

Pengaruh Pemasangan *Ground Root* berbasis Rangkaian Paralel Terhadap Nilai Tahanan Pentanahan Jaringan Distribusi 20 KV

Isnu Gita Kumara¹, Rizki Noor Prasetyono², Randi Adzin Murdiantoro³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Universitas Peradaban, Indonesia

Article Info

Article history:

Received: 7 September 2022

Received in revised form: 14 Oktober 2022

Accepted: 30 Oktober 2022

Available online: 30 November 2022

Keywords:

Lightning

Ground Root

PUIL

Grounding System

Kata Kunci;

Petir

Ground Root

PUIL

Sistem Pentanahan

ABSTRACT

THE EFFECT OF INSTALLING GROUND ROOT BASED ON PARALLEL CIRCUITS ON THE GROUND RESISTANCE VALUE OF A 20 K DISTRIBUTION NETWORK. The grounding system is an direct protection against instrumentality that uses electricity as a source of power from overcurrent and leakage current or usually caused by lightning. Measurement of the value of grounding resistance is carried out every 6 months to maintain the resistance value of the grounding system to meet PUIL standards. For the grounding system that has a resistance value above 5 Ohm, it is necessary to add a ground root that is connected in parallel. The resistance value data before and after the addition of the ground root will then be carried out a simple linear regression analysis using software SPSS 25.0 for windows. The analysis method used in this study is quantitative analysis method to find out whether or not the effect of additional ground root on the grounding resistance. Based on the output model coefficient on SPSS, it showed a significance value of less than 0.05 which means the addition of a parallel ground root had an effect on the value of grounding resistance or could improve the grounding resistance. The output of summary model showed a correlation value (R) of 0.639, which means that the independent variable and the dependent variable had a strong relationship, while the value of R Square or the percentage of the effect of adding ground root to the value of grounding resistance was 40,9% while the other 59,1% was influenced by other unexamined factor.

Sistem pentanahan merupakan upaya pengamanan terhadap peralatan-peralatan yang menggunakan aliran listrik sebagai sumber tenaga dari arus berlebih dan kebocoran arus atau biasanya diakibatkan oleh sambaran petir. Pengukuran nilai tahanan pentanahan dilakukan selama 6 bulan sekali untuk menjaga nilai tahanan sistem pentanahan agar memenuhi standarisasi PUIL. Pada sistem pentanahan yang memiliki nilai tahanan di atas 5 Ohm maka perlu dilakukan perbaikan salah satunya dengan melakukan penambahan *ground root* yang dihubungkan secara paralel. Data nilai tahanan sebelum dan sesudah penambahan *ground root* selanjutnya akan dilakukan analisis regresi linier sederhana menggunakan bantuan *software SPSS 25.0 for windows*. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode analisis kuantitatif untuk menentukan ada atau tidaknya pengaruh penambahan *ground root* terhadap nilai tahanan pentanahan. Berdasarkan hasil output model *coefficient* pada SPSS menunjukkan nilai signifikansi kurang dari 0.05 yang berarti penambahan *ground root* yang dipasang paralel memiliki pengaruh terhadap nilai tahanan pentanahan atau dapat memperbaiki nilai tahanan suatu pentanahan. Pada output model *summary* menunjukkan nilai korelasi (R) sebesar 0,639 yang berarti variabel bebas dan variabel terikat memiliki hubungan yang kuat, sedangkan nilai R *Square* atau prosentase pengaruh penambahan *ground root* terhadap nilai tahanan pentanahan adalah sebesar 40,9%. Adapun 59,1% lainnya dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak diteliti.

Corresponding author:

Isnu Gita Kumara

Program Studi Teknik Elektro

Jalan Raya Pagojengan Km.3 Bumiayu Kab. Brebes 52276

E-mail addresses: isnukumara44@gmail.com

1. Pendahuluan

Gangguan pada jaringan distribusi dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti faktor *internal* (dari dalam sistem), faktor *external* (dari luar sistem/alam) dan faktor manusia [1]. Pada jaringan distribusi faktor alam mendominasi dalam penyebab terjadinya gangguan yaitu salah satunya adalah gangguan akibat petir [2], [3]. Untuk mengantisipasi gangguan yang diakibatkan oleh sambaran petir tersebut maka diperlukan pemasangan sistem pentanahan. Petir adalah hasil proses pemisahan muatan listrik didalam awan badai yang terjadi secara alami berupa suara gemuruh disertai kilat cahaya [4]. Petir terjadi disebabkan oleh adanya kenaikan muatan negative di dasar awan yang memicu kenaikan muatan positif di atas permukaan tanah sehingga menyebabkan adanya beda potensial yang tinggi antara tanah dan dasar awan [5]. Apabila beda potensial tersebut sedemikian besar, maka berakibat terjadinya suatu peluahan petir [6]. Sambaran petir dapat mengakibatkan kerusakan pada peralatan dan sistem instalasi listrik, seperti sistem telekomunikasi kantor, instalasi komputer dan peralatan-peralatan elektronik lainnya pada jarak yang jauh sekalipun atau sekitar jarak 1500 meter.

Sistem *grounding* atau yang juga dikenal dengan sebutan sistem pentanahan adalah tindakan pencegahan terhadap peralatan yang menggunakan arus listrik sebagai sumber daya, untuk melindungi dari arus berlebih dan kebocoran arus yang sering disebabkan fenomena alam petir [7]. Sistem pentanahan memainkan peran yang sangat penting dalam menjaga keamanan peralatan instalasi listrik dan juga keamanan manusia. Oleh karena itu, ketelitian dan akurasi yang tinggi diperlukan saat memasang sistem pentanahan untuk mencapai tujuan yaitu perlindungan yang optimal dan dapat dipercaya baik untuk sistem, peralatan, dan manusia [8]. Sistem pentanahan jaringan distribusi adalah proteksi untuk sistem dan peralatan listrik yang mengalirkan arus gangguan langsung ke tanah [9]. Oleh karena itu, sangat penting untuk terus melakukan pemeliharaan berkelanjutan pada sistem pentanahan, agar nilai tahanan pentanahannya selalu terjaga sesuai dengan yang ditentukan oleh PUIL (Badan Pengatur Energi Listrik).

Seringkali terjadi di beberapa tempat ketika adanya sambaran petir dapat mengakibatkan beberapa komponen instalasi listrik rusak sehingga menyebabkan gangguan dan hambatan terhadap penyaluran energi listrik kepada konsumen [10]. Sistem pentanahan jaringan distribusi berfungsi untuk pengamanan langsung terhadap manusia dan peralatan-peralatan instalasi listrik dimana rangkaian langsung ditanahkan dengan cara membumikan badan peralatan instalasi yang diamankan, sehingga pada saat terjadi kegagalan isolasi maka akan terjadi penghambatan tegangan sistem akibat terputusnya arus oleh rangkaian pengamanan [11].

Ketersediaan suatu sistem pentanahan juga harus memenuhi beberapa persyaratan-persyaratan tersebut dimaksudkan untuk mengoptimalkan fungsi kerja dari sistem pentanahan itu sendiri. Pada Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011, untuk selanjutnya disebut PUIL dan SPLN 2:1978 sistem pentanahan untuk stasiun pembangkit dapat dikatakan baik apabila nilai tahanan pentanahan atau resistansinya berada dibawah 1 Ohm, sedangkan untuk jaringan distribusi nilai tahanan pentanahan harus dibawah nilai 5 Ohm [12]. Maka acuan ini sangat perlu diperhatikan untuk semua pihak yang hendak melakukan pemasangan sistem pentanahan agar dapat membuat nilai tahanan sekecil mungkin atau berarti semakin kecil nilai tahanan pentanahannya maka fungsi kerja dari sistem pentanahan tersebut akan menjadi semakin baik pula [13]. Sedangkan untuk dapat menghasilkan nilai tahanan pentanahan seperti yang dipersyaratkan oleh PUIL 2011 Hal tersebut tidak mudah karena terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi nilai resistivitas tanah seperti jenis tanah, kelembaban dan suhu tanah, diameter elektroda, kandungan elektrolit dalam tanah dan lain-lain [14]. Untuk mendapatkan nilai resistivitas tanah yang baik dan standar, faktor-faktor tersebut harus diperhatikan karena evaluasi sistem pentanahan harus dilakukan setiap enam bulan untuk memeriksa nilai resistivitas tanah jangka pendek dan jangka panjang [15].

Pengukuran dilakukan untuk mengetahui dan melakukan evaluasi terhadap sistem pentanahan yang telah dipasang. Apabila setelah dilakukan pengukuran dihasilkan nilai tahanan pentanahan dibawah 5 Ohm, maka sistem pentanahan dapat dinyatakan baik dan aman karena telah memenuhi standar yang ditetapkan PUIL, namun jika ternyata setelah dilakukan pengukuran didapatkan nilai tahanan diatas 5 Ohm, maka perlu dilakukan perbaikan terhadap nilai tahanan pentanahan tersebut karena apabila dipaksakan ketika ada arus gangguan yang mengalir pada nilai tahanan atau resistansi yang tinggi maka dapat mengakibatkan beda tegangan yang tinggi pula sehingga akan menyebabkan kerusakan terhadap sistem dan peralatan instalasi listrik bahkan dapat membahayakan manusia [16].

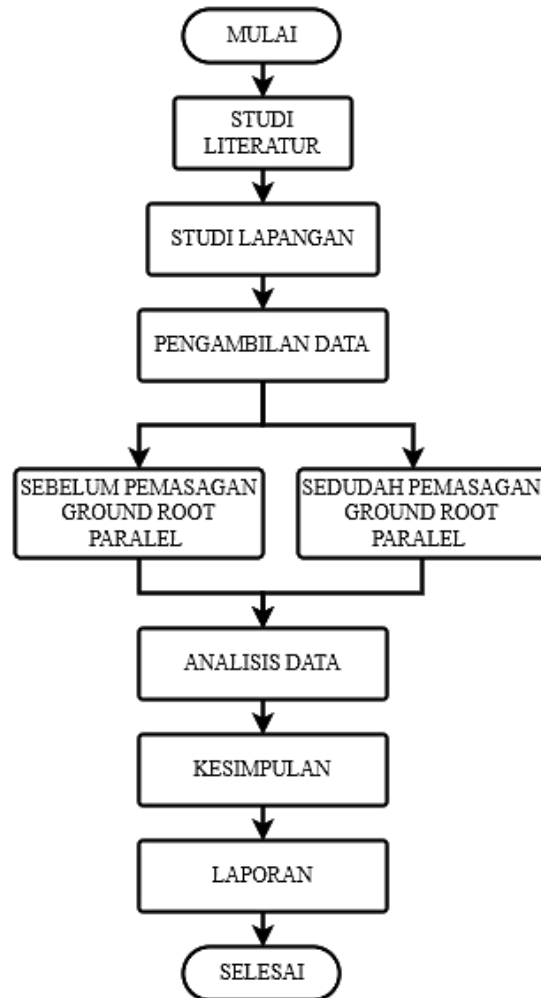
Menurut IEEE Std. 142-1982 [17], metode-metode nilai tahanan pentanahan dapat dengan metode-metode sebagai yaitu melakukan penambahan jumlah elektroda atau memperpanjang ukuran elektroda. Pengkondisian terhadap tanah (*soil treatment*) terbagi atas metode parit (*trench method*) dan metode bak ukur (*container method*). Mengganti dengan elektroda pentanahan khusus dan menggunakan metode kombinasi. Beberapa metode tersebut salah satu cara untuk melakukan perbaikan terhadap nilai tahanan pentanahan dapat dilakukan dengan melakukan penambahan elektroda pentanahan atau pemasangan *ground root* secara paralel pada lokasi pentanahan [18]. Paralel elektroda pentanahan dilakukan ketika nilai tahanan yang didapatkan oleh satu elektroda tidak dapat memenuhi standarisasi PUIL yaitu memiliki nilai diatas 5 Ohm, maka tahanan pentanahan dapat diperbaiki dengan menambahkan jumlah elektroda yang ditanahkan dan dipasang paralel. Pada lapisan tanah yang kering sesuai jarak minimum antar elektroda adalah 2 kali panjang efektif dari 1 elektroda batang karena seringkali batang elektroda yang telah dipasang paralel tidak bekerja secara efektif pada seluruh batang [19].

Dengan tetap memperhatikan kedalaman penanaman *ground root* karena pada struktur tanah semakin dalam penanaman *ground root*, nilai resistansi tanah akan semakin stabil untuk dilakukan pengukuran. Seiring dengan hal tersebut maka perlu dilakukan analisis terhadap pengaruh pemasangan *ground root* paralel pada nilai tahanan pentanahan di PT PLN (Persero) ULP Bumiayu. Dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh pemasangan *ground root paralel* terhadap nilai tahanan pentanahan jaringan distribusi yang berada di lingkup PT. PLN (Persero) ULP Bumiayu agar dapat tercapai fungsi pentanahan yang baik dan optimal bagi keandalan sistem serta menjaga keamanan terhadap peralatan juga keselamatan nyawa manusia.

2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di PT. PLN (Persero) ULP Bumiayu pada feeder 1 di area Paguyangan dan sekitarnya dengan menggunakan data sebelum dan sesudah penambahan *ground root* yang dipasang paralel pada lokasi pentanahan. Pengambilan data dilakukan melalui pengukuran secara langsung pada titik-titik pentanahan dengan

menggunakan alat *earth tester/ground tester*. Tahapan penelitian yang dilakukan bisa dilihat pada gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1 Tahapan Penelitian

2.1. Sampel Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT. PLN (Persero) ULP Bumiayu pada bulan September 2020 hingga Februari 2022. Pengukuran nilai tahanan pentanahan dilakukan secara langsung pada 15 titik pentanahan wilayah Bumiayu 1 yang melingkupi daerah Paguyangan, Pagojengan, Negara Daha. Pada titik-titik yang nilai tahanan pentanahannya masih diatas 5 ohm dilakukan perlakuan khusus yaitu dengan menambahkan *ground root* sebagai upaya perbaikan terhadap nilai tahanan pentanahannya.

2.2. Teknik Analisis Data

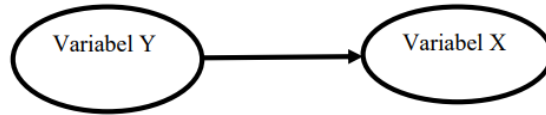
Proses pengambilan data dilakukan dengan melaksanakan pengukuran terhadap nilai tahanan di beberapa lokasi pentanahan. Beberapa sistem pentanahan yang belum memenuhi standar akan mendapat perlakuan khusus dengan dilakukan pemasangan *ground root* tambahan yang dipasang paralel. Setelah dilakukan penambahan *ground root* lalu nilai tahanan pentanahan akan diukur kembali. *Ground root* yang dipergunakan adalah elektroda berbentuk batang. Kedalaman penanaman elektroda yaitu 1,5 m kedalam permukaan tanah. Nilai tahanan pentanahan dengan elektroda batang sesuai persamaan 2.1 [20]:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \left(\frac{4L}{A} \right) - 1 \right] \text{ ohm} \quad (2.1)$$

Dimana :

- R = Tahanan pentanahan (ohm)
- ρ = Tahanan jenis tanah (ohm-meter)
- L = Panjang eletroda (m)
- A = Diameter elektroda (m)

Metode penelitian yang digunakan yaitu metode kuantitatif dimana data-data yang telah didapatkan melalui pengukuran pada lokasi pentanahan dianalisis menggunakan *software* SPSS (*Statistical Package for The Social Sciens*) 25.0 untuk mengetahui pengaruh penambahan *ground root* paralel terhadap nilai tahanan pentanahan [21]. Uji analisis regresi linear sederhana ditujukan untuk memprediksi dan memperkirakan rata-rata populasi dari variabel dependen berdasarkan nilai variabel yang diketahui. Dasarnya adalah studi tentang ketergantungan variabel dependen pada satu atau lebih variabel independen. Variabel dependen dalam penelitian ini adalah nilai tahanan pentanahan, sedangkan variabel bebasnya adalah penambahan jumlah *ground root*. Gambar 2.2 merupakan paradigma regresi linear sederhana :



Gambar 2.2 Paradigma Regresi Linear Sederhana

Keterangan :

Variabel X = Variabel Bebas (Penambahan *Ground Root* berbasis Rangkaian Paralel)

Variabel Y = Variabel Terikat (Nilai tahanan Pentanahan)

Hasil analisis dibandingkan terhadap derajat kebebasannya yaitu 0,05. Jika tabel uji regresi memiliki nilai signifikansi kurang dari 0,05 (Sig.<0,05) maka H_0 ditolak dan H_1 diterima artinya pemasangan *ground root* paralel berpengaruh pada nilai tahanan pentanahan. Sebaliknya jika signifikansi lebih dari 0,05 (Sig.> 0,05) maka H_0 diterima dan H_1 ditolak artinya pemasangan *ground root* paralel tidak berpengaruh pada nilai tahanan [22] pentanahan . Pada tabel analisis model *summary* menunjukkan nilai koefisien determinasi yang berfungsi untuk mengetahui variabilitas variabel X dan variabel Y. Nilai-nilai keluaran dari model *summary* adalah sebagai berikut :

- 0,00 – 0,20 : menunjukkan tidak ada hubungan atau hubungan sangat lemah
- 0,21 – 0,40 : menunjukkan keterkaitan lemah
- 0,41 – 0,70 : menunjukkan keterkaitan kuat
- 0,71 – 0,90 : menunjukkan keterkaitan sangat kuat
- 0,91 – 0,99 : menunjukkan keterkaitan kuat sekali
- 1 : menunjukkan keterkaitan sempurna

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Data Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data sebelum penambahan *ground root* dan data setelah penambahan *ground root* yang diambil langsung lewat pengukuran di PT. PLN (Persero) ULP Bumiayu. Terdapat 15 titik pentanahan yang diukur sesuai dengan tabel 3.1 berikut :

Tabel 3.1 Data Sebelum Penambahan *Ground Root*

No	No. Tiang	Peralatan	Nilai Tanah (Ohm)	<i>Ground Root</i>	Kawat
1	A4-7	Arrester	6,3	1	Ada
2	A2-575	Arrester	11,7	1	Ada
3	A2-580	Arrester	22,3	1	Ada
4	A2-583A	Arrester	15,2	1	Ada
5	A2-585	Arrester	5,7	1	Ada
6	A2-589/6	Arrester	12,6	1	Ada
7	A2-589/23	Arrester	19,7	1	Ada
8	A2-589/24-2	Arrester	14,2	1	Ada
9	A4-39A	Arrester	10,8	1	Ada
10	A4-46	Arrester	9,6	1	Ada
11	A2-589/24-10-3	Arrester	18,4	1	Ada
12	A2-589/24-10-8	Arrester	13,8	1	Ada
13	A2-589/24-10-13	Arrester	9,8	1	Ada
14	A2-589/24-10-18	Arrester	12,4	1	Ada
15	A2-589/24-10-22	Arrester	32,1	1	Ada

Pada tabel 3.1 menunjukkan data pengukuran nilai tahanan pentanahan yang melebihi nilai standarisasi dari PUIL 2011 yaitu sebesar 5 ohm. Dimana perlu dilakukan perbaikan terhadap nilai tahanannya agar dapat memenuhi nilai standar yang telah ditetapkan jika melebihi nilai tahanan pentanahan lebih besar dari 5 ohm (>5 ohm) [23]. Perbaikan dilakukan dengan cara menambahkan *ground root* paralel pada sistem pentanahan yang telah terpasang sebelumnya. Pengambilan data setelah dilakukan pemasangan *ground root* paralel sesuai dengan tabel 3.2 berikut :

Tabel 3.2 Data Setelah Penambahan *Ground Root* berbasis Rangkaian Paralel

No	No. Tiang	Peralatan	Nilai Tanah (Ohm)	Ground Root	Kawat
1	A4-7	Arrester	3,5	3	Ada
2	A2-575	Arrester	3,1	5	Ada
3	A2-580	Arrester	3,4	6	Ada
4	A2-583A	Arrester	4,9	3	Ada
5	A2-585	Arrester	4,2	2	Ada
6	A2-589/6	Arrester	4,9	3	Ada
7	A2-589/23	Arrester	8,3	3	Ada
8	A2-589/24-2	Arrester	5,9	3	Ada
9	A4-39A	Arrester	5,1	3	Ada
10	A4-46	Arrester	2,8	3	Ada
11	A2-589/24-10-3	Arrester	10,5	3	Ada
12	A2-589/24-10-8	Arrester	6,2	4	Ada
13	A2-589/24-10-13	Arrester	0,3	5	Ada
14	A2-589/24-10-18	Arrester	1,4	5	Ada
15	A2-589/24-10-22	Arrester	11,7	4	Ada

Tabel 3.2 menunjukkan data pengukuran nilai tahanan pentanahan setelah dilakukan penambahan ground root. Dua tabel diatas akan digabungkan untuk selanjutnya dilakukan analisis regresi linear sederhana agar dapat diketahui ada atau tidaknya pengaruh dari variabel bebas terhadap variabel terikat.

3.2. Hasil Analisis Regresi Linear Sederhana

Selanjutnya data hasil pengukuran sebelum dan setelah pemasangan *ground root* paralel akan dianalisis untuk mengetahui pengaruhnya. Regresi linear sederhana mencari pengaruh keterkaitan variabel bebas dan variabel terikat atau untuk mengetahui apakah penambahan *ground root* mempunyai pengaruh terhadap nilai tahanan pentanahan digunakan perhitungan menggunakan *software* SPSS 25. Adapun hasilnya adalah sebagai berikut :

a. Model *Summary*

Nilai *R Square* menjelaskan besarnya pengaruh dari pemasangan *ground root* paralel (X) terhadap Tahanan Pentanahan (Y). Adapun output yang dihasilkan pada model *summary* adalah sebagai berikut :

Tabel 3.3 Output Bagian Model *Summary*

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	0,639 ^a	0,409	0,388	5,4382

Tabel 3.3 menunjukan besarnya nilai korelasi atau hubungan (R) adalah sebesar 0,639, yang berarti hubungannya kuat. Dapat dilihat dalam tabel 3.3 menunjukan (*R square*) dengan nilai 0,409, yang mengandung pengertian bahwa pengaruh variabel bebas (penambahan *ground root*) terhadap variabel terikat (nilai tahanan) adalah sebesar 40,9%. Sedangkan 59,1% dipengaruhi oleh faktor-faktor lain yang tidak diteliti atau diluar variabel bebas. Dijelaskan pada penelitian Imanuel Israel Rumondor [24] bahwa selain jumlah *ground root* banyak faktor lain yang mempengaruhi nilai tahanan suatu pentanahan diantaranya seperti kelembaban dan temperatur tanah, kedalaman penanaman elektroda, jenis dan ukuran elektrodaserta kandungan elektrolit dalam tanah. Pada penelitian Aris Sunawar [25] menjelaskan bahwa sesuai sifat air yang memiliki material lebih rapat dibanding udara sehingga air memenuhi kekosongan celah-celah udara pada tanah, maka semakin tinggi tingkat kelembaban tanah nilai hambatan tanah akan semakin menurun.

b. Model ANOVA

Model ANOVA menunjukan besarnya nilai signifikansi atau probabilitas yang akan digunakan untuk uji kelayakan model regresi dengan ketentuan nilai signifikansi yang baik untuk digunakan sebagai model regresi harus bernilai lebih kecil dari 0,05. Hasil output yang ditampilkan adalah sebagai berikut :

Tabel 3.4 Output Model ANOVA

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	<i>Regression</i>	572,661	1	572,661	19,364	,000 ^b
	<i>Residual</i>	828,058	28	29,573		
	Total	1400,719	29			

Dari *output* pada tabel 3.4 diketahui nilai F hitung sebesar 19,364 dengan tingkat signifikansi $0,000 < 0,05$, sehingga model regresi dapat digunakan untuk memprediksi pengaruh variabel penambahan *ground root* terhadap nilai resistansi variabel..

c. Model *Coefficient*

Bagian koefisien menjelaskan persamaan regresi untuk mengetahui bilangan konstanta dan menguji hipotesis signifikansi koefisien regresi. *Output* dari model koefisien adalah sebagai berikut :

Tabel 3.5 Output Model *Coefficient*

Model		<i>Unstandardized Coefficient</i>		<i>Standardized Coefficient</i>	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	16,369	1,807		9,060	,000
	Ground Root	-2,847	,647	-.639	-4,400	,000

Berdasarkan tabel 3.5 melalui nilai konstanta (α) sebesar 16,369. Sedangkan nilai *trust* (b) sebesar -2,847, sehingga perumusan regresinya dapat ditulis :

$$Y = a + bx$$

$$= 16,369 + (-2,847)x$$

Berdasarkan nilai signifikansi tabel koefisien diperoleh nilai signifikansi $0,000 < 0,05$, sehingga dapat disimpulkan bahwa hipotesis dalam penelitian ini adalah hipotesis H1 karena variabel penambahan akar tanah (X) berpengaruh terhadap nilai pentanahan. resistensi (Y). Hal ini didukung oleh penelitian Hamid Muhammad Kamal dan Abubakar Said [26] bahwa untuk mendapatkan tahanan elektroda pentanahan yang lebih rendah harus digunakan beberapa elektroda pentanahan yang dihubungkan satu sama lain (paralel) yang merupakan satu pentanahan.

4. **Simpulan dan Saran**

Kesimpulan penelitian bahwa penambahan ground root paralel memiliki pengaruh signifikan terhadap nilai tahanan pada suatu sistem pentanahan. Ditandai dengan nilai signifikansi yang ditampilkan model *coefficient* yaitu sebesar $0.000 < 0.05$. Sedangkan nilai korelasi atau hubungan (R) yang di tampilkan model summary adalah 0.639 yang berarti memiliki hubungan kuat. Dengan nilai R square sebesar 0.409 yang memiliki arti bahwa persentase pengaruh dari pemasangan *ground root* paralel (X) terhadap Tahanan Pentanahan (Y) adalah 40.9% sedangkan sisanya 59.1% dipengaruhi faktor-faktor lain seperti kelembaban dan temperatur tanah, kedalaman elektroda, jenis dan ukuran elektroda, serta kandungan elektrolit dalam tanah.

Saran untuk keberlanjutan penelitian yaitu melakukan analisis perbaikan/penurunan nilai tahanan pentanahan dengan *soil treatment* metode parit (*Trench Method*). Dan melakukan analisis perbaikan/penurunan nilai tahanan pentanahan dengan *soil treatment* metode bak ukur (*Container Method*).

Daftar Pustaka

- [1] T. K. Wijaya, "ANALISA GANGGUAN PERALATAN PROTEKSI (SOLE FUSE) 20 KV PADA GARDU DISTRIBUSI TONGKANG KABIL PLN BATAM," *SIGMA Tek.*, vol. 2, no. 1, 2019, doi: 10.33373/sigma.v2i1.1807.
- [2] P. S. Harijanto, B. E. Prasetyo, and E. Raganingrum, "Uji Performa Pengaman Gangguan Petir Pada Saluran Transmisi 70 kV GI Kebonagung – GI Polehan Menggunakan ATP DRAW," *ELPOSYS J. Sist. Kelistrikan*, vol. 8, no. 2, 2021, doi: 10.33795/elposys.v8i2.48.
- [3] Z. Abridin, "Studi Analisis Gangguan Petir Terhadap Kinerja Arrester Pada Sistem Distribusi Tegangan Menengah 20 KV Menggunakan Alternative Transient Program (ATP)," *J. Elektro*, vol. 2, no. 2, 2017, doi: 10.30736/je.v2i2.87.
- [4] B. B. S. D. A. Harsono, A. S. Surya, K. G. H. Mangunkusumo, and A. P. Purnomoadi, "KARAKTERISTIK PETIR INDONESIA DAN PENGGUNAANNYA DALAM EVALUASI UNJUK KERJA SALURAN UDARA 150 KV SAAT TERJADI SAMBARAN PETIR," *J. Technopreneur*, vol. 9, no. 1, 2021, doi: 10.30869/jtech.v9i1.726.
- [5] S. Abduh, "Fenomena petir," *BUKU DOSEN-2004*, 2021.
- [6] S. Najib, J. Elektro, F. Teknik, and U. M. Surakarta, "ANALISIS PENGARUH DIAMETER DAN PANJANG ELEKTRODA," 2012.
- [7] M. Rajagukguk, "Studi Pengaruh Jenis Tanah dan Kedalaman Pembumian Driven Rod terhadap Resistansi Jenis Tanah," vol. 8, pp. 121–132, 2012.
- [8] L. K. Y. Jet, N. B. M. Nor, and N. E. Eng, "Design of a substation grounding system for fast front overvoltage," *Int. J. Recent Technol. Eng.*, vol. 8, no. 3, 2019, doi: 10.35940/ijrte.C1005.1083S19.
- [9] A. Santoso, A. Herawati, and Y. S. Handayani, "Analisis Sistem Pentanahan Instalasi Listrik Gedung Lembaga Pemasarakatan Kelas Ila Bengkulu," *J. Amplif. J. Ilm. Bid. Tek. ELEKTRO DAN Komput.*, vol. 10, no. 2, 2020, doi: 10.33369/jamplifier.v10i2.15320.
- [10] Q. Wang *et al.*, "Experimental Research on Lightning Disturbance Characteristics of 10-kV Fusion Voltage Transformer Intelligent Component Acquisition Port," *IEEE Access*, vol. 8, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2971107.

- [11] Y. Ginting, P. Tamba, and U. D. Agung, "Sistem Pentanahan Pada Jaringan Distribusi Di Pt . Pln (Persero)," vol. VIII, no. September, pp. 81–86, 2019.
- [12] S. Abduh and M. Sulistiani, "ANALISIS DESAIN SISTEM GRID PENTANAHAN PLTU BERAU KALIMANTAN TIMUR 2 X 7 MW," vol. 11, pp. 95–109, 2014.
- [13] Panitia Teknis Instalasi dan Keandalan Ketenagalistrikan, *Standar Nasional Indonesia PUIL 2011*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional Indonesia (BSNI), 2011.
- [14] I. M. Suartika, "Sistem Pembumian (Grounding) Dua Batang Universitas Udayana Kampus Bukit Jimbaran - Bali," vol. 14, p. 58, 2017.
- [15] S. N. Indonesia and B. S. Nasional, "Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2011," vol. 2011, no. PUIL, 2011.
- [16] G. Musyaha, "PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH) JENIS TANAH KERIKIL KERING," vol. 1, no. 1, pp. 11–17, 2017.
- [17] J. Jamaaluddin and S. Sumarno, "Perencanaan Sistem Pentanahan Tenaga Listrik Terintegrasi Pada Bangunan," *JEEE-U (Journal Electr. Electron. Eng.*, vol. 1, no. 1, pp. 29–33, 2017, doi: 10.21070/jeee-u.v1i1.375.
- [18] P. Seminar, N. Nciet, and N. Conference, "Prosiding Seminar Nasional NCIET Vol.1 (2020) B342-B349 1," vol. 1, pp. 342–349, 2020.
- [19] B. Krishna, T. Haryono, and B. Sugiyantoro, "PADA GEDUNG LISTRIK POLITEKNIK."
- [20] C. Ho, V. Nhat, T. N. Thanh, and L. N. Kim, "Formulas for Calculating a Grounding Resistance of Simple Forms with Ground Enhancement Material," *Int. J. Autom. Power Eng.*, vol. 2, no. 2, 2013.
- [21] V. W. Sujarweni, *SPSS UNTUK PEMULA*. Yogyakarta, 2015.
- [22] Purwanto, *ANALISIS KORELASI DAN REGRESI LINIER DENGAN SPSS 21*. 2019.
- [23] R. Mubarak, R. N. Prasetyono, and Z. Alfarikhi, "Analisis Sistem Grounding Menggunakan Elektroda Ground Rod Jenis Tembaga Pada Gedung A dan D di Universitas Peradaban," *J. Telecommun. Electron. Control Eng.*, vol. 4, no. 2, pp. 100–107, 2022, doi: 10.20895/jtece.v4i2.708.
- [24] I. I. Rumondor *et al.*, "Analisa Sistem Pentanahan pada Trafo Distribusi di Universitas Sam Ratulangi."
- [25] A. Sunawar, J. T. Elektro, F. Teknik, and U. N. Jakarta, "Analisis Pengaruh Temperatur dan Kadar Garam Terhadap Hambatan Jenis Tanah," vol. 2, no. 1, 2013.
- [26] M. K. Hamid and S. Abubakar, "Sistem Pentanahan Pada Transformator Distribusi 20 kV di PT . PLN (Persero) Area Lhokseumawe Rayon Lhoksukon," *J. Electr. Technol.*, vol. Vol. 1, no. Senastika, 2016.