Penelitian dan pengukuran ini dilakukan di Gedung Laboratorium Instalasi Listrik Politeknik Negeri Bandung menggunakan metode tiga titik dengan menanamkan elektroda batang. Kedalaman penanaman elektroda batang merupakan salah satu faktor untuk mendapatkan nilai resistansi pembumian yang kecil. Nilai resistansi pembumian yang di dapat akan semakin kecil jika elektroda batang ditanam cukup dalam dengan memperhatikan besarnya tahanan jenis tanah, kedalaman dan diameter elektroda batang. Nilai resistansi pembumian yang sudah sesuai dengan standar IEEE No.81 Tahun 2012 yaitu pada kedalaman 6 meter sebesar 4,6 ohm dan 9 meter sebesar 3,8 ohm karena sudah dari yang dipersyaratkan yaitu sebesar 5 ohm.

### Kata Kunci

*Sistem pembumian, resistansi pembumian, elektroda batang, metode tiga titik*

## 1. PENDAHULUAN

Sistem pembumian adalah sistem hubungan penghantar yang menghubungkan sistem, badan peralatan dan instalasi dengan bumi atau tanah sehingga dapat mengamankan manusia dari sengatan listrik dan mengamankan komponen-komponen instalasi dari bahaya tegangan atau arus abnormal. Sistem pembumian diperlukan untuk menjaga keamanan dan keselamatan manusia dari bahaya kejut listrik. Sistem pembumian diharapkan memiliki nilai resistansi pembumian yang sekecil mungkin, karena dengan hambatan yang kecil dapat mengalirkan arus berlebih langsung ke tanah. Sistem pembumian yang kurang baik dapat mengakibatkan arus bocor tidak dapat disalurkan secara maksimal kembali ke bumi sehingga menimbulkan resiko keamanan dalam hal penggunaan peralatan listrik. Maka, fungsi pembumian adalah untuk mengalirkan arus gangguan ke dalam tanah melalui suatu elektroda pembumian yang ditanam.

## 2. LANDASAN TEORI

### 2.1 Sistem Pembumian

Sistem pembumian (*grounding system*) adalah suatu hubungan antara perangkat instalasi dengan bumi. Sistem pembumian berfungsi untuk mengalirkan arus gangguan ke dalam bumi melalui sebuah perantara yaitu elektroda batang. [1] [2].

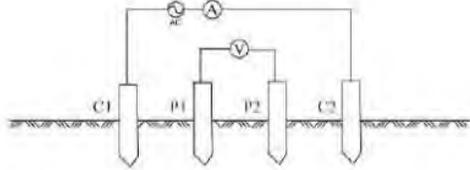
### 2.2 Resistansi Pembumian

Pembumian dilakukan dengan menghubungkan suatu sistem dimana suatu peralatan listrik dengan tanah melalui penghantar dan suatu elektroda [3]. Pemasangan elektroda pembumian harus sesuai dengan standar yang berlaku agar mendapatkan nilai yang baik. Pembumian yang kurang baik akan meningkatkan resiko berbahaya dan kerusakan pada peralatan. Menurut IEEE No.81 Tahun 2012 nilai sebesar 5 ohm merupakan nilai yang aman dari suatu instalasi pembumian. [4] [5].

## 2.3 Metode Pengukuran Resistansi Pembumian

### 2.3.1 Metode Empat Titik

Pada metode pengukuran resistansi pembumian menggunakan metode empat titik, terdapat empat batang elektroda pembumian, 1 ampere meter dan 1 voltmeter dengan sumber daya AC.

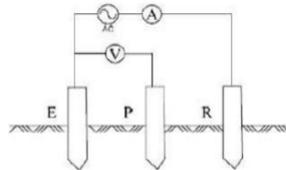


Gambar 1. Metode Pengukuran Tiga Titik (N. Nurdiana, A. Nurdin, D. A. P. Yoga. 2019)

Caranya dengan menyambungkan sumber daya, lalu ukur arus antara C1 dan C2 serta ukur beda potensial antara P1 dan P2.

### 2.3.2 Metode Tiga Titik

Pada metode pengukuran resistansi pembumian menggunakan metode tiga titik, terdapat tiga buah batang elektroda pembumian, dimana batang 1 merupakan elektroda utama, sedangkan batang 2 dan batang 3 sebagai elektroda bantu.



Gambar 2. Metode Pengukuran Tiga Titik (N. Nurdiana, A. Nurdin, D. A. P. Yoga. 2019)

## 2.4 Elektroda Pembumian

Menurut PUIL 2011, 542.2.7 MOD (3.18.2.2) elektroda pentanahan adalah elektroda yang ditanam di dalam tanah dalam keadaan tertentu.

Mengacu PUIL 2011, 5.4.2.7.2 MOD (3.18.2.2.2) elektroda batang ialah elektroda dari pipa besi, baja profil atau batang logam lainnya yang dipancangkan ke dalam tanah.



Gambar 3. Elektroda Batang (N. Nurdiana, A. Nurdin, D. A. P. Yoga. 2019)

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \cdot \left( \ln \left[ \frac{4L}{a} \right] - 1 \right) \quad (1)$$

Dimana:

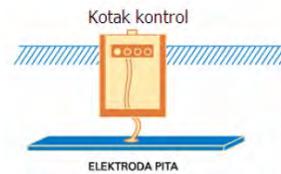
$\rho$  = Tahanan jenis tanah (ohm-m)

$L$  = Panjang elektroda pasak (m)

$a$  = Diameter elektroda pasak (m)

$R$  = Tahanan pentanahan untuk elektroda pasak (ohm)

Mengacu pada PUIL 2011, 542.2.7.1 MOD (3.18.2.2.1) elektroda pita ialah elektroda yang terbuat dari penghantar yang dibentuk seperti pita atau berpenampang bulat dan pada umumnya ditanam secara dangkal.



Gambar 4. Elektroda Pita (N. Nurdiana, A. Nurdin, D. A. P. Yoga. 2019)

$$RG = RW = \frac{\rho}{\pi Lw} \cdot \left[ \ln \left( \frac{2LW}{\sqrt{Dw} \cdot Zw} \right) + \frac{1,4LW}{\sqrt{Aw}} - 5,6 \right] \quad (2)$$

Dimana:

$RW$  = Tahanan dengan kisi-kisi grid kawat ( $\Omega$ )

$LW$  = Panjang total grid kawat (m)

$Dw$  = Diameter kawat (m)

$Zw$  = Kedalaman penanaman (m)

$Aw$  = Luasan yang dicakup oleh grid ( $m^2$ )

$\rho$  = Tahanan jenis tanah ( $\Omega$  m)

Mengacu pada PUIL 2011, 542.2.7.3 MOD (3.18.2.2.3) elektroda pelat ialah elektroda yang terbuat dari bahan logam utuh dan berlubang dan pada umumnya ditanam secara dalam.



Gambar 5. Elektroda Pelat (N. Nurdiana, A. Nurdin, D. A. P. Yoga. 2019)

$$RG = Rp = \frac{\rho}{2\pi Lp} \left[ \ln \left( \frac{8Wp}{0,5Wp + Tp} \right) - 1 \right] \quad (3)$$

Dimana:

$Rp$  = Tahanan pentanahan plat ( $\Omega$ )

$Lp$  = Panjang pelat (m)

$Wp$  = Lebar pelat (m)

$Tp$  = Tebal pelat (m)

$\rho$  = Tahanan jenis tanah ( $\Omega$  m)

## 2.5 Faktor yang mempengaruhi Nilai Resistansi

### 2.5.1 Jumlah/Konfigurasi Elektroda

Jika hanya dengan menanamkan satu elektroda batang dan belum mendapatkan nilai resistansi pembumian yang sesuai standar, maka bisa menanam elektroda lebih banyak dengan konfigurasi peletakkan yang berbeda-beda [6].

### 2.5.2 Kedalaman Penanaman Elektroda

Elektroda batang yang ditanam di dalam tanah ada yang ditanam sedalam mungkin dan ada yang ditanam hanya beberapa meter dari permukaan tanah tergantung dari jenis dan sifat tanah sekitar. [7] [8].

### 2.5.3 Tahanan Jenis Tanah

Faktor yang dapat mempengaruhi hantaran listrik dalam memperoleh nilai resistansi pembumian salah satunya adalah tahanan jenis tanah [9]. Menurut PUIL 2011, 542.2.8.1 MOD (3.18.2.5.1) halaman 358 [10].

### 2.5.4 Jenis Bahan dan Ukuran Elektroda

Tabel yang memuat ukuran elektroda pembumian dan umum digunakan menurut PUIL 2000, halaman 82, pada tabel 3.18-3 [11].

## 2.6 Alat Ukur yang Digunakan

Alat yang digunakan dalam melakukan pengukuran nilai resistansi pembumian yaitu *earth resistance tester*.



Gambar 6. *Earth Resistance Tester* Hioki 3151  
(Sumber: [https://www.hioki.com/sg-en/products/ground-testers/resistance-earth/id\\_6630](https://www.hioki.com/sg-en/products/ground-testers/resistance-earth/id_6630))

Berikut merupakan spesifikasi dari alat ukur *earth resistance tester* Hioki 3151 [12]:

1. Merk : Hioki
2. Model : 3151
3. Jumlah terminal : 3 buah terdiri dari C, P dan E
4. Range pengukuran : 1  $\Omega$  (0 – 11,5  $\Omega$ ), 100  $\Omega$  (0 – 115  $\Omega$ ), 1000  $\Omega$  (0 – 1150  $\Omega$ )

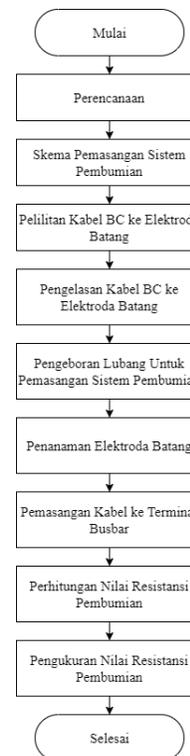
5. 2 buah elektroda bantu

## 2.7 Teknik Pengambilan Data

Nilai resistansi pembumian bergantung dengan tahanan jenis tanah yang berada disekitarnya. Tanah bisa relatif bersifat homogen di area luas atau bisa juga tanah tersebut mengandung pasir, batu dan zat lainnya. Akibatnya, nilai resistansi pembumian dapat bervariasi [13] [14] [15]. Pengukuran nilai resistansi pembumian menggunakan metode 3 titik sangat berpengaruh pada jarak antara elektroda utama dengan elektroda bantunya yaitu E-P dan E-C. Semakin jauh jarak E-P dan E-C maka semakin kecil nilai resistansi pembumiannya dan memungkinkan adanya perbedaan pada tahanan jenis tanah. Begitu pun sebaliknya, jika jarak E-P dan E-C semakin dekat maka semakin besar nilai resistansi pembumiannya dan memungkinkan adanya persamaan pada tahanan jenis tanah, sehingga didapat nilai resistansi pembumian dengan data homogen.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Berikut merupakan diagram alir dalam perancangan dan pemasangan sistem pembumian.



Gambar 7. Diagram Alir Perancangan

Gambar 7. menunjukkan diagram alir perancangan dan pemasangan sistem pembumian yang diawali dengan melakukan perencanaan yang memuat *Bill of Quantity* dan diakhiri dengan melakukan perhitungan dan pengukuran nilai resistansi pembumian dengan kedalaman yang berbeda-beda, dimana hasil antara perhitungan dan pengukuran akan dibandingkan dan di analisa.

Perhitungan nilai resistansi pembumian:  
Perhitungan nilai resistansi pembumian ini menggunakan rumus elektroda batang dengan tahanan jenis tanah rawa sebesar 30.

a. Kedalaman 3 meter

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \cdot \left( \ln \left[ \frac{4L}{a} \right] - 1 \right)$$

$$= \frac{30}{2.3,14.3} \cdot \left( \ln \left[ \frac{4.3}{0,01} \right] - 1 \right)$$

$$R = 9,6 \Omega$$

b. Kedalaman 6 meter

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \cdot \left( \ln \left[ \frac{4L}{a} \right] - 1 \right) = \frac{30}{2.3,14.6} \cdot \left( \ln \left[ \frac{4.6}{0,01} \right] - 1 \right)$$

$$R = 5,4 \Omega$$

c. Kedalaman 9 meter

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \cdot \left( \ln \left[ \frac{4L}{a} \right] - 1 \right)$$

$$= \frac{30}{2.3,14.9} \cdot \left( \ln \left[ \frac{4.9}{0,01} \right] - 1 \right)$$

$$R = 3,8 \Omega$$

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Data dan Analisa Hasil Pengukuran

Berikut merupakan hasil pengukuran nilai resistansi pembumian perlubang dan secara total yang dilakukan di Laboratorium Instalasi Listrik Politeknik Negeri Bandung.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Resistansi Pembumian Kedalaman 3 meter

Kedalaman Lubang	Jarak E-P dan E-C (meter)	Nilai resistansi pembumian yang terukur ( $\Omega$ )
3 meter	5 – 10	7,35
	5 – 15	7,3
	5 – 20	7,3
	10 – 15	7,7
	10 – 20	7,5
	15 – 20	7,8

Tabel 1. menunjukkan hasil pengukuran resistansi pembumian pada lubang dengan kedalaman 3 meter. Pada hasil pengukuran ini,

hasil yang dipakai yaitu hasil nilai yang homogen atau hasil yang sering muncul terukur. Data homogen dari hasil pengukuran di atas yaitu sebesar 7,3  $\Omega$ . Nilai tersebut menunjukkan bahwa nilai resistansi pembumian pada lubang dengan kedalaman 3 meter tidak sesuai dengan standar IEEE No.81 Tahun 2012 yaitu nilai maksimum nilai resistansi  $\leq 5 \Omega$ .

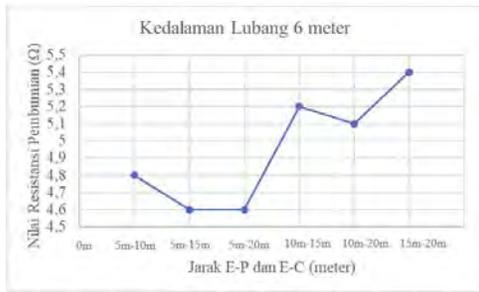


Gambar 8. Grafik Kedalaman Lubang 3 meter Gambar 8. menunjukkan data kedua dan ketiga didapatkan nilai pengukuran resistansi pembumian yang sama. Ada kenaikan nilai resistansi pembumian mulai dari data keempat sampai data keenam. Tetapi pada data kelima terdapat sedikit penurunan dikarenakan jarak E-P dan E-C yang cukup jauh yaitu dengan selisih 10 m.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Resistansi Pembumian Kedalaman 6 meter

Kedalaman Lubang	Jarak E-P dan E-C (meter)	Nilai resistansi pembumian yang terukur ( $\Omega$ )
6 meter	5 – 10	4,8
	5 – 15	4,6
	5 – 20	4,6
	10 – 15	5,2
	10 – 20	5,1
	15 – 20	5,4

Tabel 2. menunjukkan hasil pengukuran resistansi pembumian pada lubang dengan kedalaman 6 meter. Pada hasil pengukuran ini, hasil yang dipakai yaitu hasil nilai yang homogen atau hasil yang sering muncul terukur. Data dari hasil pengukuran di atas yaitu sebesar 4,6  $\Omega$ . Nilai tersebut menunjukkan bahwa nilai resistansi pembumian pada lubang dengan kedalaman 6 meter sesuai dengan standar IEEE No.81 Tahun 2012 yaitu nilai maksimum nilai resistansi  $\leq 5 \Omega$ .



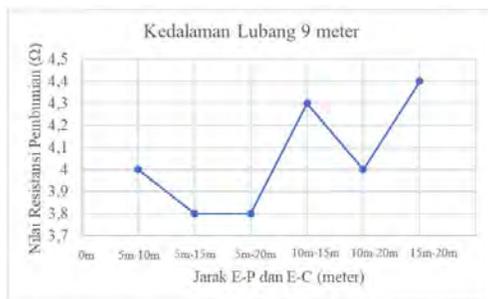
Gambar 9. Grafik Kedalaman Lubang 6 meter

Gambar 9. menunjukkan data kedua dan ketiga didapatkan nilai pengukuran resistansi pembumian yang sama. Ada kenaikan nilai resistansi pembumian mulai dari data keempat sampai data keenam. Tetapi pada data kelima terdapat sedikit penurunan dikarenakan jarak E-P dan E-C yang cukup jauh yaitu dengan selisih 10 m.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Resistansi Pembumian Kedalaman 9 meter

Kedalaman Lubang	Jarak E-P dan E-C (meter)	Nilai resistansi pembumian yang terukur ( $\Omega$ )
9 meter	5 – 10	4
	5 – 15	3,8
	5 – 20	3,8
	10 – 15	4,3
	10 – 20	4
	15 – 20	4,4

Tabel 3. menunjukkan hasil pengukuran resistansi pembumian pada lubang dengan kedalaman 9 meter. Pada hasil pengukuran ini, hasil yang dipakai yaitu hasil nilai yang homogen atau hasil yang sering muncul terukur. Data homogen dari hasil pengukuran di atas yaitu sebesar 3,8  $\Omega$ . Nilai tersebut menunjukkan bahwa nilai resistansi pembumian pada lubang dengan kedalaman 9 meter sesuai dengan standar IEEE No.81 Tahun 2012 yaitu nilai maksimum nilai resistansi  $\leq 5 \Omega$ .



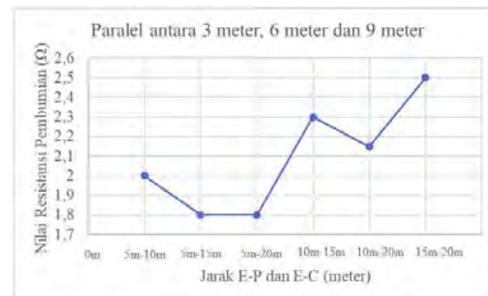
Gambar 10. Grafik Kedalaman Lubang 9 meter

Gambar 10. menunjukkan data kedua dan ketiga didapatkan nilai pengukuran resistansi pembumian yang sama. Ada kenaikan nilai resistansi pembumian mulai dari data keempat sampai data keenam. Tetapi pada data kelima terdapat sedikit penurunan dikarenakan jarak E-P dan E-C yang cukup jauh yaitu dengan selisih 10 m.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Resistansi Pembumian Secara Total

Terminal	Jarak E-P dan E-C (meter)	Nilai resistansi pembumian yang terukur ( $\Omega$ )
Paralel antara 3 meter, 6 meter dan 9 meter	5 – 10	2
	5 – 15	1,8
	5 – 20	1,8
	10 – 15	2,3
	10 – 20	2,15
	15 – 20	2,5

Gambar 4. menunjukkan hasil pengukuran resistansi pembumian secara total. Pada hasil pengukuran ini, hasil yang dipakai yaitu hasil nilai yang homogen atau hasil yang sering muncul terukur. Data homogen dari hasil pengukuran di atas yaitu sebesar 1,8  $\Omega$ . Nilai tersebut menunjukkan bahwa nilai resistansi pembumian secara paralel mengalami penurunan nilai resistansinya dan sudah sesuai dengan standar IEEE No.81 Tahun 2012 yaitu nilai maksimum nilai resistansi  $\leq 5 \Omega$ .



Gambar 11. Grafik Paralel antara 3 meter, 6 meter dan 9 meter

Gambar 11. menunjukkan data kedua dan ketiga didapatkan nilai pengukuran resistansi pembumian yang sama. Ada kenaikan nilai resistansi pembumian mulai dari data keempat sampai data keenam. Tetapi pada data kelima terdapat sedikit penurunan dikarenakan jarak E-P dan E-C yang cukup jauh yaitu dengan selisih 10 m.

## 4.2 Perbandingan Perhitungan dan Pengukuran Nilai Resistansi

Berdasarkan hasil perhitungan dan pengukuran pada tabel 5, perhitungan nilai resistansi menggunakan tahanan jenis tanah ( $\rho$ ) dengan jenis tanah rawa sebesar 30. Sedangkan pada pengukuran terdapat perbedaan hasil tahanan jenis tanah yang disebabkan oleh besarnya nilai resistansi yang didapat.

Tabel 5. Perbandingan Hasil Perhitungan dan Pengukuran Nilai Resistansi Pembumian

Terminal	Nilai Resistansi Pembumian		
	Perhitungan Nilai Resistansi ( $\Omega$ ), dengan $\rho = 30$ ( $\Omega\text{-m}$ )	Nilai Resistansi ( $\Omega$ )	Tahanan Jenis Tanah ( $\rho$ ), hasil perhitungan ( $\Omega\text{-m}$ )
3 meter	9,6	7,3	22,58
6 meter	5,4	4,6	25,55
9 meter	3,8	3,8	29,87

Tabel 5. menunjukkan tampak penurunan nilai resistansi pembumian setiap kedalaman. Kedalaman penanaman elektroda akan berdampak pada penurunan nilai resistansi pembumiannya.



Gambar 12. Grafik Perbandingan antara Perhitungan dan Pengukuran

Perbedaan hasil nilai resistansi pembumian secara perhitungan dan pengukuran disebabkan oleh tahanan jenis tanah dan kelembaban tanah.

## 5. KESIMPULAN

Setelah melakukan perencanaan, pengadaan bahan, pelilitan dan pengelasan kabel BC pada elektroda batang, pengeboran, penanaman elektroda batang, pemasangan terminal dan pengujian resistansi pembumian di

Laboratorium Instalasi Listrik Politeknik Negeri Bandung, penulis memperoleh kesimpulan bahwa berdasarkan hasil pengukuran nilai resistansi pembumian, nilai resistansi pembumian bergantung pada kedalaman penanaman elektroda batang dengan memperhatikan tahanan jenis tanah, jenis bahan, ukuran dan jumlah serta konfigurasi dari elektroda batang.. Semakin dalam elektroda batang ditanam maka semakin kecil nilai resistansi pembumiannya. Nilai resistansi pembumian yang sudah sesuai standar IEEE No.81 Tahun 2012 nilai maksimum nilai resistansi  $\leq 5 \Omega$  yaitu pada kedalaman 6 meter sebesar  $4,6 \Omega$  dan 9 meter sebesar  $3,8 \Omega$ .

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Bandung atas dukungan pendanaan Tugas Akhir melalui Penelitian Tugas Akhir Mahasiswa Program Sarjana Terapan dan Diploma III Tahun Akademik 2022/2023, sesuai nomor kontrak No.B/275/PL1/HK.02.00/2023

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. Siahaan and S. Laia, "Studi Pembumian Peralatan dan Sistem Instalasi Listrik Pada Gedung Kantor BICT PT. PELINDO I (PERSERO) BELAWAN," *Jurnal Teknologi Energi Uda*, Vols. 8, No. 2, pp. 96-101, 2019.
- [2] Sunarto, "Rekonfigurasi Elektroda Pembumian Petir di Laboratorium Instalasi Listrik Politeknik Negeri Bandung," *SEMNASTERA (Seminar Nasional Teknologi dan Riset Terapan)*, pp. 16-20, 2020.
- [3] N. Nurdiana, A. Nurdin and D. A. P. Yoga, "Pengaruh Kedalaman Terhadap Tahanan Pentanahan di Area Rusunawa Kampus Universitas PGRI Palembang," *Jurnal Ampere*, Vols. 4, No. 2, pp. 327-332, 2019.
- [4] E. Suherman and M. N. Ruspiana, "Analisis Pentanahan Peralatan Pada Ruang Server Gedung Rektorat Universitas Darma Persada," *Jurnal Sains & Teknologi Fakultas Teknik Universitas Darma Persada*, Vols. 11, No. 1, pp. 114-123, 2021.
- [5] Sudaryanto, "Analisis Perbandingan Nilai Tahanan Pembumian Pada Tanah Basah, Tanah Berpasir dan Tanah Ladang," *Journal of Electrical Technology*, Vols. 1, No. 1, pp. 71-75, 2016.
- [6] B. Krishna, T. Haryono and B. Sugiyantoro, "Perbaikan Sistem Pentanahan Pada Gedung Listrik Politeknik Negeri Semarang," *Jurnal*

- Teknik Elektro Terapan*, Vols. 5, No. 1, pp. 32-40, 2016.
- [7] W. and B. Prasetyo, "Analisa Pengaruh Jarak dan Kedalaman Terhadap Nilai Tahanan Pembedaan dengan 2 Elektroda Batang," pp. 28-32, 2013.
- [8] A. Budiman, "Analisa Perbandingan Tahanan Pembedaan Peralatan Elektroda Pasak Pada Gedung Laboratorium Teknik Universitas Borneo Tarakan," *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, Vols. 6, No. 3, pp. 152-158, 2017.
- [9] M. Mukmin, A. Kali and B. Mukhlis, "Perbandingan Nilai Tahanan Pentanahan Pada Area Reklamasi Pantai (CITRALAND)," *Jurnal Mektrik*, Vols. 1, No. 1, pp. 29-39, 2014.
- [10] Badan Standardisasi Nasional, Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011 (PUIL 2011), SNI 02252011, 2011.
- [11] Badan Standardisasi Nasional, Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000, SNI 04-0225;2000, 2000.
- [12] Hioki Corporation, 3151 Earth HiTester Instruction Manual.
- [13] I. Anshory, E. A. Suprayitno and Jamaaluddin, "Penentuan Kedalaman Elektroda pada Tanah Pasir dan Kerikil Kering Untuk Memperoleh Nilai Tahanan Pentanahan yang Baik," *jTE-U*, vol. 1, pp. 1-9, 2015.
- [14] M. Suyanto, "Pengukuran Sistem Pentanahan Pada Rumah Tinggal Sebagai Upaya Perbaikan Grounding Untuk Mengurangi Efek Tegangan Sentuh," 2015.
- [15] IEEE Standard Association, "IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Grounding System," 2012.