



# Studi Pemanfaatan Arang Tempurung Kelapa Untuk Perbaikan Resistansi Pentanahan Menggunakan Jenis Elektroda Plat

## *Utilization of Coconut Shell Charcoal for Grounding Resistance Reduction Using Plate Electrodes*

Yusran Moha

Program Studi Teknik Elektro

Universitas Negeri Gorontalo

Kota Gorontalo, Indonesia Email:

yusran\_s1elektro2018@mahasiswa.ung.ac.id

Taufiq Ismail Yusuf

Program Studi Teknik Elektro

Universitas Negeri Gorontalo

Kota Gorontalo, Indonesia

Email:taufiqyusuf1601@gmail.com

Ade Irawaty Tolago

Program Studi Teknik Elektro

Universitas Negeri Gorontalo

Kota Gorontalo, Indonesia

Email: adeirawty75@ung.ac.id

Diterima : Desember 2024

Disetujui : Januari 2026

Dipublikasi : Januari 2026

**Abstrak**— Sistem pentanahan merupakan bagian penting dalam sistem proteksi kelistrikan yang memerlukan nilai resistansi rendah guna menjamin keselamatan peralatan dan manusia. Nilai resistansi pentanahan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jenis tanah, kelembaban tanah, temperatur, serta struktur dan karakteristik tanah di lokasi pemasangan. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menurunkan nilai resistansi pentanahan adalah dengan memanfaatkan material tambahan berupa arang tempurung kelapa. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan arang tempurung kelapa terhadap nilai resistansi pentanahan dengan menggunakan elektroda plat persegi. Pengujian dilakukan selama 15 hari dengan variasi ukuran elektroda, yaitu 40 cm dan 60 cm pada kedalaman 80 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan arang tempurung kelapa mampu menurunkan nilai resistansi pentanahan secara signifikan. Nilai resistansi mengalami penurunan dari 43,4  $\Omega$  menjadi 10  $\Omega$  pada penggunaan elektroda berukuran 40 cm dan dari 21,5  $\Omega$  menjadi 7,6  $\Omega$  pada penggunaan elektroda berukuran 60 cm. Persentase penurunan resistansi mencapai 77%. Selain itu, penggunaan elektroda dengan ukuran yang lebih besar menghasilkan nilai resistansi yang lebih rendah. Hasil ini menunjukkan bahwa arang tempurung kelapa efektif dalam meningkatkan kinerja sistem pentanahan.

**Kata Kunci**— Sistem Pentanahan; Arang Tempurung Kelapa; Elektroda Plat.

**Abstract**— The grounding system is an essential component of electrical protection systems, requiring low resistance values to ensure the safety of equipment and personnel. The grounding resistance is influenced by several factors, including soil type, soil moisture, temperature, as well as the structure and characteristics of the soil at the installation site. One method that can be applied to reduce grounding resistance is the use of additional materials such as coconut shell charcoal. This study aims to analyze the effect of adding

coconut shell charcoal on grounding resistance using square plate electrodes. The testing was conducted over a period of 15 days with variations in electrode size, namely 40 cm and 60 cm, installed at a depth of 80 cm. The results indicate that the addition of coconut shell charcoal significantly reduces grounding resistance. The resistance value decreased from 43.4  $\Omega$  to 10  $\Omega$  when using a 40 cm electrode and from 21.5  $\Omega$  to 7.6  $\Omega$  when using a 60 cm electrode on the 15th day. The percentage reduction in resistance reached 77%. Furthermore, the use of larger electrodes resulted in lower resistance values. These results demonstrate that coconut shell charcoal is effective in improving the performance of grounding systems.

**Keywords**—Grounding System; Coconut Shell Charcoal; Plate Electrode.

### I. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik terdiri atas pembangkit listrik dan pusat beban yang saling terhubung melalui jaringan transmisi sehingga membentuk suatu sistem interkoneksi. Dalam operasinya, sistem tenaga listrik tidak terlepas dari kemungkinan terjadinya gangguan. Gangguan tersebut dapat disebabkan oleh sambaran petir, arus hubung singkat, maupun kegagalan isolasi peralatan. Dampak yang ditimbulkan dari gangguan tersebut antara lain dapat membahayakan keselamatan manusia, menyebabkan kegagalan sistem, serta merusak peralatan dan perangkat elektronik. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem pembumian pada peralatan listrik agar arus gangguan dapat dialirkan dengan aman ke dalam tanah [1].

Sistem pentanahan merupakan sistem proteksi yang berfungsi untuk mengamankan peralatan dan jaringan listrik dari gangguan petir dan hubung singkat, serta melindungi manusia di sekitarnya dari bahaya sengatan listrik [2]. Sistem pentanahan yang baik ditandai dengan

nilai resistansi yang rendah. Semakin kecil nilai resistansi pentanahan, semakin baik kualitas sistem tersebut, karena arus gangguan listrik dapat mengalir ke tanah dengan lebih mudah melalui hambatan yang minimal. Standar nilai resistansi pentanahan yang umum diterapkan adalah maksimum  $5 \Omega$ , yang diukur menggunakan alat uji *Earth Tester*. Nilai tahanan pembumian diupayakan serendah mungkin atau mendekati nol guna meminimalkan risiko bahaya yang dapat ditimbulkan [3].

Nilai resistansi pentanahan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain konfigurasi sistem pentanahan, diameter dan panjang elektroda, tahanan jenis tanah, kandungan elektrolit, serta kelembaban tanah. Perubahan kondisi tanah dan lingkungan dapat menyebabkan nilai tahanan pentanahan menjadi tidak stabil, sehingga diperlukan evaluasi sistem pentanahan secara berkala setiap enam bulan [4]. Penambahan material tertentu pada tanah dapat digunakan untuk menurunkan nilai resistansi pentanahan. Salah satu material yang berpotensi digunakan adalah arang tempurung kelapa. Arang tempurung kelapa memiliki kandungan karbon tetap (*fixed carbon*) sebesar 83,89%, kadar abu 5,4%, kadar air 7,31%, nilai kalor 6601 kal/gram, serta zat terbang 11,1%. Karakteristik tersebut menjadikan arang tempurung kelapa efektif dalam menurunkan tahanan pentanahan, karena struktur porinya mampu menyerap dan menyimpan air sehingga menjaga kelembaban tanah, serta memiliki sifat konduktif yang mendukung aliran arus listrik [5].

Pemilihan jenis elektroda merupakan salah satu faktor penting dalam sistem pentanahan, terutama pada tanah dengan nilai tahanan jenis yang tinggi. Menurut [6], elektroda plat merupakan elektroda yang terbuat dari plat logam. Pemasangan elektroda ini dilakukan secara vertikal dengan kedalaman sekitar 1 meter dari permukaan tanah, yang diukur dari sisi atas plat. Elektroda plat dinilai lebih sesuai digunakan pada kondisi tersebut karena memiliki luas permukaan kontak yang lebih besar dengan tanah, sehingga dapat meningkatkan efektivitas pelepasan arus gangguan. Selain itu, semakin dalam elektroda ditanam, nilai tahanan jenis tanah cenderung semakin kecil akibat mendekati sumber air tanah [7].

Berdasarkan penelitian sebelumnya [2], penambahan magnesium sulfat dan arang tempurung kelapa pada elektroda tembaga dan pipa galvanis yang ditanam sedalam 1 m pada tanah liat mampu menurunkan nilai tahanan pentanahan, dengan nilai terendah masing-masing mencapai  $62,9 \Omega$  pada elektroda tembaga dan  $38,8 \Omega$  pada pipa galvanis. Selain itu, penelitian lain menunjukkan bahwa penambahan diameter arang tempurung kelapa hingga 50 cm secara konsentris pada elektroda batang mampu menurunkan nilai resistansi pembumian dari  $10,97 \Omega$  menjadi  $4,73 \Omega$  [8]. Kajian mengenai pemanfaatan arang tempurung kelapa pada sistem pentanahan menggunakan elektroda plat dengan variasi ukuran plat yang digunakan masih belum banyak dilaporkan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan arang tempurung kelapa terhadap nilai resistansi pentanahan menggunakan elektroda plat persegi.

## II. METODE

### A. Waktu Dan Lokasi Penelitian

Waktu penelitian dilakukan pada bulan Desember 2023 sampai dengan bulan Maret tahun 2024. Pengukuran resistivitas tanah dilakukan selama 15 hari. Lokasi penelitian bertempat di lahan belakang Laboratorium Industri Kampus 4 Universitas Negeri Gorontalo, Desa Mouitong, Kecamatan Tilongkabila. Lokasi yang dipilih ini sesuai dengan jenis tanah yang digunakan yaitu tanah liat.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

### B. Alat Dan Bahan

- Alat Ukur *Earth Tester*

Alat ukur yang digunakan pada penelitian ini adalah alat ukur *Earth Tester* berbentuk digital dengan model 4105AI. Dimana alat ukur ini dirancang menurut standar IEC. Alat ukur ini digunakan untuk mengukur nilai resistansi pentanahan (*Grounding*). Metode pengukuran yang digunakan yaitu metode tiga titik.



Gambar 2. Alat Ukur *Earth Tester*

- Sekop dan Parang

Sekop, cangkul dan penggali tanah digunakan untuk menggali tanah pada saat penelitian dengan ukuran dan kedalaman yang telah ditentukan. Parang/golok digunakan untuk membersihkan lokasi penelitian dari tanaman-tanaman yang tumbuh di lokasi tersebut.



Gambar 3. Sekop dan Parang

- Elektroda Pentanahan

Elektroda pentanahan digunakan pada saat penelitian yaitu jenis elektroda berbentuk persegi terbuat dari bahan aluminium dan memiliki ukuran yang bervariasi. Elektroda ini berfungsi sebagai media penghantar arus listrik langsung ke tanah. Hal ini bertujuan agar mendapatkan nilai resistansi yang lebih baik ketika terjadinya gangguan.



Gambar 4. Elektroda Plat Persegi

- Meteran

Pada saat penelitian meteran digunakan untuk mengukur kedalaman dan luas tanah yang akan digali. Adapun satuan dari meteran yang digunakan yaitu centimeter (cm).



Gambar 5. Meteran

- Arang Tempurung Kelapa  
Arang tempurung kelapa adalah arang yang berasal dari tempurung kelapa yang terbakar kemudian dihaluskan, digunakan untuk menurunkan resistansi pentanahan.



Gambar 6. Arang Tempurung

### C. Prosedur Penelitian

#### Mempersiapkan lokasi pengujian.

Pengujian dilakukan pada lokasi yang telah ditentukan. Mempersiapkan arang tempurung kelapa. Tempurung kelapa yang telah dikumpulkan akan dijadikan arang dengan cara dibakar selama beberapa jam sehingga menjadi arang kemudian dihaluskan tujuannya agar nilai resistansi kontak antara permukaan elektroda plat berbentuk persegi dan tanah disekitar sangat kecil.

#### Mempersiapkan model elektroda.

Model elektroda yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu elektroda plat berbentuk persegi dengan 2 model dengan ukuran yang berbeda yaitu luas plat 40 cm dan 60 cm

#### Metode pengukuran

Pengukuran resistansi pentanahan dalam penelitian ini menggunakan metode tiga titik. Metode ini menggunakan satu elektroda uji berupa elektroda plat dan dua elektroda bantu, yaitu elektroda arus dan elektroda potensial, yang ditanam segaris lurus dengan jarak tertentu. Pengukuran dilakukan menggunakan earth tester digital, dimana arus listrik dialirkan ke dalam tanah dan beda potensial diukur untuk memperoleh nilai resistansi pentanahan.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil Pengukuran Resistansi Tanah

Tabel 1. menunjukkan hasil pengukuran resistansi tanah yang akan diujikan sebelum ditambahkan arang. Dilakukan 3 kali pengujian pada waktu 06.00, 11.00 dan 19.00 untuk mendapatkan rerata nilai resistansi pentanahan. Adapun jenis tanah yang digunakan pada penelitian ini yaitu tanah liat. Menurut [9], tanah liat memiliki nilai resistivitas yang lebih kecil dibandingkan tanah kering atau berbatu, sehingga memiliki kemampuan konduktivitas listrik yang lebih baik. Karakteristik ini menjadikan tanah liat lebih sesuai untuk digunakan pada sistem pentanahan.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Resistansi Tanah

Kedalaman Elektroda	Waktu Pengukuran	Resistansi Pentanahan (Ohm) Luas Elektroda 40x40 cm	Resistansi Pentanahan (Ohm) Luas Elektroda 60x60 cm
80 cm	06.00	51,7	37,9
80 cm	11.00	50,9	37,9
80 cm	19.00	50,8	22,3
	<b>Mean</b>	<b>51,13</b>	<b>32,7</b>

Didapatkan nilai rerata resistansi pentanahan menggunakan elektroda dengan luas 40 cm yaitu 51,13 Ohm dan nilai rerata resistansi menggunakan elektroda dengan luas 60 cm yaitu 32,7 Ohm. Menurut [10], standar nilai resistansi pentanahan mengacu pada Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000, dimana nilai resistansi pentanahan yang diperbolehkan adalah kurang dari atau sama dengan 5  $\Omega$ . Nilai tersebut merupakan batas maksimum yang masih dapat ditoleransi untuk menjamin keamanan sistem instalasi listrik yang dilengkapi dengan sistem pembumian. Nilai resistansi yang didapatkan lebih dari 5 Ohm, sehingga diperlukan perlakuan untuk menurunkan nilai resistansi pentanahan. Nilai resistansi pentanahan dapat diturunkan dengan memperbaiki kondisi tanah dan sistem elektroda, antara lain melalui pemilihan jenis elektroda yang sesuai, penambahan kedalaman dan luas elektroda, peningkatan kelembaban tanah, serta penggunaan bahan tambahan yang dapat meningkatkan konduktivitas tanah. Menurut [11], salah satu upaya untuk menurunkan nilai resistansi pentanahan adalah dengan melakukan perlakuan tanah (*soil treatment*), yaitu melalui penambahan bahan aditif seperti arang, garam, dan bentonit di sekitar elektroda pentanahan.

### B. Hasil Pengukuran Resistansi dengan Variasi Jumlah Penambahan Arang

Tabel 2. menunjukkan hasil pengukuran resistansi pentanahan dengan variasi ketebalan arang tempurung kelapa di sekitar elektroda pentanahan. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa semakin besar ketebalan arang yang diberikan, nilai resistansi pentanahan cenderung semakin kecil.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Resistansi dengan Variasi Penambahan Arang Tempurung Kelapa

Kedalaman Elektroda	Penambahan Arang	Resistansi Pentanahan (Ohm) Luas Elektroda 40 cm	Resistansi Pentanahan (Ohm) Luas Elektroda 60 cm
80 cm	20 cm	47,3	29,3
80 cm	40 cm	46,9	26,2
80 cm	60 cm	45,2	22,8
80 cm	80 cm	43,4	21,5

Peningkatan ketebalan arang menyebabkan bertambahnya volume arang di sekitar elektroda, sehingga kemampuan tanah dalam menyerap dan mempertahankan air menjadi lebih baik. Kondisi ini meningkatkan kelembaban dan konduktivitas tanah di sekitar elektroda, yang pada akhirnya menurunkan nilai resistansi

pentanahan. Menurut [12], kemampuan arang aktif dalam menyerap air berkaitan dengan mekanisme adsorpsi yang terjadi pada permukaan dan pori-pori arang. Proses adsorpsi diawali oleh interaksi gugus aktif pada permukaan arang dengan molekul air, yang kemudian diperkuat oleh gaya *Van der Waals* sehingga molekul air teradsorpsi ke dalam pori-pori arang. Mekanisme ini menyebabkan arang mampu mempertahankan kelembaban di sekitarnya, yang berkontribusi terhadap peningkatan konduktivitas tanah.

### C. Hasil Pengukuran Resistansi dengan penambahan arang tempurung kedalaman 80 cm selama 15 hari

Berdasarkan tabel 3, hasil pengukuran menunjukkan bahwa penambahan arang tempurung kelapa pada kedalaman elektroda 80 cm menyebabkan penurunan nilai resistansi pentanahan.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Awal dan Akhir Resistansi Tanah dengan Penambahan Arang Tempurung Kelapa

Hari ke-	Resistansi Pentanahan (Ohm) Luas Elektroda 40 cm	Resistansi Pentanahan (Ohm) Luas Elektroda 60 cm	Kondisi Tanah
1	43,4	21,5	Kering
3	40,5	21	Kering
4	39,8	20,8	Kering
5	38,6	20,8	Kering
6	37,2	20,4	Basah
7	36,1	20	Basah
8	35,8	19,9	Kering
9	34,5	19,7	Basah
10	23,1	18,2	Basah
11	17,9	16,8	Basah
12	16,8	10,6	Basah
13	14,2	8,7	Kering
14	12,1	7,7	Kering
15	10	7,6	Kering

Pada elektroda dengan luas 40 cm, nilai resistansi menurun dari 43,4  $\Omega$  pada hari pertama menjadi 10  $\Omega$  pada hari terakhir. Sementara itu, pada elektroda dengan luas 60 cm, nilai resistansi juga mengalami penurunan dari 21,5  $\Omega$  menjadi 7,6  $\Omega$ . Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya dimana hasil penelitian menunjukkan penambahan arang tempurung kelapa dengan diameter 50 cm menyebabkan penurunan nilai resistansi pembumian dari 10,97  $\Omega$  menjadi 4,73  $\Omega$ . Penurunan ini terjadi seiring dengan meningkatnya kemampuan tanah dalam menghantarkan arus listrik akibat penyerapan air oleh arang tempurung kelapa [8].

Penurunan nilai resistansi yang terjadi dapat dipengaruhi oleh pemadatan arang tempurung kelapa secara alami serta interaksi antara arang dan tanah di sekitarnya. Arang tempurung kelapa memiliki kemampuan penyerapan air yang baik akibat tingginya kandungan karbon aktif serta struktur pori yang semakin besar setelah batok kelapa diubah menjadi arang. Kondisi tersebut meningkatkan kemampuan tanah dalam mempertahankan kelembaban. Selain itu, arang batok kelapa mengandung unsur kalium yang berperan sebagai elektrolit dengan konduktivitas yang baik. Keberadaan elektrolit dan meningkatnya kelembaban tanah menyebabkan konduktivitas tanah menjadi lebih baik, sehingga nilai resistansi pentanahan menjadi lebih rendah [13].

Selain penambahan arang tempurung kelapa, tingkat kelembaban tanah diduga turut mempengaruhi nilai resistansi pentanahan. Selama pengujian, kondisi tanah mengalami perubahan dari kering menjadi basah, yang diikuti dengan penurunan nilai resistansi pentanahan. Menurut [14], tanah dengan tingkat kelembaban yang tinggi memiliki kandungan air yang lebih tinggi sehingga konduktivitas listriknya lebih baik dan menghasilkan nilai tahanan yang lebih kecil, sedangkan tanah yang memiliki tingkat kelembaban yang rendah memiliki konduktivitas yang lebih rendah.

Pada penelitian ini digunakan 2 ukuran plat elektroda, yaitu 40 dan 60 cm untuk melihat pengaruh ukuran elektroda yang digunakan terhadap nilai resistansi pentanahan. Hasil penelitian pada Tabel 3. menunjukkan elektroda dengan luas 60 cm menghasilkan nilai resistansi yang lebih kecil daripada plat elektroda dengan luas 40 cm. Hal ini sesuai dengan pernyataan oleh [13] yang menyatakan bahwa diameter elektroda plat mempengaruhi luas kontak antara elektroda dan tanah, yang dapat mempengaruhi arus listrik yang melewati tanah saat pengukuran resistansi pentanahan. Elektroda dengan diameter yang lebih besar cenderung memiliki resistansi yang lebih rendah karena memiliki lebih banyak area kontak dengan tanah, pelebaran zona pengukuran disekitar elektroda yang dapat mengurangi resistansi secara keseluruhan karena volume tanah yang terlibat dalam pengukuran lebih besar.

Penurunan nilai resistansi yang didapatkan berada pada nilai 10 Ohm pada penggunaan elektroda dengan luas 40 cm dan 7,6 Ohm pada penggunaan elektroda dengan luas 60 cm. Masing-masing nilai resistansi yang didapatkan masih berada diatas 5 Ohm. Hal ini diduga dipengaruhi oleh karakteristik tanah lokasi penelitian, keterbatasan kedalaman dan luas elektroda yang digunakan, serta kondisi kelembaban tanah yang belum sepenuhnya stabil. Menurut [15], nilai resistansi pentanahan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain jenis tanah, ukuran dan jenis elektroda yang digunakan, serta kedalaman penanaman elektroda. Sementara itu, nilai tahanan jenis tanah dipengaruhi oleh komposisi tanah, temperatur, tingkat kelembaban, dan kandungan kimia yang terdapat di dalam tanah.

## IV. KESIMPULAN

Dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut: Luas elektroda dan penambahan arang tempurung kelapa berpengaruh terhadap nilai resistansi pentanahan. Berdasarkan hasil penelitian pada variasi ketebalan arang 20 cm, 40 cm, 60 cm, dan 80 cm dengan luas elektroda 40 cm dan 60 cm, diperoleh penurunan nilai resistansi pentanahan. Semakin besar jumlah arang tempurung kelapa yang digunakan dan semakin besar luas elektroda plat, maka nilai resistansi pentanahan yang dihasilkan semakin kecil. Berdasarkan data hasil pengukuran resistansi pentanahan dengan penambahan arang batok kelapa yang didiamkan selama 15 hari menggunakan elektroda plat berbentuk persegi berukuran 40 cm dan 60 cm pada kedalaman 80 cm, diperoleh nilai resistansi awal pada hari pertama sebesar 43,4  $\Omega$  dan 21,5  $\Omega$ . Pada hari terakhir, nilai resistansi

menurun menjadi 10  $\Omega$  dan 7,6  $\Omega$ , atau mengalami penurunan sebesar 77%. Hasil ini menunjukkan bahwa diperlukan waktu untuk mengondisikan arang tempurung kelapa agar dapat beradaptasi dengan kondisi tanah di lokasi penelitian.

#### REFERENSI

- [1] R. R. Fazrin, T. Tohir, and K. Kunci, "Pengujian Nilai Resistansi Pentanahan Elektroda Batang dengan Zat Aditif Bentonit dan Tanpa Bentonit," in *Prosiding The 14th Industrial Research Workshop and National Seminar*, Bandung, 2023, pp. 103–108.
- [2] D. Tessel, W. Ardi, and Nehru, "Penggunaan Campuran Magnesium Sulfat dan Arang Tempurung Kelapa Sebagai Upaya Perbaikan Resistansi Pentanahan Elektroda Jenis Batang," *J. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 26–34, 2021.
- [3] P. M. Rizki and D. E. Putra, "Pentanahan Arrester Terhadap Kinerja Resistansi Pentanahan Transformator Distribusi 250 Kva Gardu Ba 005 di PT. PLN (PERSERO) UP3 Bengkulu," *J. Ampere*, vol. 5, no. 2, pp. 48–59, 2020.
- [4] H. Yuliadi and S. Hardi, "Analisis Perbandingan Tahanan Pentanahan Pada Elektroda Batang Dan Plat Untuk Perbaikan Nilai Resistansi Pembumian," *RELE (Rekayasa Elektro dan Energi) J. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 68–74, 2021.
- [5] D. Alfian, "Analisis Pengaruh Penambahan Arang Tempurung Kelapa dan Magnesium Sulfat Terhadap Penurunan Resistansi Pentanahan," Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, 2024.
- [6] M. Mukmin, A. Kali, and B. Mukhlis, "Perbandingan Nilai Tahanan Pentanahan pada Area Reklamasi Pantai (Citriland)," *Mektrik*, vol. 1, no. 1, pp. 29–39, 2014.
- [7] W. P. Widyaningsih, T. H. Mulud, and D. Saraswati, "Soil Treatment Arang Pada Elektroda Plat yang Disusun Secara Paralel untuk Menurunkan Tahanan Pembumian  $\pm 75\%$ ," *EKSERGI J. Tek. Energi*, vol. 16, no. 1, pp. 40–48, 2020.
- [8] L. D. Purwantoro, "Studi Pemanfaatan Arang Tempurung Kelapa untuk Perbaikan Resistansi Pembumian Jenis Elektroda Batang," Universitas Brawijaya, 2013.
- [9] I. S. Mento, L. Mohamad, K. Amali, and S. Salim, "Studi Resistansi Elektroda Pentanahan Menggunakan Metode Tiga Kutub," *J. Renew. Energy Eng.*, vol. 3, no. April, pp. 1–7, 2025.
- [10] R. Nasution, Z. Pelawi, and R. Syaru, "Pengukuran Grounding Pada Gedung Rumah Sakit Grand MitraMedika Medan," *J. Electr. Technol.*, vol. 6, no. 1, pp. 23–30, 2021.
- [11] R. D. N. Cahyo, Y. Rahmawati, and Ariprihata, "Studi Tahanan Pentanahan Menggunakan Campuran Arang dan Garam Dalam Menurunkan Nilai Tahanan Tanah The study of ground resistance using mixture of charcoal and," *J. Inov. Pertahanan dan Keamanan 1*, vol. 02, no. 1, pp. 1–12, 2019.
- [12] A. Arifin and R. L. Sofyan, "Analisis Pengaruh Elektroda Hubung Parealel Dengan Media Arang Terhadap Nilai Tahanan Pentanahan," *J. Teknol. Elekterika*, vol. 17, no. 2, pp. 53–59, 2020.
- [13] Debit, M. I. Arsyad, and Purwoharjono, "Studi pemanfaatan arang batok kelapa untuk perbaikan resistansi pentanahan menggunakan jenis elektroda plat berbentuk persegi".
- [14] J. Arifin, "Pengukuran Nilai Grounding Terbaik pada Kondisi Tanah Berbeda," *J. ELTIKOM J. Tek. Elektro, Teknol. Inf. dan Komput.*, vol. 5, no. 1, pp. 40–47, 2021.
- [15] D. Setiawan and A. Syakur, "Soil Treatment dalam Menurunkan Resistansi Pentanahan Variasi Kedalaman Elektroda," *Transient*, vol. 7, no. 2, pp. 417–423, 2018.