

ANALISIS KELAYAKAN NILAI TAHANAN SISTEM PENTANAHAN PADA GEDUNG LABORATORIUM DO - 160 BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL

Asep Bahtiar¹, Hedy Aditya Baskhara²

^{1,2}. Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang

^{1,2}. Jl. Puspitek, Buaran, Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310, Indonesia

Asepbahtiar024@gmail.com
dosen00547@unpam.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 01 Nov 2023
revisi : 08 Nov 2023
diterima : 15 Nov 2023
dipublish : 22 Nov 2023

ABSTRAK

Sistem pentanahan berfungsi sebagai pengaman langsung terhadap peralatan –peralatan dan manusia. Pada penelitian ini dilakukan kegiatan pengukuran nilai dari sistem pentanahan yang terpasang pada gedung lab DO -160 Pusat Riset Teknologi Penerbangan - BRIN. Fungsi dari pengukuran ini adalah untuk mengetahui pentanahan dilokasi penelitian apakah sudah sesuai Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL). Gedung lab DO -160 memiliki 4 titik pentanahan diantaranya untuk peralatan listrik tegangan tinggi, pentanahan Electromagnetic Compatibility (EMC), pentanahan penangkal petir, pentanahan instrumentasi atau alat uji. Sistem pentanahan harus didukung dengan nilai pentanahan yang telah di persyaratkan oleh PUIL yaitu dibawah $5\ \Omega$, kecuali pentanahan EMC dipersyaratkan $1\ \Omega$. Pengujian pentanahan dilakukan menggunakan earth tester model kyoritsu 4105 A. Hasil lapangan setelah dilakukan pengukuran didapatkan nilai rata- rata pentanahan pada peralatan listrik tegangan tinggi sebesar $11,305\ \Omega$, pentanahan EMC $0,324\ \Omega$, pentanahan penangkal petir $2,259\ \Omega$, pentanahan instrumentasi atau alat uji $0,547\ \Omega$. Dari hasil pentanahan pada gedung lab DO -160 di Pusat Riset Teknologi Penerbangan - BRIN yang beralamat di Sukamulya Rumpin Bogor terdapat 1 pentanahan belum memenuhi persyaratan PUIL. Setelah dilakukan perhitungan untuk merekomendasikan tahanan pada peralatan listrik tegangan tinggi dibutuhkan tahanan pentanahan sebanyak 3 batang tembaga dengan diameter $5/8$ inci panjang masing – masing 3 meter disusun paralel, hasil perhitung $3,016\ \Omega$ dan nilai tersebut sudah memenuhi persyaratan standar sesuai PUIL.

Kata kunci : Sistem pentanahan, Nilai tahanan Pentanahan, Earth Tester

ABSTRACT

The grounding system serves as a direct safety for equipment and humans. In this study, the measurement of the value of the grounding

system installed in the DO -160 laboratory building of the Aviation Technology Research Center - BRIN was carried out. The function of this measurement is to determine whether the grounding at the research site is in accordance with the General Electrical Installation Requirements (PUIL). The DO-160 lab building has 4 grounding points including for high voltage electrical equipment, Electromagnetic Compatibility (EMC) grounding, lightning rod grounding, instrumentation grounding or test equipment. The grounding system must be supported by a grounding value that has been required by PUIL, which is below 5Ω , except for EMC grounding which requires 1Ω . The grounding test was carried out using a kyoritsu 4105 A earth tester. Field results after measurements were made, the average value of grounding on high-voltage electrical equipment was 11.305Ω , EMC grounding 0.324Ω , lightning rod grounding 2.259Ω , instrumentation grounding or test equipment 0.547Ω . From the results of grounding in the DO -160 lab building at the Aviation Technology Research Center - BRIN, which is located at Sukamulya Rumpin, Bogor, there is 1 ground that does not meet PUIL requirements. After calculating the resistance to high voltage electrical equipment, 3 copper rods are needed. with a diameter of 5/8 inci with a length of 3 meters each arranged in parallel, the calculation results are $3,016 \Omega$ and this value has met the standard requirements according to PUIL.

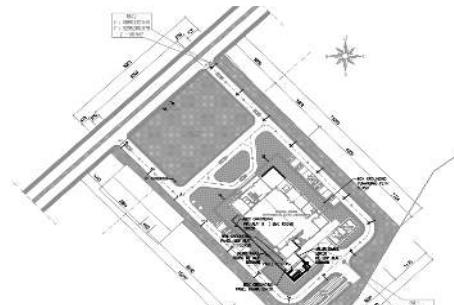
Keywords: Grounding system, Grounding resistance value, Earth Tester

PENDAHULUAN

Pada akhir tahun 2021 telah selesai dibangun gedung lab DO-160 di Pusat Riset Teknologi Penerbangan-BRIN. Gedung lab DO-160 ini sebagai tempat pengujian komponen – komponen yang ada pada pesawat terbang. Fungsi pengujian – pengujian tersebut adalah untuk memastikan komponen yang ada didalam pesawat akan berjalan sesuai dengan fungsinya. Untuk melakukan pengujian komponen–komponen tersebut didalam gedung DO-160 terdapat beberapa alat uji yang terdiri atas sistem kelistrikan dan alat ukur instrumentasi. Alat – alat tersebut membutuhkan sistem kelistrikan yang handal terutama pada sistem pentanahan, sistem pentanahan yang baik diatur pada PUIL tahun 2000. Dalam jaringan distribusi, sistem pentanahan difungsikan sebagai pengaman langsung pada peralatan-peralatan dan manusia yang mana rangkaian langsung ditanahkan dengan cara mentanahkan badan peralatan instalasi yang diamankan sehingga apabila terjadi kegagalan isolasi, maka terhambatlah tegangan sistem karena terputusnya arus oleh alat-alat pengaman tersebut.

Tahanan pentanahan adalah tahanan antara elektroda sistem pentanahan pada elektroda lain pada jarak tertentu. Pentanahan terbagi menjadi dua macam yaitu sistem pentanahan peralatan dan pentanahan sistem, maka dengan kata lain pentanahan dapat

dikatakan juga sebagai penghubung titik netral suatu sistem tengan listrik atau penghubung semua bagian peralatan yang ada pada saat keadaan normal tidak dialiri arus badan dari peralatan listrik dengan tanah. Adanya perbedaan jenis tanah, kelembaban, temperatur dan kadar garam sangat mempengaruhi tahanan jenis tanah itu sendiri. Sehingga sangat perlu dilakukan penelitian yang dapat melihat sejauh mana pengaruh parameter tersebut pada sistem pentanahan. Pentanahan selain bemanfaat bagi kehidupan pentanahan bisa mendatangkan bahaya jika tidak diperhatikan dengan baik. Tingkat kebakaran yang tinggi disebabkan oleh listrik akibat peningkatan suhu yang tinggi. Suhu yang tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan-peralatan yang dapat menimbulkan kebakaran. Karena sistem pentanahan harus memiliki nilai tahanan pentanahan kurang dari 5Ω seperti yang dipersyaratkan dalam PUIL (Persyaratan Umum Instalasi Listrik) 2000. Untuk mendapatkan nilai pentanahan yang kecil terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi nilai tahanan pentanahan seperti bentuk sistem pentanahan, jenis tanah, kelembaban suhu tanah, diameter elektroda, kandungan elektrolit dan lain-lain[2]. Untuk mendapatkan nilai tahanan pentanahan yang baik dan standar maka faktor-faktor diatas perlu diperhatikan karena evaluasi sistem pentanahan wajib dilakukan setiap 6 bulan dalam upaya pengecekan nilai pentanahan jangka pendek maupun jangka panjang[3].



Gambar 1. Layout Pentanahan Gedung Lab DO-160

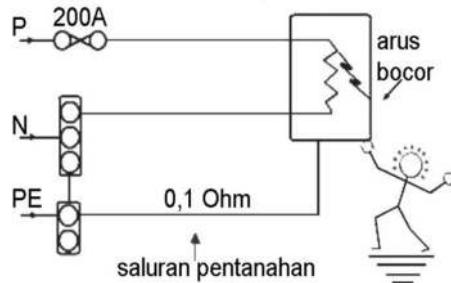
Gambar 1 merupakan *layout* pentanahan yang ada di gedung DO-160 pada gambar diatas terdapat empat titik pentanahan yaitu pentanahan listrik tegangan tinggi, pentanahan penangkal petir, pentanahan alat uji, dan pentanahan EMC.

TEORI

A. Tegangan Sentuh Tidak Langsung

Tegangan sentuh tidak langsung adalah tegangan pada bagian alat/instalasi yang secara normal tidak dilalui arus namun akibat kegagalan isolasi pada peralatan/instalasi, pada bagian-bagian tersebut mempunyai tegangan terhadap tanah Gambar 2.1. Bila tidak ada pentanahan maka tegangan sentuh tersebut sama tingginya dengan tegangan kerja alat/instalasi. Hal ini, sudah tentu, membahayakan manusia yang mengoperasikannya atau

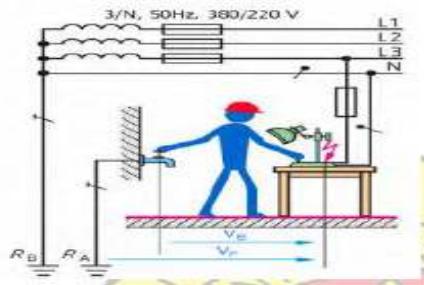
yang ada di sekitar tempat itu. Selama alat pengaman arus lebih tidak bekerja memutuskan rangkaian, keadaan ini akan tetap bertahan. Namun dengan adanya pentanahan secara baik, kemungkinan tegangan sentuh selama terjadi gangguan dibatasi pada tingkat aman atau maksimum 50 V untuk ac[11].



Gambar 2. Tegangan Sentuh Tidak Langsung

B. Tegangan Langkah

Tegangan langkah adalah tegangan yang terjadi akibat aliran arus gangguan yang melewati tanah. Arus gangguan ini relatif besar dan bila mengalir dari tempat terjadinya gangguan kembali ke sumber (titik netral) melalui tanah yang mempunyai tahanan relatif besar maka tegangan di permukaan tanah akan menjadi tinggi. Gambar Tegangan Langkah mengilustrasikan tegangan ini. Bila kita perhatikan Gambar Tegangan Langkah satu tangan memegang dudukan lampu dan tangan satunya lagi memegang kran air. Antara kran air dan dudukan lampu dalam keadaan normal tidak bertegangan. Tetapi ketika terjadi gangguan ke tanah, arus mengalir kembali ke sumber melalui pentanahan RA dan RB. Adanya aliran arus gangguan ini menimbulkan tegangan antara letak gangguan dan RA sebesar VF dan antara kran air dan dudukan lampu sebesar VB. Besar kedua tegangan ini ditentukan oleh besar arus gangguan dan tahanan pentanahannya. Semakin besar arus dan tahanan akan semakin besar pula tegangan sentuhnya. Besar tegangan ini harus dibatasi dalam batas aman begitu juga lama waktu terjadinya tegangan harus dibatasi sependek mungkin. Lama waktu terjadinya tegangan ini dibatasi oleh waktu kerja alat pengaman arus lebih[11].



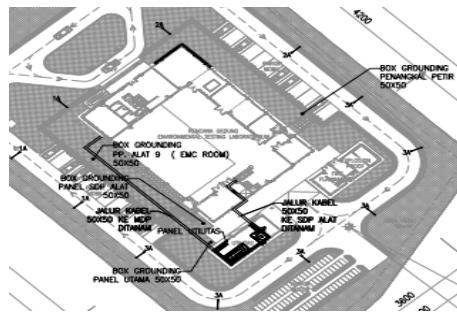
Gambar 3. Tegangan Langka

METODOLOGI

- Metode literatur
Dengan mengumpulkan data dan mencari informasi dari buku, artikel, internet, dan jurnal yang berkaitan dengan judul dan berkaitan dengan skripsi ini.
 - Metode Observasi
Metode ini dilakukan dengan cara langsung pada objek di lapangan yang berlokasi di, sukamulya rumpin bogor.
 - Metode Konsultasi
Metode ini penulis melakukan diskusi tentang topik yang di bahas pada Dosen pembimbing I, karyawan Pustekbang.
 - Metode Dokumentasi
Penulis melakukan pengambilan gambar objek pembahasan skripsi sebagai bahan perlengkapan data penulisan skripsi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan data dilakukan digedung lab DO-160 Pusat Teknologi Penerbangan BRIN, data diperoleh dari hasil pengukuran tahanan pentanahan yang terdapat di 4 titik pentanahan sesuai gambar 4.1 Standar nilai tahanan pentanahan pada PUIL 2000 : 68 adalah kurang dari 5Ω , khusus untuk Alat Lab EMC Sesuai petunjuk standar pabrik kurang dari 1Ω berikut yang akan dilakukan analisa terhadap hasil uji nilai tahanan pentanahan tersebut.



Gambar 4. Lokasi Pentanahan Gedung Lab DO-160

Pengukuran dilakukan pada 4 titik pentanahan Saat pengukuran hasil yang diperoleh sebagai berikut:

Pengukuran dilakukan di Gedung lab DO-160, Pada gambar 4.2 pengukuran yang terdapat pada titik pentanahan peralatan listrik tegangan tinggi didapat nilai tahanan sebesar $10,83 \Omega$, Nilai tersebut belum memenuhi yang dipersyaratkan oleh PUIL 2000 :68.



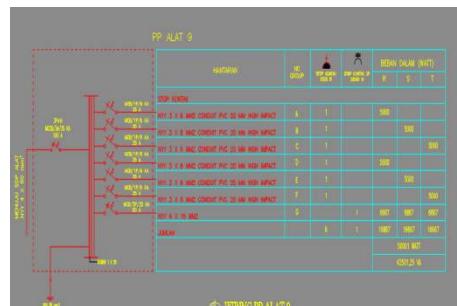
Gambar 5. Pengukuran Pentanahan Peralatan Listrik tegangan Tinggi

A. Pentanahan Lab EMC

Pada gambar 5 hasil pengukuran pada titik pentahanan EMC Memiliki standar khusus yaitu maksimum 1Ω , rekomendasi dari pabrikan alat tersebut, agar komponen bisa berfungsi dengan baik. Setelah dilakukan pengukuran terlihat pada gambar nilai tahanan sebesar $0,13 \Omega$, nilai tersebut sudah memenuhi standarnya yang dipersyaratkan oleh mesin pabrikan EMC yaitu nilai tahanan dibawah 1Ω . Pada gambar 7 menunjukkan *lay out* pentanahan EMC menggunakan kabel NYA 50 mm, dengan beban 50000 Watt.



Gambar 6. Pengukuran Pentanahan Lab EMC



Gambar 7. Lay Out P EMC

Berikut adalah tabel 1 data hasil pengujian nilai tahanan pentanahan yang telah dilakukan di Gedung laboratorium Do 160 Badan Riset dan Inovasi

Tabel 1. Pengujian Nilai Pentanahan

NO	Pentanahan Listrik Tegangan Tinggi (Ω)	Pentanahan Lab EMC (Ω)	Pentanahan Penangkal Petir (Ω)	Pentanahan Alat Uji kompone (Ω)
1.	10,83	0,13	2,55	0,35
2.	11,09	0,23	2,19	0,42
3.	11,11	0,22	2,19	0,38
4.	11,15	0,23	2,19	0,49
5.	11,17	0,30	2,55	0,40
6.	11,19	0,31	2,60	0,40
7.	11,20	0,30	2,69	0,44
8.	11,77	0,49	1,86	0,85
9.	11,78	0,52	1,87	0,87
10.	11,76	0,51	1,90	0,87
Rata-rata	11	0,324	2,259	0,511
Hasil Lapangan	Belum standar PUIL 2000	Sudah standar PUIL 2000	Sudah standar PUIL 2000	Sudah standar PUIL 2000

B. Rekomendasi

Rekomendasi terhadap nilai tahanan pada pentanahan hasil pengukuran diatas pada rangkaian listrik tegangan tinggi, dengan menggunakan bahan batang besi dilapisi tembaga dengan ukuran diameter 5/8 inci, panjang setiap batang 3 meter, dengan bahan besi dilapisi tembaga, Resistan jenis tanah dengan kemiripan tanah jenis rawa menurut PUIL 2000 halaman 80.poin 3.18.3.1 adalah $10-40 \Omega\text{-m}$,Maka sesuai rumus [14] sebagai berikut:

Data :

Tahanan Jenis tanah (ρ) = $\Omega\text{-m}$

Nilai tahanan rata-rata Pentanahan P L T T = 11Ω

$$\text{Panjang Elektroda (} L \text{)} = 3 \text{ meter}$$

$$\text{Diameter Elektroda (} A \text{)} = 5/8 \text{ inci}$$

$$\text{Jari -jari (} a \text{)} = 0,0158 \text{ meter}$$

$$R = 10,83 \Omega$$

$$L = 3 \text{ m}$$

$$a = 0,015 \text{ m}$$

Ditanya Nilai tahanan jenis tanah ρ?

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

$$11 = \frac{\rho}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left(\ln \frac{4 \cdot 3}{0,015} - 1 \right)$$

$$11 = \frac{\rho}{18,84} \left(\ln 800 - 1 \right)$$

$$11 = \frac{\rho}{18,84} 5,684$$

$$207,24 = 5,684 \cdot \rho$$

$$\rho = \frac{207,24}{5,684}$$

$$\rho = 36,46 \Omega \cdot \text{m}$$

Ditanya Nilai tahanan R?

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left(\ln \frac{4L}{A} - 1 \right)$$

$$= \frac{36,46}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left(\ln \frac{4 \cdot 3}{0,015} - 1 \right)$$

$$= \frac{30}{18,84} \left(\ln \frac{12}{0,015} - 1 \right)$$

$$= \frac{30}{18,84} \left(\ln 800 - 1 \right)$$

$$= \frac{30}{18,84} \cdot 5,684$$

$$= 9,05 \Omega$$

Hasil perhitungan dari elektroda batang adalah sebesar $9,05 \Omega$ untuk mendapatkan hasil pentanahan yang lebih kecil agar sesuai standar PUIL 2000 :68 poin 3.13.2.10 , maka batang rot dihubungkan dengan cara hubungan paralel sebanyak 3 batang, setiap batang 3 meter. [15] berikut nilai perhitungan :

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n}$$

Diketahui : $r = 9,05 \Omega$,

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{9,05} + \frac{1}{9,05} + \frac{1}{9,05}$$

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{3}{9,05}$$

$$R_{total} = \frac{9,05}{3}$$

$$R_{total} = 3,016 \Omega$$

Setelah perhitungan hubungan secara paralel didapat hasil $3,016 \Omega$, hasil perhitungan tersebut sudah memenuhi persyaratan PUIL 2000 :68 poin 3.13.2.10 dengan nilai dibawah 5Ω , Maka direkomendasikan untuk memenuhi persyaratan dengan menambah 3 batang besi dilapisi tembaga yang masing - masing memiliki panjang 3 meter dengan ukuran diameter batang tembaga $\frac{5}{8}$ inci, dan setiap batang dihubungkan secara paralel maka diperoleh hasil tahanan pentanahan sebesar $3,016 \Omega$, nilai tersebut sudah layak dan sesuai PUIL 2000

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran pentanahan di Gedung Lab DO-160 Pusat Teknologi Penerbangan – BRIN, nilai pentanahan pada peralatan listrik tegangan tinggi sebesar $10,83 \Omega$ belum memenuhi standar PUIL 2000:68 yang mensyaratkan nilai maksimum 5Ω , kecuali untuk pentanahan Lab EMC yang harus kurang dari 1Ω sesuai standar 2014/30/EU untuk keperluan pengujian komponen pesawat. Pengukuran lapangan yang dilakukan sebanyak 10 kali menunjukkan bahwa nilai rata-rata pentanahan pada peralatan listrik tegangan tinggi adalah $11,305 \Omega$, pentanahan Lab EMC sebesar $0,324 \Omega$, pentanahan penangkal petir $2,259 \Omega$, dan pentanahan instrumentasi atau alat uji sebesar $0,547 \Omega$. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem pentanahan di Gedung Lab DO-160 masih memiliki beberapa nilai yang tidak memenuhi standar PUIL 2000:68, terutama pada peralatan listrik tegangan tinggi. Untuk meningkatkan kualitas sistem pentanahan, direkomendasikan penambahan tiga batang elektroda tembaga berdiameter tertentu dengan kedalaman 3 meter pada jenis tanah dengan resistivitas $36,46 \Omega$. Setelah elektroda dihubungkan secara paralel, hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai tahanan pentanahan dapat diturunkan menjadi $3,016 \Omega$, sehingga sistem pentanahan lebih sesuai dengan standar

keselamatan listrik dan kompatibilitas elektromagnetik yang berlaku.

DAFTAR PUSTAKA

- Kumara, I. G., & Prasetyono, R. N. (2021). Analisis kelayakan nilai tahanan pentanahan jaringan distribusi di PT. PLN (Persero) ULP Bumiayu. *Jurnal Elektronika dan Aplikasi Daya Listrik*, 16(21).
- Suartika, I. M. (2017). Sistem pembumian (grounding) dua batang Universitas Udayana Kampus Bukit Jimbaran - Bali. *Jurnal Teknik Elektro*, 14, 58.
- Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan. (2000). Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000). Jakarta: Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Septiadi, D., Hadi, S., & Tjasyono, B. (2011). Karakteristik petir dari awan ke bumi dan hub
- Rizki, P. M., & Putra, D. E. (2020). Pengaruh paralel pentanahan transformator dan pentanahan arrester terhadap kinerja resistansi pentanahan transformator distribusi 250 kVA Gardu BA 005 di PT. PLN (Persero) UP3 Bengkulu ULP Teluk Segara. *Jurnal Ampere*, 5(2), 48. <https://doi.org/10.31851/ampere.v5i2.5057>
- Dermawan, A. (2006). Analisis perbandingan nilai tahanan pentanahan yang ditanam di tanah dan di septictank pada perumahan. *Makalah Seminar Tugas Akhir*, 1(11).
- Aceh, P. W. (2022). Studi sistem pentanahan GI Juli 150 KV PT. PLN. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, 6(1), 86-91.
- Wiguna, R. A. (2016). Resistansi tinggi pada generator. *Jurnal Teknik Elektro*, 2, 1-4.
- Musyahar, G. (2017). Pada pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) jenis tanah kerikil kering. *Cahaya Bagaskara: Jurnal Ilmiah Teknik Elektronika*, 1(1), 11-17. Retrieved from https://jurnal.umpp.ac.id/index.php/cahaya_bagaskara/article/view/390
- Kamona, A. F., et al. (2009). Analisis pentanahan peralatan pada ruang server gedung rektorat Universitas Darma Persada. *Journal of African Earth Sciences*, 14(1), 5-24. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2012.11.011>
- Harahap, P. A. (2019). Analisa perbandingan sistem pentanahan (grounding) pada power house dan gedung perkantoran (studi kasus PLTA SEI WAMPU I). *Kumpulan Karya Ilmiah Mahasiswa* ungannya dengan curah hujan. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 129(138).
- Ansori. (2015). Analisa pengaruh kelembaban tanah terhadap tahanan pentanahan pada gardu induk PT. PLN (Persero) Medan Denai dengan metode fall-of potential. *Jurnal Teknik Elektro*, 3(April).Fakultas Sains dan Teknologi, 1(1). Retrieved from <https://journal.pancabudi.ac.id/index.php/fastek/article/view/1664>
- Budiman, A. (2017). Analisa perbandingan tahanan pembumian peralatan elektroda pasak pada gedung laboratorium teknik Universitas Borneo Tarakan. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, 6(3), 152. <https://doi.org/10.25077/jnte.v6n3.454.2017>
- I. G. Kumara and R. N. Prasetyono, "Analisis Kelayakan Nilai Tahanan Pentanahan Jaringan Distribusi di PT . PLN (PERSERO) ULP Bumiayu," *J. Electron. Electr. Power Appl.*, pp. 16–21, 2021.