

Sistem Pentanahan *Driven Ground* Pada Gardu Distribusi ULP Soreang

Fauzia Haz ^{1*)}, Muhammad Ilhammawardi ²⁾

^{1,2)}Program Studi Teknik Elektro
Universitas Jenderal Achmad Yani
Jalan Terusan Jend. Sudirman PO.BOX 148 Cimahi 40531
Program Studi Teknik Elektro, Universitas Jenderal Achmad Yani

*)Korespondensi : fauzia.haz@lecture.unjani.ac.id

Abstrak

Pada sistem tenaga listrik dibutuhkan suatu proteksi yang dapat menjaga dan juga mengamankan pemakai dan juga peralatan listrik, maka diperlukan sebuah sistem yaitu sistem pentanahan pada gardu distribusi listrik. Sistem pentanahan yang terdapat pada jaringan distribusi bertujuan untuk pengaman langsung terhadap manusia dan juga peralatan jika terjadi gangguan tanah atau terjadi kebocoran arus yang diakibatkan kegagalan isolasi, tegangan lebih pada peralatan jaringan distribusi dan petir juga bisa menghasilkan arus gangguan dan tegangan lebih. Bahaya dari gangguan akibat petir bisa diatasi jika sistem pentanahannya baik yaitu memiliki nilai resistansi pentanahan yang kurang dari ≤ 1 ohm supaya arus dari gangguan akibat petir bisa langsung mengalir ke dalam tanah. Pada beberapa gardu distribusi di ULP Soreang sering mengalami masalah yang dikarenakan nilai resistansi nya lumayan tinggi yaitu 34.2 Ω , 25 Ω , 41.5 Ω , 6.42 Ω , dan 10.98 Ω . Cara yang dipakai adalah dengan sistem *driven ground* yaitu dengan cara menanamkan *earthing rod* atau elektroda batang ke dalam tanah untuk memperkecil nilai tahanan supaya bisa menghantarkan arus yang berlebih hingga dapat mengamankan peralatan listrik dan menjaga keselamatan manusia yang menggunakannya. Hasil dari penelitian bisa dijadikan referensi dalam penentu tindakan pencegahan gangguan penyaluran secara dini ataupun sebagai bahan untuk menentukan pemasangan pentanahan pada gardu distribusi secara tepat, supaya sistem pentanahan ULP Soreang UP3 Majalaya bisa terjaga keandalannya.

Kata kunci : *Driven ground*, Elektroda, Gardu Distribusi, Nilai Resistansi, Sistem pentanahan.

Abstract

In an electric power system, protection is needed that can protect and also secure users and electrical equipment, so a system is needed, namely a grounding system at the electricity distribution substation. The grounding system in the distribution network aims to directly protect people and equipment if a ground fault occurs or a current leak occurs which causes insulation failure, overvoltage on distribution network equipment and lightning can also produce fault currents and overvoltage. The danger of disturbances caused by lightning can be overcome if the grounding system is good, that is, it has a grounding resistance value of less than ≤ 1 ohm so that the current from disturbances caused by lightning can flow directly into the ground. Several distribution substations at ULP Soreang often experience problems because the resistance values are quite high, namely 34.2 Ω , 25 Ω , 41.5 Ω , 6.42 Ω , and 10.98 Ω . The method used is a drive ground system, namely by installing a grounding rod or rod electrode into the ground to reduce the resistance value so that it can conduct excess current so that it can secure electrical equipment and maintain the safety of people who use it. The results of the research can be used as a reference in determining actions to prevent early distribution disruptions or as material for determining the installation of grounding at substations that are distributed appropriately, so that the Soreang UP3 Majalaya ULP grounding system can maintain its confidentiality.

Keywords : *Driven ground*, Electrodes, Distribution Substations, Resistance Values, Grounding Systems.

I. PENDAHULUAN

PT PLN (Persero) adalah salah satu Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bekerja dalam bidang tenaga listrik sebagai penyedia energi listrik untuk melayani kebutuhan setiap orang di Indonesia. Dari pembangkitan, distribusi, dan transmisi adalah menjadi tanggung jawab pihak PT PLN (Persero). Untuk mencegah terjadi lagi pemadaman listrik yang lama maka akan dipasang ACO (*Automatic Charge Over*) pada pelanggan premium. Diharapkan kedepannya jika terjadi lagi kejanggalaan maka akan otomatis berpindah ke penyulang cadangan yang sudah disiapkan dengan waktu beberapa detik[1].

Info Makalah:

Dikirim : 05-21-2024;

Revisi 1 : 06-19-2024;

Revisi 2 : mm-dd-yy;

Diterima : 06-30-2024.

Penulis Korespondensi:

Telp : +62-852-5590-8299

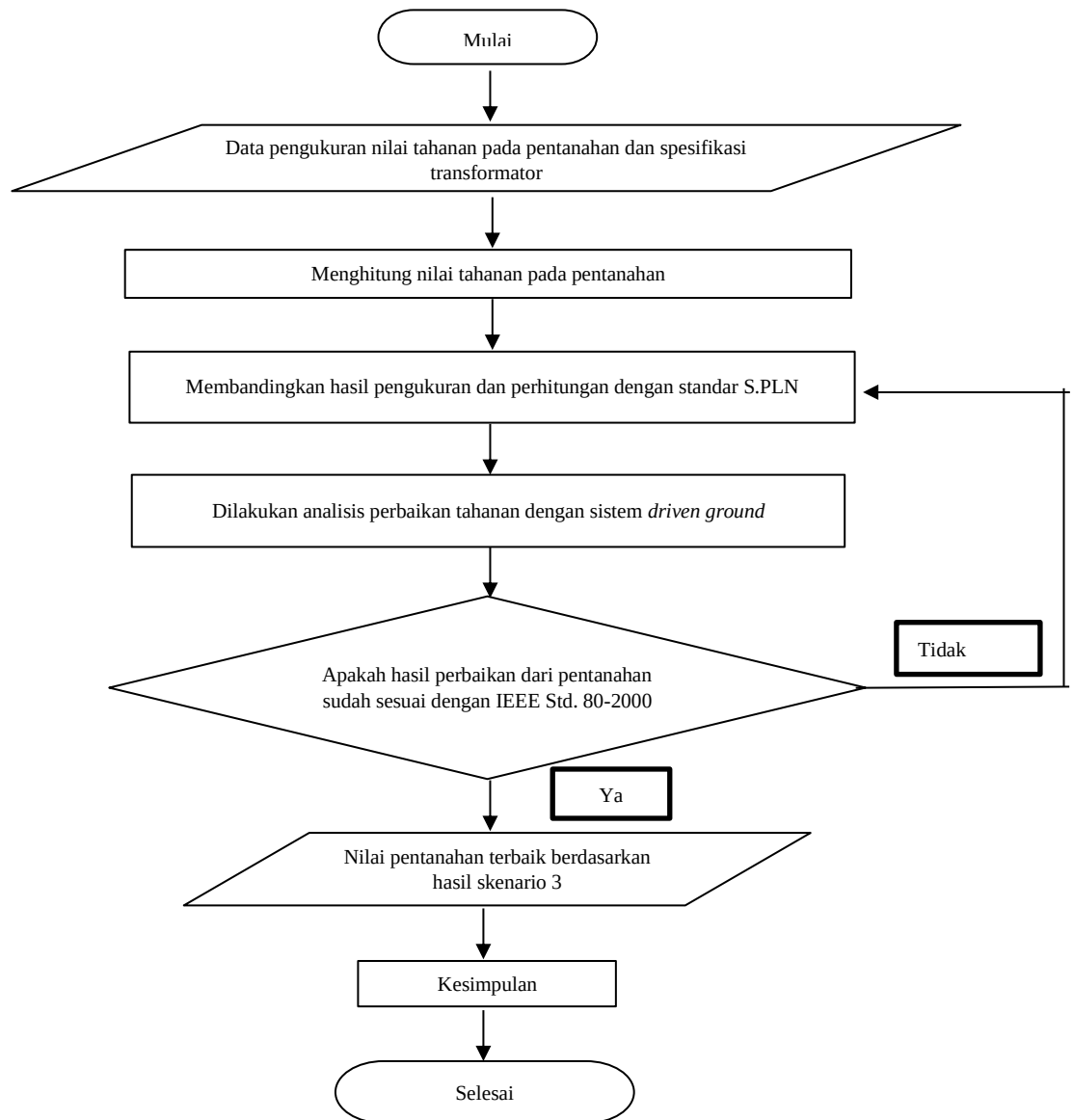
e-mail : fauzia.haz@lecture.unjani.ac.id

Kelemahan menggunakan sistem pentanahan grid adalah bahwa untuk mendapatkan tegangan permukaan yang dapat memenuhi syarat keamanan, oleh karena itu dibutuhkan konduktor pentanahan yang panjangnya lebih dari rata-rata[2]. Elektroda batang yaitu elektroda yang terbuat dari pipa atau besi profil yang digunakan dengan cara ditancapkan ke dalam tanah. Elektroda ini adalah elektroda yang pertama kali dipakai untuk menjadi landasan teori-teori baru dari elektroda jenis lain. Kelebihan elektroda jenis batang (rod) yaitu tidak memerlukan lahan yang luas. Elektroda ini sering dipakai pada gardu-gardu

induk[3]

Di daerah Soreang juga telah terjadi beberapa kejadian yaitu terjadinya kebakaran pada beberapa ruko atau toko yang ternyata terjadi karena arus yang besar berlebih sehingga terbentuklah tegangan eksposur dan mengakibatkan busur tanah (*grounding arc*). Dikarenakan jika arus gangguan tanah yang bernilai lebih dari 5A biasanya tidak bisa padam dengan sendirinya oleh karena itu timbullah potensi kebakaran atau ledakan. Dengan sistem pentanahan ini, dapat membuat potensial semua bagian menjadi struktur, peralatan dan juga permukaan tanah menjadi sama, oleh karena itu bisa mencegah terjadinya loncatan listrik dari bagian peralatan ke tanah. ULP soreang sendiri saat ini terjadi masalah di beberapa gardu distribusinya yaitu tahanan pentanahan yang lebih dari standar PLN yaitu maksimal di angka $1,7\Omega$ [4], sedangkan yang terjadi ada beberapa gardu distribusi yang pentanahan nya mencapai lebih dari $1,7\Omega$. Ada yang bernilai 3,4,5 sampai 10Ω , oleh sebab itu penelitian ini bertujuan agar nilai dari sistem pentanahan mencapai nilai yang aman untuk bisa dipakai, dengan cara memakai sistem pentanahan driven ground atau driven rod. Yang mana menggunakan alat rod/batang yang ditancapkan ke dalam tanah, supaya bisa mengalirkan resistansi yang berlebih ke dalam tanah. Penulis menggunakan sistem pentanahan driven ground atau driven rod dikarenakan metode ini tidak memerlukan lahan datar yang luas seperti metode grid, oleh karena itu metode ini cocok digunakan di ULP Soreang yang mayoritas mencakup ke daerah pedesaan atau di pinggir jalan yang lahannya kurang luas[5].

II. METODE



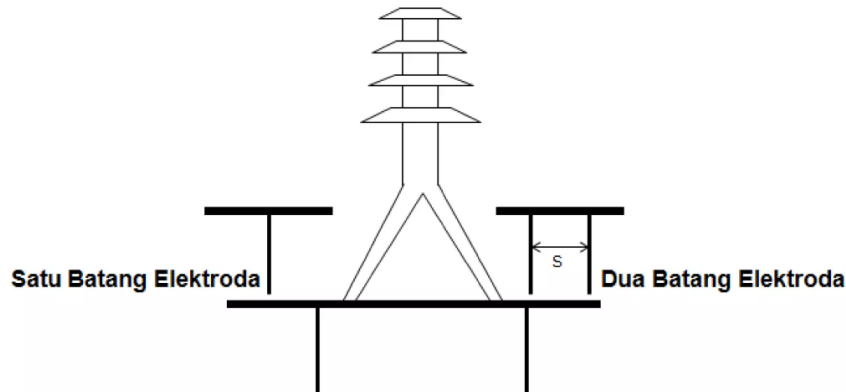
Gambar 1. Flowchart Penelitian.

A. Sistem Pentanahan *Driven Ground*

Pentanahan dengan sistem *driven ground* adalah pentanahan yang menggunakan cara dengan menancapkan batang elektroda ke tanah[6]. Elektroda batang dimasukkan dengan cara tegak lurus ke dalam tanah dan panjangnya juga disesuaikan dengan resistansi pentanahan yang diperlukan bisa dilihat pada Tabel 1. Resistansi pentanahannya sebagian besar tergantung pada seberapa panjangnya dan sedikit juga yang bergantung pada ukuran dari penampangnya. Bila beberapa elektroda dibutuhkan untuk mendapatkan resistansi pentanahan yang bernilai rendah, jarak antara elektroda tersebut minimum harus dua kali panjangnya. Bila elektroda tersebut tidak bekerja efektif pada seluruh panjangnya, maka jarak minimum antara elektroda harus dua kali panjang efektifnya[6], [7]. Sistem pentanahan yang baik, jika diukur akan beda potensialnya antara titik nol jaringan dengan grounding akan mempunyai nilai tegangan tidak lebih dari 5 volt[7]. *Driven ground* yaitu menanamkan elektroda tegak lurus ke dalam tanah atau beberapa buah batang yang merupakan kelompok elektroda biasanya berdiameter $\frac{3}{4}$ inch sampai dengan 2 inch, dan panjangnya antara 3 meter sampai 15 meter[8].

Tabel 1. Jenis Elektroda

Jenis Elektrode	Batang atau pipa			
Panjang (m)	1	2	3	5
Resistansi Pembumian (Ohm)	70	40	30	20



Gambar 2. Sistem Pentanahan Driven Ground

B. Desain Sistem Pentanahan Driven Ground

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa tahanan tanah adalah faktor inti yang menentukan tahanan elektroda dan juga pada kedalaman tertentu elektroda tersebut harus ditanam di dalam tanah untuk mendapatkan tahanan pentanahan yang bernilai rendah. Nilai tahanan tanah sangat bervariasi. Hal ini tergantung pada cuaca, kandungan elektrolit dan juga jenis tanahnya. Bisa dilihat pada gambar 1. Metode pentanahan dalam hal ini harus memakai sistem Driven Ground, yaitu dengan menanamkan batang elektroda tegak lurus ke dalam tanah atau berapa buah batang yang merupakan kelompok elektroda yang biasanya berdiameter $\frac{3}{4}$ inci sampai dengan yang berdiameter 2 inci, dan panjangnya antara 3 meter sampai dengan 15 meter[9].

C. Tahanan Pentanahan

Hambatan tanah bisa diartikan sebagai kuantitas yang terperangkap dalam kontak atau hubungan diantara periode dan tanah. Resistansi tanah harus serendah mungkin untuk bisa menghindari bahaya dari setiap arus interferensi tanah yang ada. Kabel netral dipasang di dekat catu daya atau transformator, setiap saluran udara 200m dan pada setiap pelanggan (konsumen). Resistansi tanah elektroda disekitar sumber daya, transformator, atau jaringan saluran udara dengan jarak minimum 200 M harus bernilai 10 ohm, dan resistansi tanah gardu induk besar harus bernilai kurang dari 1 ohm, sedangkan gardu kecil (konektor / gardu beton), nilainya harus bernilai kecil sekitar 1- 5 ohm.

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

Dimana :

- R = Tahanan pasak ke tanah (ohm)
- ρ = Tahanan tanah rata-rata (ohm-cm)
- L = panjang pasak ke tanah (cm)
- a = Jari-jari penampang pasak (cm)

Jika sudah didapatkan nilai resistansinya maka lanjut menghitung total nilai resistansi semua *earthing rod* yang terpasang dengan cara:

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_n} \quad (2)$$

Dimana :

- R_{total} = Total tahanan pembumian untuk elektroda pasak (Ω).
- R_1 = Tahanan pembumian untuk elektroda pasak ke-1 (Ω).

R2 = Tahanan pembumian untuk elektroda pasak ke-2 (Ω).

Rn = Tahanan pembumian untuk elektroda pasak ke-N (Ω).

D. Skenario Yang Dipakai Untuk Perbaikan

Ada 3 skenario yang akan dipakai dalam perbaikan sistem pentanahan *Driven Ground* pada beberapa gardu distribusi di wilayah PLN ULP Soreang kali ini yaitu yang pertama adalah dengan cara mengubah jenis pentanahan yang semulanya ada pada tanah liat dengan nilai tahanan 20 Ω M - 100 Ω M dipindahkan ke daerah tanah rawa yang memiliki nilai tahanan 10 Ω M - 40 Ω M. Skenario kedua adalah dengan menambahkan beberapa *earthing rod* lagi sampai nilai tahanannya bisa mencapai standar SPLN yaitu 1.7 Ω . Dan skenario terakhir yaitu dengan cara menambah panjangnya *earthing rod* yang semulanya adalah 2 Meter maka diganti dengan *earthing rod* yang memiliki panjang 15 Meter[10].

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Data Pengukuran Tahanan Jenis Tanah

Berikut ini data dari hasil pengukuran tahanan jenis tanah di beberapa gardu distribusi ULP Soreang. Pengukuran dilakukan di 5 gardu distribusi dan menggunakan alat ukur *earth tester*.

Tabel 2. Hasil pengukuran tahanan jenis tanah

No	Nama Daerah Gardu Distribusi	Hasil Pengukuran (Ω)
1.	CWDY 304	34.2
2.	CWDY 340	25.0
3.	CWDY 287	41.5
4.	CWDY 271	6.42
5.	CWDY 278	10.98



Gambar 3. Gardu Distribusi

Pada gambar 3 merupakan beberapa gardu distribusi yang memiliki nilai tahanan lebih dari S.PLN atau standar yang telah dibakukan oleh PLN seperti pada gambar 4.1 memiliki nilai tahanan 34.2 Ω , pada gambar 2 memiliki nilai tahanan 25.0 Ω , pada gambar 4.3 memiliki nilai tahanan 41.5 Ω , pada gambar 4 memiliki nilai tahanan 6.42 Ω dan pada gambar 4.5 memiliki nilai tahanan 10.98 Ω sedangkan pada SPLN sendiri batas maksimal nilai tahanannya adalah 1.7 Ω . Jika tidak diperbaiki maka dapat

menyebabkan terganggunya arus listrik yang mengalir ke desa-desa atau Perusahaan yang dijangkau oleh gardu distribusi tersebut. Maka dari itu diperlukan perbaikan hingga nilai tahananannya bisa mencapai dibawah 1.7 Ω . Hubungan antara beban dan pentanahan adalah hubungan yang cukup berkesinambungan, karena jika terjadi rugi-rugi daya atau arus berlebih akan diminimalisir oleh sistem pentanahan oleh sebab itu akan meminimalisir juga kerusakan terhadap alat-alat elektronik dan juga arus kejut terhadap manusia karena arus berlebih.

B. Pengukuran Pentanahan Pada Gardu ULP Soreang

Sistem pentanahan (*grounding system*) sendiri sudah menjadi bagian dari sistem tenaga listrik yang mempunyai fungsi untuk mengetanahkan jika terjadi muatan tegangan atau arus lebih sampai mendapat meminimalkan gangguan yang akan terjadi. Oleh karena itu pentanahan yang ideal harus bisa memenuhi syarat yaitu dengan nilai R (resistansi) dapat mendekati nilai dibawah 1,7 ohm, syarat ini sudah baku menurut IEEE Std. 80:2000 yang sudah tercatat di SPLN (Standar Perusahaan Listrik Negara). Tegangan dan juga arus dari gangguan yang terjadi di beberapa gardu yang telah diukur diatas tidak mengalir kedalam tanah diakibatkan karena kegagalan isolasi peralatan dan nilai tahanan pentanahan yang cukup besar[11].

Tabel 3. Hasil pengukuran tahanan jenis tanah

Range (Ω)	Hasil Pengukuran	SPLN (Dibawah 1.7(Ω))
200	3.42	Tidak memenuhi syarat
200	2.50	Tidak memenuhi syarat
200	4.15	Tidak memenuhi syarat
200	6.42	Tidak memenuhi syarat
200	10.98	Tidak memenuhi syarat

Sistem pentanahan pada gardu distribusi yang terpasang yaitu bentuk nya batang dengan panjang masing masing 2 M dan dengan jari jari yang bernilai 1,27 M², dan tahanan tanah yang bernilai 100 Ω M yaitu nilai dari tahanan tanah liat. Jika semua data yang dibutuhkan sudah terkumpul semua maka bisa dihitung nilai resistansi dari pentanahannya sesuai persamaan 1 :

$$R = \frac{100}{2\pi \times 2} \left\{ \ln \ln \frac{4 \times 2}{1,27} - 1 \right\}$$

$$R = 37,81\Omega$$

Berdasarkan data yang didapat dari perhitungan sebelumnya, oleh karena itu dapat dilanjutkan dengan menghitung tahanan *Driven Ground* berdasarkan persamaan 2, diketahui R = 37,81, ρ = 100, L = 2 M A = 1,27 M² sehingga pada Gardu Distribusi CWDY 304.

$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{10}{37,81} = \frac{37,81}{10} = 3,78\Omega$$

Tabel 4. Perbandingan Hasil Pengukuran dan Perhitungan

Hasil Perhitungan	Hasil Pengukuran	S.PLN (Dibawah 1.7(Ω))
3.78 Ω	3.42 Ω	Tidak memenuhi syarat
2.52 Ω	2.50 Ω	Tidak memenuhi syarat
4.20 Ω	4.15 Ω	Tidak memenuhi syarat
6.30 Ω	6.42 Ω	Tidak memenuhi syarat
9.45 Ω	10.98 Ω	Tidak memenuhi syarat

Berdasarkan tabel 4 diatas terdapat selisih antara hasil pengukuran dan hasil dari perhitungan penulis hal ini terjadi dikarenakan adanya faktor eksternal seperti kondisi cuaca dan kondisi tanah pada setiap daerah tidak akan selalu sama yang mengakibatkan tahanan tanah liat/ladang dalam kondisi antara 20

Sistem Pentanahan *Driven Ground* Pada Gardu Distribusi ULP Soreang (Fauzia Haz, Muhammad Ilhammawardi: Halaman 33 - 41)

Ω M samapi dengan 100 Ω M. Dan pada penelitian ini penulis mengambil nilai maksimal yaitu 100 Ω M. Dengan nilai tahanan tanah 100 ohm dan beberapa elektroda nilai tahanan tanah masih di atas 1,7 ohm.

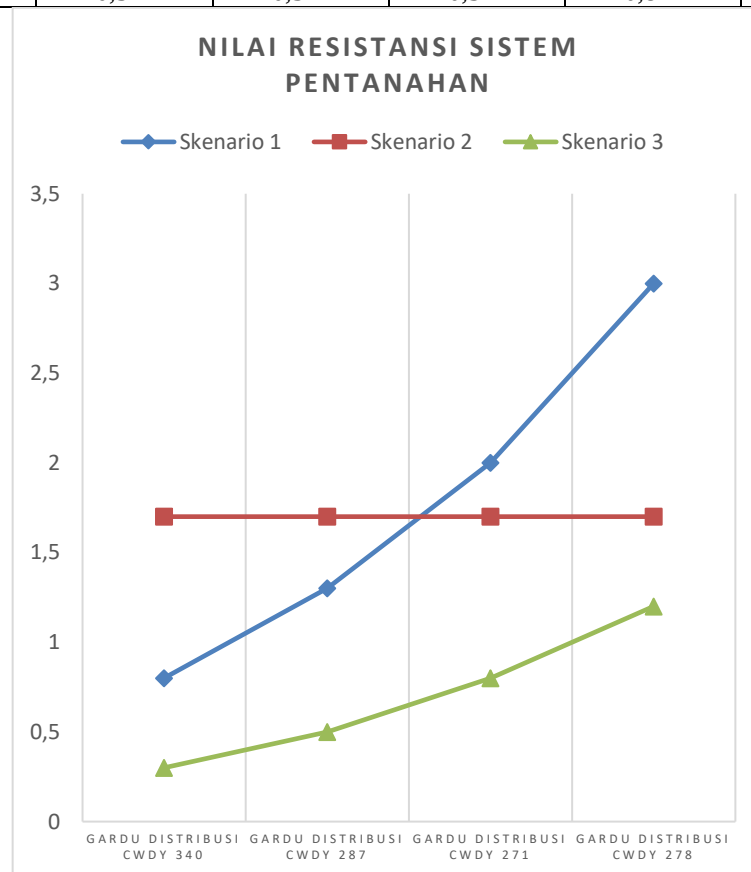
C. Perbaikan Pentanahan Gardu Distribusi ULP Soreang

Besar tahanan jenis di lokasi memiliki nilai sebesar 100 ohm. Oleh sebab itu penulis melakukan evaluasi mengenai sistem pentanahan pada gardu distribusi untuk bisa mengetahui apakah sistem pentanahan yang dipakai adalah sistem pentanahan yang paling efisien berdasarkan variasi total panjang dan jumlah rod yang ditanam. Untuk memperoleh resistansi pentanahan yang diinginkan dilakukan sebanyak 3 skenario. Yaitu skenario pertama adalah dengan memindahkan ke tempat yang lebih lembap dengan kadar air yang lebih banyak yaitu di tanah rawa yang memiliki tahanan jenis 10 – 40 Ohm. Skenario kedua adalah dengan menambah jumlah elektroda batang hingga mencapai nilai tahanan pentanahan yang diinginkan dan sesuai dengan standar PLN. Skenario terakhir yaitu dengan cara menambah panjang elektroda batang yang akan dipakai hingga mencapai kedalaman tanah yang lebih dalam dan memiliki kelembapan dan kadar air yang lebih banyak dibandingkan dengan sebelumnya.

Berikut adalah tabel perbandingan tahanan *Driven Ground* ULP Soreang dengan skenario 1, 2, dan 3:

Tabel 5. Perbandingan tahanan *driven ground* ULP Soreang dengan skenario 1,2,dan 3.

Skenario	CWDY 304	CWDY 340	CWDY 287	CWDY 271	CWDY 278
1	1,2 Ω	0,8 Ω	1,3 Ω	2,0 Ω	3,0 Ω
2	1,7 Ω	1,7 Ω	1,7 Ω	1,7 Ω	1,7 Ω
3	0,5 Ω	0,3 Ω	0,5 Ω	0,8 Ω	1,2 Ω

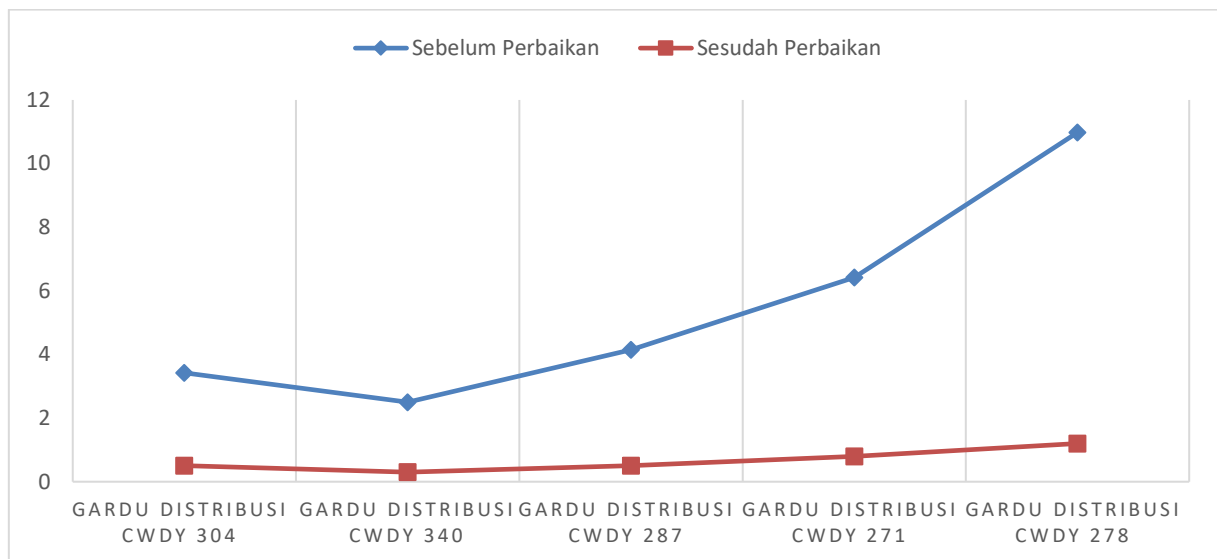


Gambar 4. Grafik Nilai Resistansi Sistem Pentanahan

Berdasarkan hasil dari perbandingan tahanan *driven rod* ULP Soreang dengan menggunakan skenario 1,2, dan 3. Yang paling efisien adalah dengan menggunakan skenario ke 3 yaitu dengan memperpanjang elektroda batangnya tetapi tetap dengan jumlah yang sebelumnya. Berikut ini tabel 6 merupakan perbandingan tahanan *driven ground* sebelum perbaikan dan sesudah perbaikan:

Tabel 1. Perbandingan Sebelum Dan Sesudah Perbaikan

Gardu Distribusi	di bawah 1,7 Ω	
	Sebelum perbaikan	Sesudah perbaikan
CWDY 304	✗ 3.42 Ω	✓ 0,5 Ω
CWDY 340	✗ 2.50 Ω	✓ 0,3 Ω
CWDY 287	✗ 4.15 Ω	✓ 0,5 Ω
CWDY 271	✗ 6.42 Ω	✓ 0,8 Ω
CWDY 278	✗ 10.98 Ω	✓ 1,2 Ω



Gambar 5 . Grafik perbandingan sebelum dan sesudah memperpanjang elektroda batang

Berdasarkan gambar 5 hasil dari perbandingan tahanan *driven rod* ULP Soreang dengan menggunakan skenario 1,2, dan 3 kondisi paling efisien adalah dengan menggunakan skenario ke 3 yaitu dengan memperpanjang elektroda batang nya tetapi tetap dengan jumlah yang sebelumnya.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pengukuran yang dilakukan dilapangan, tahanan pentanahan pada beberapa gardu distribusi ULP Soreang. Mendapatkan nilai yang lebih dari S.PLN, yang mana nilai nya lebih dari 1,7 ohm yang berarti sudah melewati nilai pentanahan yang telah ditetapkan IEEE Std. 80-2000 yaitu nilai pentanahan pada gardu distribusi harus kurang lebih dari 1 ohm. Hasil dari perhitungan matematis yang digunakan adalah sistem pentanahan driven rod mendapatkan nilai tahanan pentanahan lebih dari ≤ 1 ohm, guna agar menyesuaikan nilai tahanan pentanahan dengan hasil pengukuran dilapangan, yang mana nantinya akan dilakukan suatu perbaikan agar dapat menurunkan nilai tahanan dari pentanahan dibawah ≤ 1 ohm dan sesuai dengan S.PLN. Berdasarkan hasil dari perhitungan perencanaan perbaikan digunakan lah sistem driven rod dan dilakukan 3 skenario untuk banding dan menemukan 1 skenario terbaik. Untuk skenario pertama perhitungannya mendapatkan mayoritas nilai tahanan yang masih kurang bagus atau masih diatas ≤ 1 ohm yaitu 1.2 ohm, 0.8 ohm, 1.3 ohm, 2.0 ohm, dan 3.0 ohm. Skenario kedua juga masih mendapatkan hasil yang belum memuaskan dikarenakan terlalu kompleks yaitu terlalu banyak menggunakan objek rooting rod. Dan skenario ketiga yang menurut penulis lebih efisien karena sudah memenuhi S.PLN yaitu 0.5 ohm, 0.3 ohm, 0.5 ohm, 0.8 ohm dan 1.2 ohm.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih PT. PLN (ULP SOREANG) atas dukungannya dalam keikutsertaan dalam kegiatan ilmiah ini. Penulis juga berterima kasih kepada rekan-rekan dosen Teknik elektro atas diskusinya yang bermanfaat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. R. Arifin And S. Hermawan, "Legal Analysis Of Dilematical Electrical Resources Policy In Electrical Supply Business In Indonesia", Doi: 10.14203/Jep.24.1.2016.29-41.
- [2] I. Sugianto And A. D. Mustikasari, "Pemasangan Automatic Change Over (Aco) Untuk Meningkatkan Keandalan Pada Pelanggan Premium," *Jurnal Ilmu Teknik Dan Komputer*, Vol. 3, No. 1, 2019.
- [3] A. Riyanto And J. W. Simatupang, "Analisis Sistem Pentanahan Jaringan Gardu Induk 150 Kv Pt Bekasi Power Cikarang," *Ejournal Kajian Teknik Elektro*, Vol. 4, No. 1, 1945.
- [4] "Buku_1_Ruplt_2015_2024".
- [5] "5642-14980-1-Sm (1)".
- [6] A. Pranoto, H. Tumaliang, And G. Mch Mangindaan, "Analisa Sistem Pentanahan Gardu Induk Teling Dengan Konstruksi Grid (Kisi-Kisi)," 2018.
- [7] "C.431.14.0121-05-BAB-II-20200910021141".
- [8] "Perencanaan Sistem Pentanahan Tenaga Listrik Terintegrasi Pada Bangunan."
- [9] O. : Jamaaluddin, I. Anshory, / Eko, and A. Suprayitno, "Penentuan Kedalaman Elektroda pada Tanah Pasir dan Kerikil Kering Untuk Memperoleh Nilai Tahanan Pentanahan yang Baik (Depth Determination of Electrode at Sand and Gravel Dry for Get The Good Of Earth Resistance)," 2015.
- [10] D. E. Putra, "Pemanfaatan Drainase (Saluran) Air Bekas Limbah Rumah Tangga sebagai Solusi untuk Penurunan Resistansi Pentanahan (Grounding)," *Science, and Physics Education Journal (SPEJ)*, vol. 4, no. 2, pp. 56–61, Jun. 2021, doi: 10.31539/spej.v4i2.2274.
- [11] R. Rizkullah Fazrin and T. Tohir, "Pengujian Nilai Resistansi Pentanahan Elektroda Batang dengan Zat Aditif Bentonit dan Tanpa Bentonit."