JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia, Vol. 7, No. 2, pp. 271-283, 2026
e-ISSN 2723-0589

Utilization of Activated Carbon Derived from Oil Palm Empty Fruit Bunches as an Alternative for Improving Grounding System Quality

Iswadi Hasyim Rosma[1]*, Jhoni Al Rizal[1], Dian Yayan Sukma[1], S. Suwitno[1], Gilang Radithya Fikri[1]

[1] Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Riau, Pekanbaru, Indonesia

*Corresponding Author email : iswadi.hr@lecturer.unri.ac.id

Abstract

An ideal grounding system should have low grounding resistance. However, in practice, it is not easy to achieve low grounding resistance values due to the inherent properties and characteristics of the soil. Therefore, this research aims to reduce ground resistance by utilizing activate charcoal derived from empty fruit bunch (EFB) waste with single rod grounding system. The testing method was conducted by comparing the grounding resistance of 3 conditions: grounding without activate charcoal and with the addition of activate charcoal. Activate charcoal was added to the 3 holes that had been made, each shaped like a square measuring 30 cm × 30 cm with a depth of 100 cm in clay soil. Subsequently, each of these holes was filled with a mixture of active charcoal and soil in a ratio of 1:1 for hole 1, 2:1 for hole 2, and hole 3 was filled entirely with pure active charcoal. Based on the measurements using an Earth Tester (Duoyi brand, model DY4300B), the grounding resistance in the first hole decreased from 131.78 Ω without activate charcoal to 78.94 Ω when the hole was filled with a 1:1 mixture of soil and activate charcoal. For the second hole, the grounding resistance dropped from 184.84 Ω without activate charcoal to 49.78 Ω when filled with a 2:1 mixture of soil and activated charcoal. Subsequently, the grounding resistance decreased from 383 Ω before the addition of activated charcoal to 147.27 Ω when filled with pure activated charcoal. The measurement results also show that the largest decrease in grounding resistance occurred in Hole 2, with a value of 67%. Furthermore, in general, the grounding resistance value for rainy conditions is lower than for sunny conditions.

Keywords: Grounding Resistance, Electrode Rod, Clay, Active Charcoal, Empty Oil Palm Fruit Bunches

© The Author(s)
Published by Universitas Negeri Padang
This is an open-access article under the: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

1. Introduction

Sistem pengetanahan merupakan suatu sirkit proteksi yang diterapkan pada sistem kelistrikan. Pada sistem pengetanahan, semakin kecilnya nilai tahanan pengetanahan, maka kemampuan mengalirkan arus ke tanah semakin besar, sehingga dapat mengurangi arus gangguan menuju ke komponen. Tahanan pengetanahan ideal memiliki nilai tahanan yang mendekati nol [1]. Dalam merancang sebuah sirkit pengetanahan, faktor yang perlu diperhatikan ialah nilai dari tahanan jenis tanah di sekitar penanaman elektroda [2].

Akan tetapi, pada kenyataannya di lapangan untuk mendapatkan nilai resistansi pengetanahan dengan nilai yang kecil tidaklah mudah. Hal ini dikarenakan adanya tiga faktor yang mempengaruhi tahanan jenis tanah, yang pertama kondisi struktur geologi tanah, seperti tanah liat, tanah rawa, tanah berbatu, tanah berpasir, tanah gambut dan lainnya. Kedua, kandungan unsur kimia yang ada di dalam tanah, seperti garam, logam, dan mineral–mineral lainnya. Ketiga, keadaan iklim, basah atau kering, temperatur dan kelembapan tanah[3].

Dalam usaha mengurangi nilai tahanan pengetanahan, ada beberapa cara yang dapat dilakukan, seperti penambahan kedalaman penanaman elektroda, penambahan panjang dan diameter elektroda, serta mendesain ulang konfigurasi elektroda. Selain beberapa hal tersebut, ada beberapa alternatif lain yang dilakukan untuk memperbaiki nilai tahanan pengetanahan, yaitu memanfaatkan material yang memiliki tahanan jenis yang rendah seperti bentonit, garam, semen konduksi, abu batu bara, dan arang [4].

Dari pemaparan di atas, penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki nilai tahanan pengetanahan dengan memanfaatkan arang aktif dari limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) sebagai media pereduksi nilai tahanan pengetanahan. Pengujian dilakukan pada jenis tanah liat dengan elektroda pengujian jenis elektroda batang.

2. Materials and Method

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental, yaitu dengan membuat alternatif penurunan nilai tahanan pengetanahan dengan memanfaatkan arang aktif dari limbah TKKS. Untuk mendapatkan data nilai tahanan pengetanahan, pengukuran dilakukan secara langsung di lokasi penelitian. Setelah data hasil pengukuran didapatkan, dilakukan analisis dan perhitungan untuk mengetahui pengaruh dari penambahan material arang aktif terhadap nilai tahanan pengetanahan.

2.1 Materials

Dalam penelitian ini, diperlukan beberapa alat dan bahan yang berfungsi untuk mendukung proses pengumpulan, pengolahan, dan analisis data. Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah,

1. Elektroda Batang/rod (berbahan tembaga dengan jari – jari elektroda 7,9 mm dan panjang meter)
2. Martil
3. Earth Tester Type Duoyi DY4300B
4. Natrium Cloride (NaCl) jenis padatan
5. Tembilang
6. Kaleng
7. Kayu Bakar
8. Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

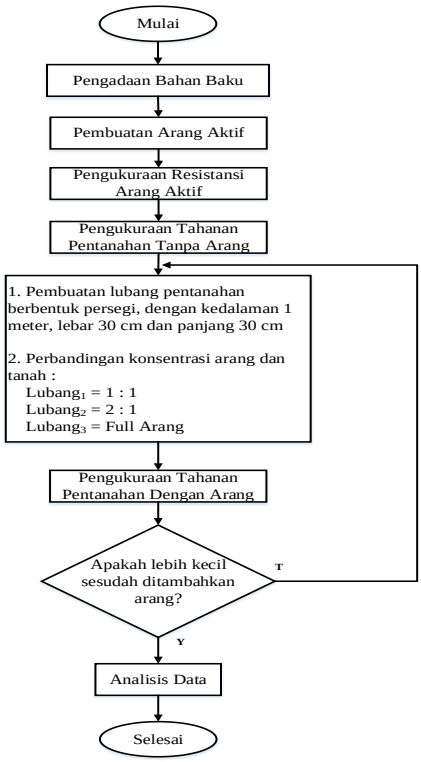
2.2 Method

Alur penelitian disajikan pada Gambar 1. Secara umum penelitian terdiri dari tahapan: pengadaan bahan baku, pembuatan arang aktif TKKS, pengukuran tahanan arang aktif TKKS, pengukuran tahanan pengetanahan tanpa arang aktif, pengukuran tahanan pengetanahan untuk lubang yang diisi dengan arang dengan tanah dengan rasio: 1:1, 2:1 dan arang penuh. Setelah semua pengambilan data selesai, lalu dilakukan analisis hasil untuk melihat seberapa besar pengaruh penambahan arang aktif TKKS terhadap perbaikan nilai tahanan pengetanahan.

© The Author(s)
Published by Universitas Negeri Padang
This is an open-access article under the: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

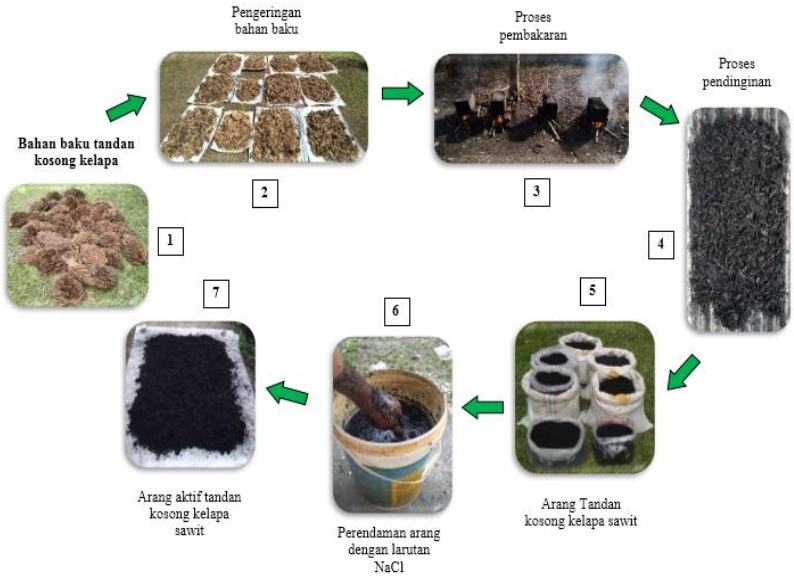
JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia, Vol. 7, No. 2, pp. 271-283, 2026
e-ISSN 2723-0589

© The Author(s)
Published by Universitas Negeri Padang
This is an open-access article under the: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/



Gambar 1: Diagram Alir Penelitian

a. Pembuatan Arang Aktif Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit



Gambar 2: Proses Pembuatan Arang Aktif Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit

Pembuatan arang aktif dari limbah TKKS dilakukan dalam 2 proses, yaitu proses karbonasi dan proses pengaktifan. Proses karbonasi diawali dengan penyediaan bahan baku tandan kosong kelapa sawit. Tandan kosong kelapa sawit terlebih dahulu5dipotong kecil-kecil dan dikeringkan secara alami di bawah sinar matahari. Setelah bahan baku kering, dilakukan proses pembakaran dengan cara bahan baku dimasukkan ke dalam kaleng, lalu

dipanaskan di atas tungku kayu api, waktu pembakaran kurang lebih selama 45 menit. Proses pembuatan arang aktif dari limbah tandan kosong kelapa sawit diilustrasikan pada Gambar 2.

Setelah proses pembakaran selesai, kemudian hasil pembakaran berupa arang dikeluarkan dari kaleng pembakaran untuk didinginkan. Proses pendinginan dilakukan dengan cara arang dihamparkan di atas seng pada udara terbuka hingga bara api pada arang yang tersisa dari proses pembakaran padam hingga arang dingin. Sebelum arang diisikan dilubang pengetanahan, terlebih dahulu arang diaktifkan secara kimia dengan cara direndam pada larutan *Natrium Cloride* (NaCl) [5], dimana untuk 10 Kg arang membutuhkan 2 Kg NaCl yang dilarutkan pada 10 liter air. Perendaman arang dilakukan selama 1 x 24 jam. Proses pengaktifan menggunakan larutan NaCl ini bertujuan untuk membersihkan arang dari konstituen pengotor hasil pembakaran yang tidak sempurna [6]. Setelah arang selesai direndam, selanjutnya arang dikeringkan secara alami di bawah panas sinar matahari, dengan cara arang dihamparkan di atas seng dan dibiarkan hingga kering.

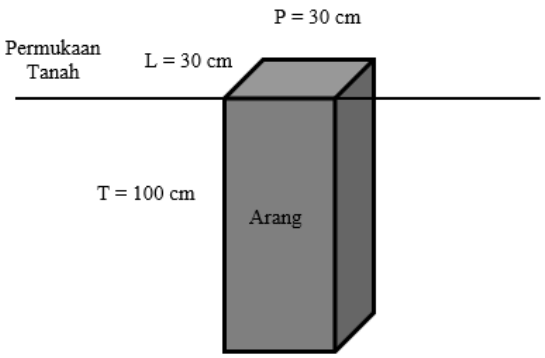
b. Prosedur Perancangan Sistem Pengetanahan

1. Lubang pertama

   Lubang digali berbentuk persegi dengan panjang 30 cm dan lebar 30 cm dengan kedalaman 100 cm. Setelah penggalian selesai dilakukan, lalu lubang diisi dengan campuran arang dan tanah dengan perbandingan 1 : 1 (2 ember arang dan 2 ember tanah). Setelah lubang penuh terisi oleh arang, lalu elektroda ditancapkan langsung ke dalam lubang sedalam 100 cm.
2. Lubang kedua

   Lubang digali berbentuk persegi dengan panjang 30 cm dan lebar 30 cm dengan kedalaman 100 cm. Setelah penggalian selesai dilakukan, lalu lubang diisi dengan campuran arang dan tanah dengan perbandingan 2 : 1 (2 ember arang dan 1 ember tanah). Setelah lubang penuh terisi oleh arang, lalu elektroda ditancapkan langsung ke dalam lubang sedalam 100 cm.
3. Lubang ketiga

   Lubang digali berbentuk persegi dengan panjang 30 cm dan lebar 30 cm dengan kedalaman 100 cm. Setelah penggalian selesai dilakukan, lalu lubang diisi dengan arang secara penuh tanpa campuran tanah. Setelah lubang penuh terisi oleh arang, lalu elektroda ditancapkan langsung ke dalam lubang sedalam 100 cm. Ilustrasi peletakan arang aktif pada lubang pengetanahan disajikan pada Gambar 3.

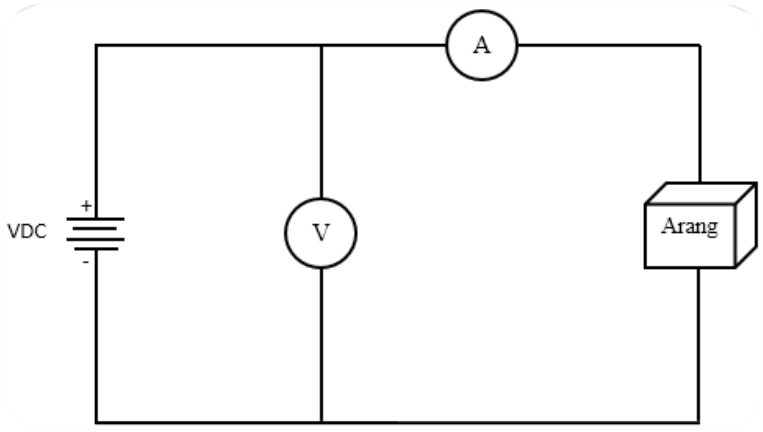


Gambar 3: Ilustrasi Peletakan Arang Aktif pada Sistem Pengetanahan

© The Author(s)
Published by Universitas Negeri Padang
This is an open-access article under the: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

c. Pengukuran Tahanan Arang Aktif

Untuk mengetahui tahanan arang aktif, dibuat wadah berbentuk kubus dari kayu lapis dengan ukuran panjang 10 cm, lebar 10 cm dan tinggi 10 cm. Rangkaian pengukuran tahanan komposisi arang aktif dan tanah disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4: Rangkaian Pengukuran Tahanan Komposisi Arang Aktif dan Tanah

Pengukuran dilakukan pada sumber dc dengan memvariasikan tegangan dari 5 VDC, 10 VDC, 15 VDC, 20 VDC, 25 VDC, dan 30 VDC. Setelah data pengukuran didapatkan, selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mengetahui pengaruh arang terhadap tahanan pengetanahan. Untuk menghitung tahanan komposisi arang dan tanah dari pengukuran, dihitung menggunakan rumus.

$$R = \frac{V}{I} \quad (1)$$

Dimana :
R = Tahanan komposisi arang dan tanah (Ω)
V = Tegangan terukur (V)
I = Arus Terukur (A)

Tabel 1 menyajikan data nilai tahanan arang aktif dari hasil pengujian dengan menggunakan tegangan dc. Dari pengujian terlihat bahwa arang aktif yang dihasilkan memiliki tahanan rata rata sebesar 120,71 Ω.

Tabel 1: Hasil Pengukuran Tahanan Arang Aktif

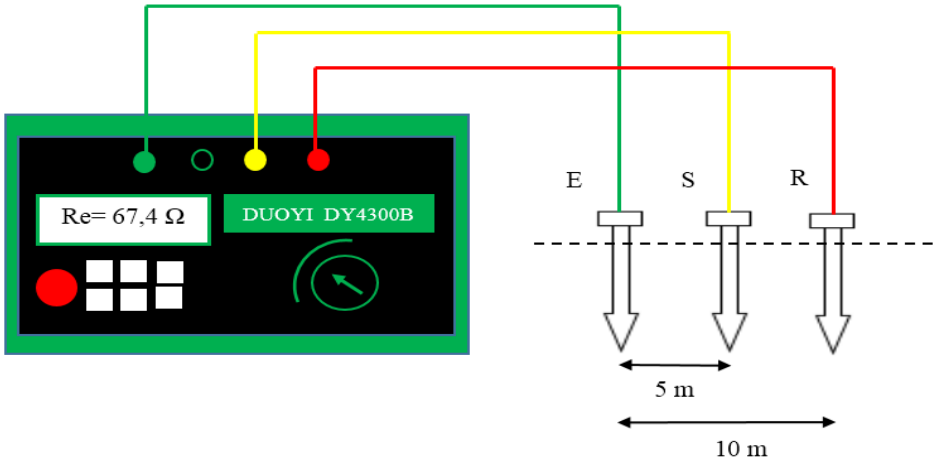
No.	Sumber DC (Volt)	$V_{terukur}$ (Volt)	$I_{terukur}$ (Ampere)	$R_{perhitungan}$ (Ω)	Rrata-Rata (Ω)
1	5	5,00	36,20	138,12	120,71
2	10	10,01	67,80	147,64	
3	15	15,00	118,4	126,69	
4	20	20,01	190,00	105,32	
5	25	25,00	228,00	109,65	
6	30	30,01	310,00	96,81	

d. Pengukuran Tahanan Pengetanahan

Pengukuran tahanan pengetanahan dilakukan menggunakan alat ukur *Earth Tester Type Duoyi DY4300B* dengan metode pengukuran 3 titik. Pengambilan data pengukuran dilakukan selama 15 hari. Metode pengukuran 3 titik yaitu metode pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan 1 buah elektroda pengetanahan dan 2 buah elektroda

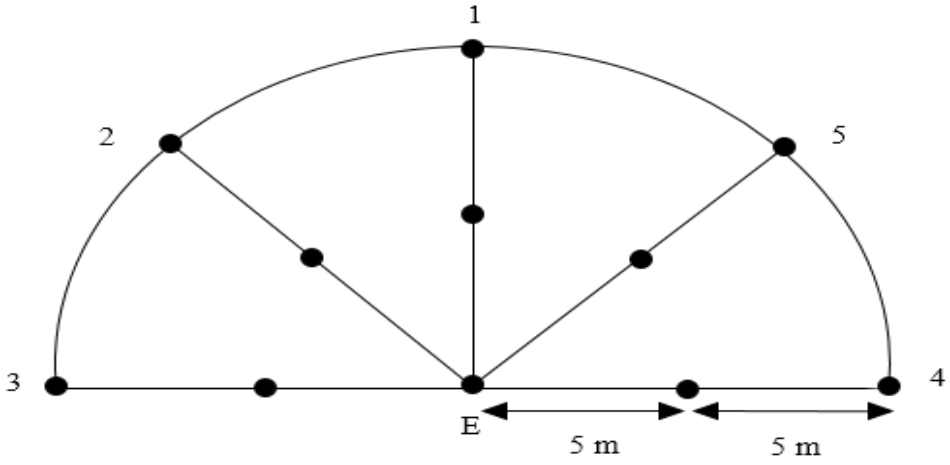
© The Author(s)
Published by Universitas Negeri Padang
This is an open-access article under the: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

bantu yang tersedia dari alat ukur [7]. Rangkaian pengukuran tahanan pengetanahan diberikan oleh Gambar 5.



Gambar 5: Rangkaian Pengukuran Tahanan Pengetanahan

Pengukuran tahanan pengetanahan dilakukan pada lima titik pengujian yang membentuk sudut 180^0 atau berbentuk setengah lingkaran. Pengukuran tahanan pengetanahan dilakukan dalam 2 kondisi, yakni pengukuran sebelum penambahan media arang aktif dan sesudah penambahan media arang aktif. skema pengukuran tahanan pengetanahan diberikan oleh Gambar 6.



Gambar 6: Skema Pengukuran Tahanan Pengetanahan

Untuk menghitung tahanan jenis pengetanahan dilakukan dengan menggunakan persamaan (2).

$$\rho = \frac{2\pi LR}{\ln\left(\frac{4L}{r}\right)-1} \quad (2)$$

Dimana:
ρ = Tahanan jenis tanah (Ω)
R = Tahanan pengetanahan elektroda batang hasil pengukuran (Ω)
L = Panjang elektroda (m)
r = Jari – jari elektroda (m)

© The Author(s)
Published by Universitas Negeri Padang
This is an open-access article under the: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

3. Results and discussion

Pengujian tahanan pengetanahan tanpa arang aktif dilakukan dengan menancapkan langsung elektroda batang pengetanahan langsung ke tanah. Ilustrasi pengetanahan tanpa arang aktif diperlihatkan oleh Gambar 7.



Gambar 7: Pengetanahan Tanpa Arang Aktif

Hasil pengukuran tahanan pengetanahan sebelum dilakukan penambahan material arang aktif tandan kosong kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel 2. Data pada Tabel 2 merupakan hasil pengukuran tahanan pengetanahan pada kondisi sebelum penambahan arang aktif dengan kondisi cuaca cerah. Pengukuran dilakukan pada 5 titik pengujian. Setelah dilakukan pengukuran didapat nilai rata-rata tahanan pengetanahan Lubang 1 sebesar 131,78 Ω, lubang pengetanahan Lubang 2 sebesar 184,84 Ω, dan serta Lubang 3 sebesar 383 Ω. Perbedaan nilai tahanan pengetanahan ini terjadi karena masing-masing lubang berada pada lokasi yang berbeda.

Tabel 2: Hasil Pengukuran Tahanan Pengetanahan Tanpa Arang Aktif

No	Pengukuran Tanpa Arang	Pengukuran (Ω)					Rata – Rata (Ω)	Kondisi Cuaca
		1	2	3	4	5		
1	Lubang 1	130,2	131,4	135,8	130,0	131,5	131,78	cerah
2	Lubang 2	192,0	187,8	177,8	176,4	190,2	184,84	cerah
3	Lubang 3	383,0	383,0	384,0	379,0	386,0	383,00	cerah

3.1 Pengujian Tahanan Pengetanahan Sesudah Penambahan Arang Aktif Lubang 1 (1:1)

Setelah didapatkan tahanan pengetanahan masing-masing Lubang 1 sampai Lubang 3 tanpa adanya penambahan arang seperti ditunjukkan pada Tabel 2, maka selanjutnya melakukan pengujian tahanan pengetanahan setelah dilakukan penambahan material arang aktif tandan kosong kelapa sawit pada Lubang 1, Lubang 2 dan Lubang 3. Pengukuran dilakukan pada hari yang sama selama 15 hari berturut turut. Data hasil pengukuran ditunjukkan pada Tabel 3 hingga Tabel 5. Tabel 3 menunjukkan data hasil pengukuran yang didapatkan dari 15 hari yang terdiri dari kondisi cuaca cerah dan hujan. Dari Tabel diketahui bahwa nilai tahanan pengetanahan rata-rata adalah sebesar 98,52 Ω dan 77,50 Ω untuk Lubang 1 dengan penambahan arang aktif (1:1). Nilai tahanan pengetanahan untuk kondisi hujan lebih rendah dibandingkan kondisi cerah.

© The Author(s)
Published by Universitas Negeri Padang
This is an open-access article under the: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Tabel 3: Hasil Pengukuran Tahanan Pengetanahan Dengan Arang Aktif Lubang Pertama (1:1)

No	Hari	Pengukuran (Ω)					Rata – Rata (Ω)	Kondisi Cuaca
		1	2	3	4	5		
1	Selasa	118,3	116,6	103,5	101,1	114	110,7	cerah
2	Rabu	115,4	113,5	101,3	98,5	110,4	107,82	cerah
3	Kamis	114,4	111,5	99,6	96,9	110	106,48	cerah
4	Jumat	88,1	87,4	74,9	72,1	84,6	81,42	hujan
5	Sabtu	89,5	86	75,3	73	85,8	81,92	cerah
6	Minggu	90,7	87,3	76,2	73,7	86,9	82,96	cerah
7	Senin	91,5	89,1	76,7	74,7	87,9	83,98	cerah
8	Selasa	86,1	82,8	71,9	69,9	82,6	78,66	hujan
9	Rabu	87,3	83,4	73	70,5	83,6	79,56	cerah
10	Kamis	88,5	84,1	73,9	70,7	85,9	80,62	cerah
11	Jumat	91,3	85,7	74,7	72,5	87,0	82,24	cerah
12	Sabtu	84,5	82,7	70,7	67,8	81,2	77,38	hujan
13	Minggu	85,0	81,3	70,8	68,7	83,0	77,76	hujan
14	Senin	86,2	85,0	71,5	69,3	82,7	78,94	cerah
15	Selasa	79,6	77,4	65,6	63,2	75,6	72,28	hujan
						Rata-rata	98,52	cerah
						Rata-rata	77,50	hujan

3.2 Pengujian Tahanan Pengetanahan Sesudah Penambahan Arang Aktif Lubang 2 (2:1)

Hasil pengukuran tahanan pengetanahan setelah penambahan material arang aktif tandan kosong kelapa sawit pada Lubang 2 dapat dilihat pada Tabel 4. Besarnya tahanan pengetanahan pada Lubang 2 dari pengukuran selama 15 hari didapatkan sebesar 42,9 Ω – 68 Ω. Dari Tabel 4 juga dapat dilihat bahwa tahanan pengetanahan masing-masing adalah sebesar 56, 27 Ω untuk kondisi cerah sedangkan untuk kondisi hujan memiliki nilai tahanan pengetanahan yang lebih rendah yaitu sebesar 49, 78 Ω.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Tahanan Pengetanahan Dengan Arang Aktif Lubang Kedua (2:1)

No	Hari	Pengukuran (Ω)					Rata – Rata (Ω)	Kondisi Cuaca
		1	2	3	4	5		
1	Selasa	67,4	66,1	70,3	69	67,4	68,04	cerah
2	Rabu	65,7	65,2	69,3	67,4	66,5	66,82	cerah
3	Kamis	65,0	65,8	68,3	66,0	66,8	66,38	cerah
4	Jumat	51,2	50,6	54,8	53,0	51,8	52,28	hujan
5	Sabtu	52,9	53,7	56,1	54,2	52,4	53,86	cerah
6	Minggu	53,8	52,7	56,3	54,9	53,3	54,20	cerah
7	Senin	53,7	53,2	57,2	55,5	54,0	54,72	cerah
8	Selasa	50,9	50,4	54,3	52,2	50,8	51,72	hujan

© The Author(s)
Published by Universitas Negeri Padang
This is an open-access article under the: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

9	Rabu	51,3	51,0	54,8	53,1	52,3	52,50	cerah
10	Kamis	52,5	52,0	55,3	53,7	52,3	53,16	cerah
11	Jumat	52,2	52,8	55,8	54,4	51,8	53,40	cerah
12	Sabtu	49,2	50,6	53	51,1	50,7	50,92	hujan
13	Minggu	49,5	49,7	53,8	51,6	50,7	51,06	hujan
14	Senin	49,9	51,3	53,6	52,1	50,1	51,40	cerah
15	Selasa	42,3	43	45,1	42,9	41,2	42,90	hujan
						Rata-rata	56,27	cerah
						Rata-rata	49,78	hujan

3.3 Pengujian Tahanan Pengetanahan Sesudah Penambahan Arang Aktif Lubang Ketiga (Arang Aktif Penuh)

Hasil pengukuran tahanan pengetanahan sesudah penambahan material arang aktif secara penuh pada Lubang 3 dapat dilihat pada Tabel 5 dimana tahanan pengetanahan adalah sebesar 147,27 Ω untuk kondisi cerah sedangkan untuk kondisi hujan nilai tahanan bernilai lebih rendah yaitu 129,38 Ω.

Tabel 5. Hasil Pengukuran Tahanan Pengetanahan Dengan Arang Aktif Lubang Ketiga (Arang Aktif Penuh)

No	Hari	Pengukuran (Ω)					Rata – Rata (Ω)	Kondisi Cuaca
		1	2	3	4	5		
1	Selasa	176,6	179,6	172,6	175,6	176,2	176,12	cerah
2	Rabu	171,3	174,5	167,1	170,1	170,4	170,68	cerah
3	Kamis	169,1	172,2	164,9	168,6	168,6	168,68	cerah
4	Jumat	134,6	138,2	131,7	134,6	134,8	134,78	hujan
5	Sabtu	136,8	139,4	132,3	133,9	137,5	135,98	cerah
6	Minggu	138	141,2	134,8	137,6	139	138,12	cerah
7	Senin	140,7	143,1	136,7	140,1	140,7	140,26	cerah
8	Selasa	132,7	134,9	128,8	130,7	134,2	132,26	hujan
9	Rabu	133	136,2	130	133,2	134,7	133,42	cerah
10	Kamis	137,4	140,6	134,4	134,7	135,5	136,52	cerah
11	Jumat	139,6	142,8	137,5	139,8	140,3	140,00	cerah
12	Sabtu	129,9	132,4	127,3	130,6	130,6	130,16	hujan
13	Minggu	131,5	134	129,7	134,2	133,3	132,54	hujan
14	Senin	132,5	135,8	129,6	133,2	133,5	132,92	cerah
15	Selasa	117,5	120,3	113,5	116,5	118,1	117,18	hujan
						Rata-rata	147,27	cerah
						Rata-rata	129,38	hujan

© The Author(s)
Published by Universitas Negeri Padang
This is an open-access article under the: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

3.4 Analisis Pengaruh Penambahan Material Arang Aktif Terhadap Sistem Pengetanahan

Tabel 6 merupakan hasil pengukuran tahanan pengetanahan yang membandingkan Lubang 1, Lubang 2 dan Lubang 3 sebelum dan sesudah penambahan material arang aktif dengan 3 variasi. Secara umum, penambahan material arang aktif dapat menurunkan tahanan pengetanahan. Penurunan tahanan pengetanahan saat kondisi hujan lebih besar dibandingkan saat kondisi cerah. Selanjutnya, penambahan arang aktif dengan perbandingan campuran 2:1 yang ada pada Lubang 2 terlihat mampu menurunkan tahanan pengetanahan jika dibandingkan dengan perbandingan campuran 1:1 (Lubang 2) dan arang aktif penuh (Lubang 3).

Tabel 6: Perbandingan Nilai Tahanan Pengetanahan Sebelum dan Sesudah Penambahan Arang Aktif untuk Kondisi Cerah dan Hujan

Lubang Pengetanahan (Perbandingan Arang dan Tanah)	Rata–Rata Pengukuran Tanpa Arang (Ω)	Rata–Rata Pengukuran Dengan arang (Ω)		Persentase Penurunan nilai tahanan pengetanahan (%)	
		Cerah	Hujan	Cerah	Hujan
Lubang 1 (1:1)	184,84	78,94	72,28	57	61
Lubang 2 (2:1)	131,78	49,78	42,9	62	67
Lubang 3 (Arang Aktif Penuh)	383,00	147,27	129,38	62	66

Setelah dilakukan pengukuran selama 15 hari pada sistem pengetanahan, terlihat adanya penurun nilai tahanan pengetanahan sebelum dan sesudah penambahan material arang aktif. Lubang pengetanahan pertama, sebelum penambahan konsentrasi arang aktif nilai tahanan pengetanahan sebesar 184,84 Ω. Setelah dilakukan penambahan konsentrasi arang aktif, nilai tahanan pengetanahan turun menjadi 78,94 Ω pada saat kondisi cuaca cerah, dan tahanan pengetanahan menjadi lebih kecil pada saat kondisi sedang hujan yakni sebesar 72,28 Ω.

Lubang pengetanahan kedua, sebelum penambahan arang aktif (2:1) nilai tahanan pengetanahan sebesar 131,78 Ω. Setelah dilakukan penambahan konsentrasi arang aktif, nilai tahanan pengetanahan turun menjadi 49,78 Ω pada saat kondisi cuaca cerah, dan tahanan pengetanahan menjadi lebih kecil pada saat kondisi hujan yakni sebesar 42,9 Ω. Untuk Lubang ketiga, sebelum penambahan arang aktif (penuh) terukur nilai tahanan pengetanahan sebesar 383 Ω, namun setelah dilakukan penambahan konsentrasi arang aktif, nilai tahanan pengetanahan turun menjadi 147,27 Ω pada saat kondisi cuaca cerah, dan tahanan pengetanahan menjadi lebih kecil pada saat kondisi hujan yakni sebesar 129,38 Ω.

3.5 Perhitungan Tahanan Jenis Pengetanahan Media Arang Aktif

Untuk mengetahui pengaruh penambahan material arang aktif terhadap nilai tahanan jenis pengetanahan, maka dilakukan perhitungan untuk L =1 m, r = 0,0079 m untuk masing-masing tahanan pengetanahan R yang didapat sebelumnya dengan menggunakan persamaan (2) sebagai berikut.

Perhitungan tahanan jenis pengetanahan lubang pertama tanpa arang

$$\rho = \frac{2\pi LR}{ln\left(\frac{4L}{A}\right) - 1} = \frac{(2)(3.14)(1)(184.84)}{ln\left(\frac{(4)(1)}{0.0079}\right) - 1} \rho = 186{,}47\ \Omega m$$

© The Author(s)
Published by Universitas Negeri Padang
This is an open-access article under the: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Perhitungan tahanan jenis pengetanahan dengan arang lubang pertama kondisi cuaca cerah

$$\rho = \frac{2\pi LR}{ln\left(\frac{4L}{A}\right) - 1} = \frac{(2)(3.14)(1)(78.94)}{ln\left(\frac{(4)(1)}{0.0079}\right) - 1} = 80{,}64\ \Omega m$$

Perhitungan tahanan jenis pengetanahan dengan arang lubang pertama kondisi cuaca hujan

$$\rho = \frac{2\pi LR}{ln\left(\frac{4L}{A}\right) - 1} = \frac{(2)(3.14)(1)(72.28)}{ln\left(\frac{(4)(1)}{0.0079}\right) - 1} \rho = 72{,}92\ \Omega m$$

Perhitungan yang sama juga dilakukan untuk lubang pengetanahan kedua dan lubang pengetanahan ketiga untuk kondisi tanpa arang aktif dan penambahan arang aktif saat kondisi cerah maupun kondisi hujan yang selanjutnya ditampilkan pada Tabel 7.

3.6 Persentase Perbandingan Nilai Tahanan Jenis Pengetanahan

Tabel 7 menyajikan penurunan nilai tahanan jenis pengetanahan sebelum dan sesudah penambahan material arang aktif limbah TKKS. Dari Tabel 7 dapat diketahui bahwa penambahan arang aktif mampu

Tabel 7. Perbandingan Nilai Tahanan Jenis Pengetanahan Sebelum dan Sesudah Penambahan Arang Aktif

Lubang Pengetanahan (Perbandingan Arang dan Tanah)	Pengetanahan Tanpa Arang Aktif (Ωm)	Pengetanahan Dengan Arang Aktif (Ωm)		Persentase Penurunan Tahanan Jenis Pengetanahan (%)	
		Kondisi Cerah	Kondisi Hujan	Kondisi Cerah	Kondisi Hujan
Lubang 1 (1:1)	186,47	80,64	72,92	57	61
Lubang 2 (2:1)	158,40	50,22	43,28	62	67
Lubang 3 (Arang Aktif Penuh)	460,37	148,57	130,52	62	66

4. Conclusion

Setelah dilakukan pengujian dan pengukuran sistem pengetanahan media arang aktif, dapat disimpulkan bahwa pengetanahan dengan menggunakan arang aktif TKKS terbukti mampu menurunkan nilai tahanan pengetanahan. Pada Lubang 1 (1:1), nilai tahanan pengetanahan adalah sebesar 184.84 Ω, setelah penambahan arang turun menjadi 78.94 Ω. Sedangkan pada Lubang 2 (2:1) nilai tahanan pengetanahan pada saat tanpa arang adalah sebesar 131.78 Ω, namun setelah penambahan arang turun menjadi 49,78 Ω. Selanjutnya pada Lubang 3 (Arang Aktif Penuh) terdapat nilai tahanan pengetanahan sebesar 383 Ω, setelah penambahan arang aktif secara penuh menyebabkan terjadinya penurunan tahanan pengetanahan menjadi 147,27 Ω. Penurunan tahanan pengetanahan tertinggi terjadi pada Lubang kedua (2:1) dengan persentase penurunan sebesar 67% saat kondisi hujan. Selanjutnya tahanan pengetanahan saat kondisi hujan lebih kecil dibandingkan saat kondisi cerah.

© The Author(s)
Published by Universitas Negeri Padang
This is an open-access article under the: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

References

[1] Abidin, Z. (2017). Karakteristik Batang Pentanahan Sistem Arang-Garam (Sigarang) Sebagai Upaya Perbaikan Sistem Pentanahan. *Jurnal ECOTIPE*, *4*(1), 12–16. https://doi.org/10.33019/ecotipe.v4i1.13

[2] Andhika, V. D. (2020). Studi Tentang Efektivitas Beberapa Macam Zat Terhadap Nilai Resistansi Sistem Pentanahan (Grounding). *Jurnal Teknik Elektro*, *Volume 09*, 501–510.

[3] Andini, D., Martin, Y., & Gusmedi, H. (2016). Perbaikan Tahanan Pentanahan dengan Menggunakan Bentonit Teraktivasi. *Jurnal Electrian*, *10*, 45–53.

[4] Dewanti, D. P. (2018). *Cellulose Potential Of Empty Fruit Bunches Waste As The Raw Material Of Bioplastics*. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, *19*(1), 81.

[5] Destyorini, F., & Indayaningsih, N. (2019). Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Bahan Baku Kertas Karbon. *PISTON: Journal of Technical Engineering*, *1*(2), 7–12. https://doi.org/10.32493/pjte.v1i2.3184

[6] Dhofir, M., Hasanah, R. N., Suyono, H., & Belan, A. R. (2018). *Alternative Grounding Method Using Coconut Shell Charcoal As Media Of Mesh Electrodes. Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, *16*(2), 488–494. https://doi.org/10.12928/TELKOMNIKA.v16i2.8700 Dwi, R., Cahyo, N., & Rahmawati, Y. (2019). Studi Tahanan Pentanahan Menggunakan Campuran Arang dan Garam Dalam Menurunkan Nilai Tahanan Tanah. *Jurnal Inovasi Pertahanan Dan Keamanan*, *02*(1), 1–12.

[7] Fauzi, R. (2021). Peran Tahanan Pentanahan Pada Peralatan Listrik. *J. Elektro, P. Lhokseumawe Politeknik Negeri*, *18*(1), 28–33.

[8] He, J., Zeng, R., & Zhang, B. (2012). *Methodology and Technology for Power System Grounding*. In *Methodology and Technology for Power System Grounding*. https://doi.org/10.1002/9781118255001

[9] Hermansyah. (2019). Evaluasi Kehandalan Sistem Grounding Pada Instalasi. *Jurnal Ilmiah* d'Computare Volume 9 Edisi Juli 2019 EVALUASI, 9, 5.

[10] Kresnawaty, T.I., Putra, S.M., Asmini Budiani, A., Darmono, T. W. (2017). Konversi Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Menjadi Arang Hayati Dan Asap Cair. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, *14*(3), 171–179.

[11] Liliana, W. (2020). *Soil Treatment Terhadap Tahanan Pentanahan dengan Abu Cangkang Sawit*. 318–324.

[12] Pedroza, M. G., Melo, A. P., Mohand, B., Santos, V. A., Sarubbo, L. A., Couto, G. P., & Guedes, P. V. (2020). *The Use Of Coal Ash And Plaster Waste To Improve Grounding System*. *Journal of Cleaner Production*, *264*, 121504. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121504

[13] PUIL, 2000. (2000). Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000). *DirJen Ketenagalistrikan*, *2000*(Puil), 1–133.

[14] PUIL. (2011). General Electrical Installation Requirements (PUIL) 2011, 8-21: Emergency (genset) generator installation. *DirJen Ketenagalistrikan*, *2011*(PUIL), 1–133.

[15] Saputra, T. F. (2020). *Simulasi Arang Batok Kelapa Sebagai Perbaikan Tahanan Pentanahan Jenis Elektroda Batang (Studi Analisa)* (Vol. 3, Issue 2017) [Muhammadiyah Sumatera Utara]. http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf

[16] Sembiring, M. T., & Sinaga, T. S. (2003). Arang Aktif (Pengenalan Dan Proses Pembuatannya). *USU Digital Library*, 1–9.

[17] Sudaryanto. (2016). Analisis Perbandingan Nilai Tahanan Pembumian Pada Tanah Basah, Tanah Berpasir dan Tanah Ladang. *Journal of Electrical Technology*, *1*(1), 1.

[18] Setiawan, D., Syakur, A., & Nugroho, A. (2018). Analisis Pengaruh Penambahan Garam dan Arang Sebagai Soil Treatment dalam Menurunkan Resistansi Pentanahan Variasi Kedalaman Elektroda. *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, *7*(2), 416–423.

© The Author(s)
Published by Universitas Negeri Padang
This is an open-access article under the: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

[19] Sutiawan, H., Arsyad, M. I., Studi, P., Elektro, T., Teknik, J., Teknik, F., & Tanjungpura, U. (2020). Studi Pemanfaatan Arang Cangkang Sawit Untuk Menurunkan Resistansi Pentanahan Jenis Elektroda Plat Berbentuk Persegi. *Studi Pemanfaatan Arang Cangkang Sawit Untuk Menurunkan Resistansi Pentanahan Jenis Elektroda Plat Berbentuk Persegi*.

[20] Systems Engineering Committee of the IEEE Industry Applications Society, P. (2007). *IEEE Std 142-2007 (Revision of IEEE Std 142-1991) IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems*. *2007*, 225. http://www.mercury-group.com/wp-content/uploads/2017/02/groundingandbonding.pdf

[21] Yuniarti, E., Majid, A., & Faisal, F. (2019). Studi Perlakuan Terhadap Tanah Untuk Menentukan Nilai Resistansi dan Tahanan Jenis Pentanahan. *Jurnal Surya Energy*, *3*(2), 269. https://doi.org/10.32502/jse.v3i2.1516

© The Author(s)
Published by Universitas Negeri Padang
This is an open-access article under the: https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/