Desain Ulang Sistem Pentanahan untuk Proteksi Tegangan Lebih pada *Array Ground Mounted* Area di PLTS 1MW Cirata

Muhammad Rifky Fauzan[1,*], Hermagasantos Zein[2], Siti Saodah[3]

[1,2,3]Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012
E-mail: [1,]muhammad.rifky.tptl19@polban.ac.id; [2]hermaga_s@yahoo.co.id; [3]siti.saodah@polban.ac.id*

ABSTRAK

Pembangkit listrik tenaga surya adalah pembangkit yang berada pada ruang terbuka dan jauh dari struktur tinggi yang bersifat konduktif sehingga berpotensi terkena sambaran petir baik secara langsung ataupun tidak langsung sehingga perlu dipasang lightning protection system untuk memproteksi gangguan petir dan menyalurkannya ke tanah melalui sistem pentanahan. Kualitas sistem pentanahan yang baik dapat ditunjukan dari resistansi pentanahan yang terukur. Semakin kecil nilai dari resistansi pentanahan, maka semakin baik pula kualitas dari sistem pentanahan tersebut. Namun pada PLTS 1MW Cirata terdapat beberapa sistem pentanahan untuk proteksi tegangan lebih (SPD) di *Array Ground Mounted Area* yang memiliki nilai resistansi besar dan tidak sesuai standar berdasarkan hasil pengukuran langsung. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki tujuan untuk memperkecil resistansi sistem pentanahan tersebut dengan beberapa metode perbaikan yaitu mengubah ukuran panjang serta diameter elektroda, menambah jumlah elektroda yang digunakan, dan mengubah bentuk elektroda. Metode perbaikan sistem pentanahan yang paling efektif dalam mengurangi resistansi sistem pentanahan menjadi sesuai standar dan dapat diterapkan di lapangan yang memiliki keterbatasan kedalaman dan luas lahan yaitu mengubah bentuk elektroda batang tunggal menjadi elektroda pelat karena elektroda pelat tidak memerlukan lahan luas dan dapat dipasang secara dangkal.

Kata Kunci
Sistem pentanahan, proteksi tegangan lebih, PLTS

1. Pendahuluan

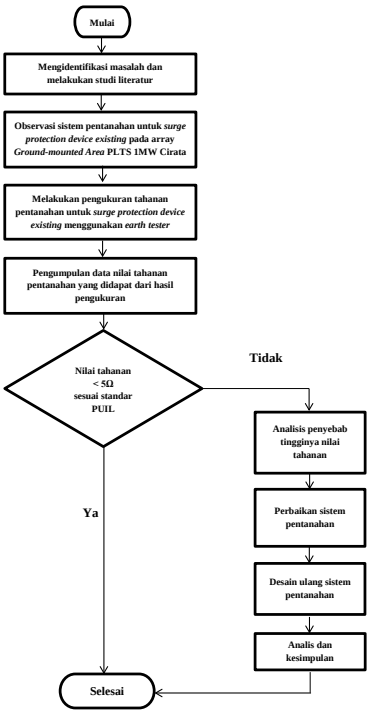
Pada umumnya lokasi dari PLTS berada pada ruang terbuka dan jauh dari struktur tinggi yang bersifat konduktif sehingga berpotensi terkena sambaran petir baik secara langsung ataupun tidak langsung **[1]**.

Pada umumnya PLTS perlu dipasang perangkat proteksi tegangan surja atau *surge protection device* untuk melindungi perangkat elektronik dari lonjakan tegangan pada jaringan akibat efek tak langsung sambaran petir. *Surge protection device* (SPD) akan membatasi lonjakan tegangan dan menyalurkannya ke tanah melalui sistem pentanahan. Oleh karena itu dalam menyediakan jalur yang aman untuk menyalurkan tegangan lebih akibat sambaran petir tak langsung ke tanah maka diperlukan sistem pentanahan dengan kualitas yang baik.

Baik atau tidaknya kualitas dari sistem pentanahan pada suatu sistem dapat ditunjukan dari resistansi pentanahan yang terukur. Semakin kecil nilai dari resistansi pentanahan di suatu sistem instalasi listrik, maka semakin baik pula kualitas dari sistem pentanahan tersebut. Namun pada PLTS 1MW Cirata terdapat beberapa sistem pentanahan untuk *surge protection device* (SPD) di *Array Ground Mounted Area* yang memiliki nilai resistansi besar dan tidak sesuai standar. Oleh karena itu, penulis akan melakukan penelitian untuk mengatasi permasalahan tersebut.

2. Metode Penelitian

Diagram alir penelitian dapat ditunjukan pada Gambar 1.



Gambar 1 Flowchart Penelitian

Berdasarkan Gambar 1, metode yang digunakan pada penelitian ini di antaranya:

1. Mengidentifikasi Masalah dan Studi Literatur
   Tahap pertama yaitu dilakukan identifikasi masalah yang dapat diteliti pada suatu sistem tenaga listrik. Pada penelitian ini terdapat masalah pada beberapa sistem pentanahan untuk *surge protection device existing* pada *Array Ground Mounted Area* PLTS 1MW Cirata yang tidak memenuhi standar. Kemudian dilanjutkan dengan melakukan studi literatur dengan teori yang relevan dengan masalah tersebut.

2. Observasi sistem pentanahan untuk SPD
   Pada tahap ini melakukan observasi sistem pentanahan *existing* yang ada pada *Array Ground Mounted Area* PLTS 1MW Cirata. Observasi tersebut meliputi data desain sistem pentanahan *existing*, bahan kabel BC, ukuran kabel BC, bahan elektroda, ukuran elektroda, bentuk elektroda, serta kedalaman elektroda
   .

3. Melakukan pengukuran tahanan pentanahan untuk SPD *existing* menggunakan *earth tester*.
   Pada tahap ini dilakukan pengukuran tahanan pentanahan untuk *surge protection device existing* menggunakan *earth tester* disetiap *Array Ground Mounted Area* PLTS 1MW Cirata (49 buah *Array*).

4. Pengumpulan data nilai tahanan pentanahan yang didapat dari hasil pengukuran
   Setelah dilakukan pengukuran maka data hasil pengukuran tersebut dikumpulkan untuk mengetahui sistem pentanahan *existing* yang ada pada *Array Ground Mounted* Area PLTS 1MW Cirata yang tidak sesuai standar.

5. Analisis penyebab tingginya nilai tahanan
   Apabila ditemukan sistem pentanahan yang memiliki nilai resistansi tinggi dan tidak sesuai standar, maka dilakukan analisis penyebab tingginya resistansi sistem pentanahan tersebut.

6. Perbaikan sistem pentanahan
   Sistem pentanahan yang memiliki resistansi selanjutnya dilakukan perbaikan untuk memperkecil nilai resistansi pentanahan menggunakan beberapa metode perbaikan dengan target resistansi senilai 4Ω.

7. Desain ulang sistem pentanahan.
   Pada tahap ini dilakukan desain ulang sistem pentanahan untuk beberapa *array* yang tidak memenuhi standar.

8. Analis hasil desain ulang sistem pentanahan dan menyimpulkan hasil analisis
   Pada tahap ini dilakukan analisis hasil desain ulang sistem pentanahan dan memilih desain terbaik yang dapat diterapkan di lapangan.

3. Karya Ilmiah Sebelumnya

Penelitian sebelumnya telah dilakukan perancangan sistem pentanahan dengan metode mesh pada PLTS Tigajuhar. Perancangan tersebut menghasilkan sistem pentanahan dengan nilai tahanan pentanahan sebesar 1,7Ω dengan penanaman batang rod 200cm serta penambahan arang 2Kg. Penggunaan elektroda mesh juga sangat berpengaruh dalam menurunkan nilai resistansi pentanahan, dan Penambahan arang dengan variasi kedalaman tertentu juga berpengaruh untuk mendapatkan hasil nilai resistansi pentanahan yang lebih baik **[2]**.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan perancangan sistem *grounding* pada gedung perkuliahan dan perkantoran di Universitas Negeri Padang. Metode yang digunakan untuk mengukur resistansi dari elektroda pentanahan pada penelitian ini menggunakan metode 3 titik dengan earth tester. Didapatkan hasil pengukuran resistansi pada sistem pentanahan existing di gedung Dekanat Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Padang dengan nilai tahanan grounding yang masih jauh dari standar PUIL 2011 yang maksimal bernilai <5 ohm **[3]**.

Penelitian sebelumnya telah dilakukan perancangan sistem *grounding* pada pembangkit listrik tenaga bayu. Hasil pengukuran yang dilakukan dengan menancapkan elektroda dan tambahan garam akan mendapatkan hasil yang lebih baik. Pengukuran resistivitas tanah akan jauh lebih baik pada kedalaman biasa (100 cm) lebih baik dari 20 cm **[4]**.

Penelitian-penelitian tersebut secara garis besar memiliki topik dan bahasan yang serupa namun pada penelitian yang penulis angkat tetap terdapat perbedaan dan kebaharuan satu sama lainnya sehingga tidak akan terjadi praktik plagiarism. Perbedaan tersebut terletak pada subjek penelitian dan metode penelitian yang berbeda, namun tetap memiliki tujuan yang sama yaitu menghasilkan sistem pentanahan yang sesuai standar.

4. Dasar Teori

4.1. Tegangan Surja

Tegangan surja atau yang biasa disebut spike atau transient umumnya terjadi pada jaringan tenaga listrik berupa kenaikan atau lonjakan tegangan yang sangat cepat. Tegangan surja dapat disebabkan oleh sambaran petir dan proses *switching* (penyambungan-pemutusan).

4.2. *Surge Protection Device* (SPD)

Surge protection device merupakan komponen proteksi yang dipasang pada jaringan instalasi listrik dengan fungsi untuk melindungi perangkat listrik ketika terjadi lonjangan tegangan atau *over voltage* (tegangan surja) yang timbul pada jaringan listrik akibat efek tak langsung dari sambaran petir (tegangan surja). Pada dasarnya prinsip kerja dari *surge protection device* ini adalah membatasi tegangan listrik yang melewati peralatan listrik dimana ketika terjadi lonjakan tegangan atau *over voltage* maka akan langsung dialirkan ke tanah melalui sistem pentanahan.

3.2 Sistem Pentanahan

Sistem pentanahan merupakan sistem yang menghubungkan material konduktif secara ke bumi melalui elektroda pentanahan dengan bertujuan untuk memberi perlindungan terhadap instalasi gangguan yang dapat membahayakan keselamatan pengguna dan memberikan perlindungan terhadap komponen-komponen instalasi. Ketiadaan sistem pentanahan dapat menyebabkan bahaya sengatan listrik bahkan berpotensi memicu kerusakan instalasi terutama saat terjadi sambaran petir baik secara langsung maupun tidak langsung.

3.2.1 Kualitas Sistem Pentanahan

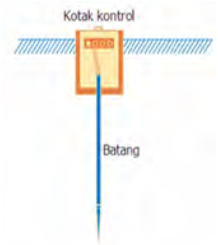
Kualitas dari sistem pentanahan dapat dilihat dari besar atau kecilnya nilai resistansi pentanahan yang terukur. Semakin kecil nilai dari resistansi pentanahan, maka semakin baik pula kualitas dari sistem pentanahan tersebut. Pada Peraturan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000, sistem pentanahan yang berkualitas baik memiliki nilai resistansi pentanahan dengan nilai kurang dari 5 Ω [5]. Apabila hasil pengukuran resistansi pada sistem pentanahan menunjukan nilai lebih dari 5Ω maka resistansi grounding tersebut tidak memenuhi standar dan memiliki kualitas yang belum baik sehingga sistem pentanahan tersebut perlu dilakukan perbaikan.

3.3 Elektroda Pentanahan

Elektroda pentanahan adalah komponen utama pada sistem pentanahan yang terbuat dari material konduktif dan ditanamkan ke dalam tanah dengan fungsi sebagai pengahantar listrik untuk mempercepat penyerapan muatan listrik akibat sambaran petir, arus bocor,hubung singkat ataupun tegangan lebih ke dalam tanah. Elektroda pentanahan memiliki beberapa macam bentuk yaitu elektroda batang, elektroda pita, dan elektroda pelat.

3.3.1 Elektroda Batang

Elektroda batang adalah elektroda yang terbuat dari batang atau pipa logam yang ditanam vertikal di dalam tanah dengan panjang yang disesuaikan dengan tahanan pentanahan yang diperlukan H. Biasanya dibuat dari bahan tembaga, *stainless steel* atau *galvanized steel*. Hal ini dapat ditunjukan pada Gambar 2.



Gambar 2 Elektroda Batang

Rumus tahanan elektroda batang tunggal:

$$R_R = \frac{\rho}{2\pi L}\left[ln\left(\frac{8L}{d}\right) - 1\right] \quad (1)$$

Keterangan:

R_R = Resistansi pentanahan untuk elektroda batang tunggal (Ω)

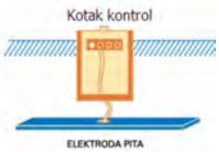
ρ = Tahanan jenis tanah (Ωm)

L = Panjang elektroda (m)

d = Diameter elektroda (m)

3.3.2 Elektroda Pita

Elektroda Pita adalah salah satu elektroda pentanahan yang memiliki bentuk pita atau berpenampang bulat atau hantaran pilin. Pada umumnya elektroda jenis pita ditanam secara dangkal dan dapat dipasang secara tegak lurus (vertikal) maupun dipasang secara mendatar (horizontal) ke dalam tanah. Hal ini dapat ditunjukan pada Gambar 3.



Gambar 3 Elektroda Pita

Rumus resistansi pentanahan untuk elektroda pita yaitu:

$$R_{pt} = \frac{\rho}{\pi L}\left(ln\frac{2L}{d}\right) \quad (2)$$

Keterangan:

R_{pt} = Resistansi pentanahan elekroda pita (Ω)

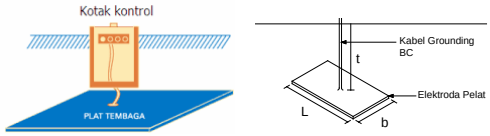
ρ = Tahanan jenis tanah (Ωm)

L = Panjang elektroda (m)

d = Diameter elektroda (m)

3.3.3 Elektroda Pelat

Elektroda Pelat adalah salah satu jenis elektroda dengan bahan dari pelat logam. Elektroda jenis ini biasanya digunakan sebagai upaya menurunkan nilai resistansi apabila diinginkan nilai tahanan pentanahan kecil yang sulit diperoleh apabila menggunakan jenis – jenis elektroda yang lain [6]. Hal ini dapat ditunjukan pada Gambar 4.



Gambar 4 Elektroda Pelat

Rumus tahanan pentanahan untuk elektroda pelat:

$$R_p = \frac{\rho}{4\pi L}\left(1 + 1{,}84 \times \frac{b}{t}\right) \quad (3)$$

Keterangan:

R_p = Resistansi pentanahan elekroda pelat (Ω)

ρ = Tahanan jenis tanah (Ωm)

L = Panjang elektroda (m)

b = Lebar elektroda pelat (m)

t = Kedalaman elektroda pelat (m)

3.4 Faktor-Faktor yang Dapat Mempengaruhi Sistem Pentanahan

3.4.1 Faktor Internal

1. Bentuk Elektroda seperti elektroda batang, elektroda pelat, dan elektroda pita.
2. Jenis bahan dan ukuran elektroda.
3. Jumlah atau konfigurasi elektroda
4. Kedalaman penanaman elektroda di dalam tanah.

3.4.2 Faktor Eksternal

1. Sifat geologi atau karakteristik dari tanah.

Karakteristik dari suatu tanah dapat diketahui melalui tahanan jenis tanah (ρ). Tahanan jenis tanah merupakan nilai resisitansi dari suatu tanah yang menggambarkan nilai konduktifitas listrik dari tanah tersebut, nilainya didefinisikan sebagai tahanan dalam satuan ohm meter. Tahanan jenis tanah memiliki nilai yang berbeda-beda tergantung jenis tanah itu sendiri. Hal tersebut ditunjukkan pada Tabel 1 nilai tahanan jenis tanah di standar PUIL 2000 [5].

Tabel 1 Nilai Tahanan Jenis Tanah

Jenis Tanah	Tanah Rawa	Tanah Liat & Tanah Ladang	Pasir Basah	Kerikil Basah	Pasir & Kerikil Kering	Tanah Berbatu
(Ωm)	30	100	200	500	1000	3000

2. Kandungan garam pada tanah

Garam adalah salah satu zat kimia yang mampu menghantarkan arus listrik. Semakin tinggi kandungan garam pada suatu tanah maka semakin tinggi pula konduktifitasnya sehingga memiliki nilai tahanan jenis yang rendah [2].

3. Kandungan air tanah (kelembaban)

Nilai tahanan jenis tanah akan dipengaruhi oleh besar kecilnya konsentrasi air pada tanah. Semakin besar konsentrasi air pada tanah maka semakin besar pula konduktifitas pada tanah tersebut sehingga memiliki resistansi yang kecil. Hal ini juga menunjukan bahwa perubahan musim dapat mempengarui nilai dari tahanan jenis tanah karena musim dapat mempengaruhi kelembaban dari tanah tersebut [7].

4. Temperatur Tanah

Nilai tahanan jenis tanah juga dapat dipengaruhi oleh temperatur dari tanah itu sendiri. Hal ini dapat dibuktikan ketika temperatur berada di bawah titik beku air yaitu pada suhu 0°C, maka kandungan air pada tanah tersebut akan ikut membeku. Hal ini membuat molekul-molekul air dalam tanah tersebut menjadi sulit untuk bergerak sehingga tanah tersebut memiliki daya hantar listrik tanah yang rendah [2].

3.5 Perbaikan Sistem Pentanahan

Apabila pada suatu sistem tanaga listrik mempunyai sistem pentanahan dengan resistansi tidak cukup rendah maka terdapat beberapa cara untuk memperbaikinya.

3.5.1 Mengubah Ukuran Elektroda

Cara yang pertama dalam memperbaiki sistem pentanahan yang memiliki resistansi yang besar yaitu dengan mengubah ukuran elektroda serta kedalamannya [8]. Ukuran elektroda yang diubah adalah panjang dan diameter dari elektroda. Dengan menggunakan elektroda yang lebih panjang maka akan mengurangi resistansinya. Secara umum, dengan menggandakan panjang dari elektroda maka akan mengurangi nilai resistansi sekitar 40% [9].

Mengubah ukuran diameter dari elektroda dapat menurunkan nilai resistansi. Dengan menggandakan diameter pada kedalaman yang sama akan mengurangi nilai resistansi sebesar 10% [9].

3.5.2 Menggunakan Beberapa Batang Elektroda

Cara kedua dalam memperbaiki sistem pentanahan yang memiliki nilai resistansi besar yaitu dengan menggunakan beberapa batang elektroda yang dihubungkan secara paralel. Dengan menggunakan dua batang elektroda secara paralel dengan resistansi yang sama maka akan menurunkan nilai resistansi sekitar 40%. Jika menggunakan tiga buah batang elektroda secara paralel maka akan menurunkan nilai resistansi sekitar 60%. Sedangkan jika menggunakan empat buah batang elektroda secara paralel maka akan menurunkan nilai resistansi sekitar 67% [9].

Ketika hendak menggunakan beberapa batang elektroda maka jarak antar elektroda harus lebih besar dari kedalaman elektrodanya. Penggunaan dua buah batang elektroda dengan jarak 5 ft maka akan menurunkan nilai resistansi sebesar 40% sedangkan apabila ditanam dengan jarak 20 ft maka akan menurunkan resistansi sebesar 64% [9].

Nilai resistansi pada sistem pentanahan yang menggunakan beberapa elektroda batang dihubung paralel dapat diketahui pada persamaan berikut:

$$R_{RP} = \frac{1}{n} \times \left(R_R + \left(\frac{\rho}{0{,}9576 \times s} \times \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} + \cdots + \frac{1}{n}\right)\right)\right) \quad (4)$$

Keterangan:

R_{RP} = Resistansi pentanahan elektroda batang paralel (Ω)

n = Jumlah elektroda batang yang digunakan

R_R = Resistansi pentanahan untuk elektroda batang tunggal (Ω)

ρ = Tahanan jenis tanah (Ωm)

s = Jarak antar elektroda (m)

4 Analisis dan Pembahasan

4.1 Analisis Penyebab Tingginya Tahanan Pentanahan

Pada penelitian ini bertujuan untuk memperkecil nilai resistansi dari sistem pentanahan untuk proteksi tegangan lebih pada *Array Ground Mounted Area* yang memiliki resistansi lebih dari 5 Ω. Tingginya nilai resistansi pentanahan disebebkan oleh kondisi jenis tanah di PLTS yang bervariasi atau tidak padat sehingga ρ tanah memiliki nilai yang besar. Oleh karena itu, ρ tanah di lokasi perlu diketahui sebelum dilakukan perbaikan sistem pentanahan untuk mendapatkan resistansi dibawah 5Ω.

4.2 Perhitungan ρ Tanah Pada *Array Ground Mounted Area*

Perhitungan nilai ρ tanah dilakukan pada semua sistem pentanahan *array* fotovoltaik yang memiliki resistansi diatas 5Ω.

Rumus ρ tanah:

$$\rho = \frac{(R_R \times 2\pi L)}{\left[ln\left(\frac{8L}{d}\right) - 1\right]} \quad (5)$$

R_R = Resistansi pentanahan untuk elektroda batang tunggal (Ω)
ρ = Tahanan jenis tanah (Ωm)
L = Panjang elektroda (m)
d = Diameter elektroda (m)

Hasil Perhitungan ρ tanah dapat ditunjukan pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Perhitungan ρ Tanah

No. *Array* Fotovoltaik	Tahanan Pentanahan (Ω)	Keterangan Nilai Tahanan	ρ Hasil Perhitungan (Ωm)
19	9,380	(> 5 Ω)	50,389
20	31,20	(> 5 Ω)	167,605
23	11,55	(> 5 Ω)	62,046
24	22,20	(> 5 Ω)	119,257
25	16,54	(> 5 Ω)	88,852
27	7,070	(> 5 Ω)	37,980
33	12,93	(> 5 Ω)	69,459
35	30,70	(> 5 Ω)	164,919
37	5,400	(> 5 Ω)	29,009
40	10,46	(> 5 Ω)	56,191
42	13,14	(> 5 Ω)	70,587
44	9,560	(> 5 Ω)	51,356
45	5,230	(> 5 Ω)	28,095
46	19,01	(> 5 Ω)	102,121
47	8,130	(> 5 Ω)	43,674
48	16,97	(> 5 Ω)	91,162
49	27,60	(> 5 Ω)	148,266

Setelah mendapatkan nilai ρ tanah maka dilakukan perbaikan dengan beberapa metode untuk mendapatkan resistansi dibawah 5Ω berdasarkan nilai ρ tanah tersebut.

4.3 Perbaikan Sistem Pentanahan *Array Ground Mounted Area*

Perbaikan sistem pentanahan dapat dilakukan dengan cara mengubah ukuran panjang dan diameter elektroda, menambah jumlah elektroda yang digunakan, dan mengubah bentuk elektroda. Target perbaikan adalah mendapatkan nilai resistansi senilai 4 Ω dengan teloransi 20% apabila kandungan tanah berubah berdasarkan perubahan musim yang dapat mempengaruhi kenaikan resistansi.

4.3.1 Mengubah Ukuran Panjang dan Diameter Elektroda Batang

Upaya pertama dalam memperbaiki sistem pentanahan yang memiliki resistansi besar adalah mengubah ukuran panjang dan diameter dari elektroda batang *existing*. Setelah itu resistansi dapat diketahui melalui perhitungan menggunakan persamaan resistansi elektroda batang (persamaan 1).

Panjang dan diameter yang tepat untuk mendapatkan nilai resistansi 4 Ω berdasarkan hasil perhitungan dapat ditunjukan pada tabel 3.

Tabel 3 Hasil Perhitungan Resistansi Setelah Mengubah Ukuran Elektroda

No. *Array* Fotovoltaik	ρ Hasil Perhitungan	Panjang elektroda (L) (m)	Diameter elektroda (d) (m)	Hasil Perhitungan Resistansi
19	50,389	15,5	0,01905	4,028
20	167,605	60	0,01905	4,063
23	62,046	19,5	0,01905	4,059
24	119,257	41	0,01905	4,054
25	88,852	29	0,01905	4,102
27	37,980	11	0,01905	4,089
33	69,459	22	0,01905	4,088
35	164,919	59,5	0,01905	4,028
37	29,009	8,2	0,01905	4,024
40	56,191	17,5	0,01905	4,040
42	70,587	22,5	0,01905	4,073
44	51,356	15,8	0,01905	4,037
45	28,095	7,8	0,01905	4,069
46	102,121	34	0,01905	4,097
47	43,674	13	0,01905	4,068
48	91,162	30	0,01905	4,085
49	148,266	53	0,01905	4,014

Hasil perhitungan resistansi setelah mengubah panjang dan diameter elektroda tersebut menunjukan bahwa beberapa sistem pentanahan memerlukan panjang elektroda diatas 12 meter (berwarna abu). Hal ini tidak dapat diterapkan di lapangan karena batas kedalaman tidak bisa melebihi 12 meter akibat adanya batu cadas besar. Oleh karena itu, maka metode perbaikan ini tidak cocok diterapkan di lapangan sehingga perlu digunakan metode perbaikan yang lain.

4.3.2 Menambah Jumlah Elektroda Pentanahan

Upaya perbaikan sistem pentanahan salah satunya dengan menambah jumlah elektroda batang yang dihubungkan secara paralel. Resistansi total setelah menghubungkan beberapa elektroda secara paralel dapat diketahui melalui perhitungan menggunakan persamaan 4.

Perhitungan dilakukan pada semua sistem pentanahan *array* fotovoltaik yang memiliki nilai resistansi lebih dari 5Ω. Hasil Perhitungan dapat ditunjukan pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Perhitungan Resistansi Sistem Pentanahan Elektroda Batang Paralel

No. *Array* Fotovoltaik	ρ Hasil Perhitungan (Ωm)	Jumlah Elektroda	Jarak (m)	Tahanan Pentanahan Paralel (Ω)
19	50,389	4	9	3,928
20	167,605	20	9	4,086
23	62,046	6	9	3,465
24	119,257	13	9	4,028
25	88,852	9	9	3,933
27	37,980	3	9	3,581
33	69,459	7	9	3,681
35	164,919	20	9	4,020
37	29,009	2	9	3,541
40	56,191	5	9	3,765
42	70,587	7	9	3,741
44	51,356	4	9	4,004
45	28,095	2	9	3,430
46	102,121	11	9	3,904
47	43,674	4	9	3,405
48	91,162	9	9	4,035
49	148,266	18	9	3,918

Pada hasil perhitungan tersebut didapatkan beberapa *array* menggunakan lebih dari 4 buah batang elektroda untuk mendapatkan nilai resistansi < 5 Ω (berwarna abu pada tabel). Hal ini tidak dapat diterapkan karena keterbatasan lahan di lapangan, sehingga jumlah elektroda yang dapat dipakai tidak boleh melebihi 4 buah elektroda. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka digunakan metode lain dalam mencapai nilai resistansi < 5 Ω tanpa menggunakan elektroda batang lebih dari 4 buah.

4.3.3 Mengganti Bentuk Elektroda

Upaya perbaikan sistem pentanahan dalam menurunkan nilai resistansinya dapat dilakukan dengan mengganti bentuk elektroda dengan elektroda pelat [10]. Resistansi sistem pentanahan pelat dapat diketahui melalui perhitungan menggunakan persamaan 3. Hasil Perhitungan dapat ditunjukan pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil Perhitungan Resistansi Sistem Pentanahan Elektroda Pelat

No. *Array* Fotovoltaik	ρ Hasil Perhitungan (Ωm)	L (m)	b (m)	t (m)	Resistansi Elektroda Pelat (Ω)
19	50,389	1,5	0,5	6	3,085
20	167,605	4	0,5	6	3,848
23	62,046	1,5	0,5	6	3,798
24	119,257	3	0,5	6	3,650
25	88,852	2	0,5	6	4,079
27	37,980	1	0,5	6	3,488
33	69,459	2	0,5	6	3,189
35	164,919	4	0,5	6	3,786
37	29,009	1	0,5	6	2,664
40	56,191	1,5	0,5	6	3,440
42	70,587	2	0,5	6	3,241
44	51,356	1,5	0,5	6	3,144
45	28,095	1	0,5	6	2,580
46	102,121	2,5	0,5	6	3,751
47	43,674	1	0,5	6	4,010
48	91,162	2,5	0,5	6	3,348
49	148,266	3,5	0,5	6	3,890

5 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa 17 dari 49 sistem pentanahan untuk proteksi tegangan lebih pada *Array Ground Mounted Area* tidak memenuhi standar PUIL 2000. Sehingga perlu dilakukan perbaikan untuk menurunkan nilai resistansi sistem pentanahan. Tingginya nilai resistansi pentanahan disebebkan oleh kondisi jenis tanah di PLTS yang bervariasi atau tidak padat sehingga ρ tanah memiliki nilai yang besar. Setelah mendapatkan nilai ρ tanah selanjutnya dilakukan perbaikan dengan beberapa metode untuk mendapatkan resistansi dibawah 5Ω. Namun terdapat metode perbaikan sistem pentanahan yang tidak dapat diterapkan di lapangan karena terdapat keterbatasan lahan dan kedalaman. Metode terbaik yang dapat diterapkan dalam mengurangi resistansi sistem pentanahan menjadi dibawah 5 Ω yaitu mengubah bentuk elektroda batang tunggal menjadi elektroda pelat.

Hasil perhitungan tersebut menunjukan bahwa dengan mengganti bentuk elektroda pentanahan dari elektroda batang tunggal menjadi elektroda pelat dapat menurunkan nilai resistansi sistem pentanahan hingga dibawah 5 Ω dan menjadi solusi permasalahan penggunaan metode perbaikan sebelumnya akibat kondisi dilapangan karena tidak memakai lahan luas dan dapat dipasang secara dangkal. Sehingga mengganti elektroda batang tunggal menjadi elektroda pelat adalah solusi terbaik.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Bagus Ramadhani, *Instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dos & Don'ts*. Jakarta: GIZ, 2018.

[2] Bayu Sentana, *PERANCANGAN SISTEM PENTANAHAN MENGGUNAKAN METODE MESH PADA PLTS TIGAJUHAR*. Medan: Repository UMSU, 2022.

[3] Hambali, *PERANCANGAN SISTEM GROUNDING PADA GEDUNG PERKULIAHAN DAN PERKANTORAN DI UNIVERSITAS NEGERI PADANG*. Padang: Ranah Research, 2021.

[4] Pandu Widodo, *PERANCANGAN SISTEM GROUNDING PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA BAYU*. Medan: Repositori UMSU, 2022.

[5] Badan Standardisasi Nasional, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2000.

[6] I.G.N Janardana, Khana Eland N.A, and I.W Arta Wijaya, "REDISAIN SISTEM PEMBUMIAN DI HOTEL X JIMBARAN," *Jurnal SPEKTRUM Vol. 8, No. 2*, pp. 1-8, 2021.

[7] Dwi Agus Setiono, "STUDI PENGARUH KANDUNGAN AIR TANAH TERHADAP TAHANAN JENIS TANAH LEMPUNG (CLAY) ," *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, pp. 1-9, 2015.

[8] Nita Nurdiana, Alimin Nurdin, and Dewa Aditya Putra Yoga, "PENGARUH KEDALAMAN TERHADAP TAHANAN PENTANAHAN DI AREA RUSUNAWA KAMPUS UNIVERSITAS PGRI PALEMBANG," *JURNAL AMPERE, Volume 4, No 2*, pp. 327-332, 2019.

[9] Megger, *Getting Down To Earth A practical guide to earth resistance testing*. Peninsula Circle: Megger, 2005.

[10] Surya Hardi , Rohana , and Hefri Yuliadi, "Analisis Perbandingan Tahanan Pentanahan Pada Elektroda Batang Dan Plat Untuk Perbaikan Nilai Resistansi Pembumian," *Jurnal Teknik Elektro*, pp. 68-74, 2021.