

REKOMENDASI DESAIN SISTEM PEMBUMIAN PERALATAN GEDUNG KANKER RUMAH SAKIT BALI MANDARA DENGAN KAJIAN PERBANDINGAN PEMBERIAN ZAT ADITIF GARAM DAN BENTONIT

Made Agus Putra Harta Narayana¹, I Made Randi Dwi Pramana Putra², Ida Bagus Alit Swamardika³, I Gusti Ngurah Janardana⁴

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
Dosen Program Studi, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
Badung, Bali

kadekagus201416@gmail.com¹, maderandi29@gmail.com², gusalit@unud.ac.id³,
janardana@unud.ac.id⁴

ABSTRAK

Masalah yang dihadapi di Rumah Sakit Bali Mandara adalah tekstur tanah yang berpasir memiliki resistivitas tanah yang cukup tinggi, sehingga sulit untuk membuat sistem pentanahan dengan nilai tahanan yang rendah. Salah satu cara untuk menurunkan resistivitas tanah adalah dengan menambahkan zat aditif seperti garam dan bentonit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas pemberian zat aditif dalam menurunkan tahanan jenis tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai tahanan jenis tanah tanpa zat aditif adalah 33,912 Ω .m dengan nilai pengukuran 0,27 ohm. Dengan penambahan garam 5 kg, nilai tahanan jenis tanah turun menjadi 30,144 Ω .m (penurunan 11,1%), sedangkan dengan penambahan bentonit 5 kg, nilai tahanan jenis tanah turun menjadi 20,096 Ω .m (penurunan 40,7%). Sistem pembumian yang direkomendasikan untuk Rumah Sakit Bali Mandara adalah menggunakan tipe satu rod dengan tanpa menggunakan zat aditif, 0,941886 ohm pada kedalaman 50 meter.

Kata kunci: Garam, Bentonit, Rekomendasi Desain, Sistem Pembumian

ABSTRACT

The issue faced at Bali Mandara Hospital is that the sandy soil texture has a relatively high soil resistivity, making it difficult to create a grounding system with low resistance values. One way to reduce soil resistivity is by adding additives such as salt and bentonite. This study aims to determine the effectiveness of these additives in reducing soil resistivity. The results show that the soil resistivity without additives is 33.912 Ω .m with a measurement value of 0.27 ohms. With the addition of salt, the soil resistivity decreases to 30.144 Ω .m (a reduction of 11.1%), while with the addition of bentonite, it decreases to 20.096 Ω .m (a reduction of 40.7%). The recommended grounding system for Bali Mandara Hospital is the single rod type without using additives, with a grounding resistance of 0.941886 ohms at a depth of 50 meters.

Keywords: Salt, Bentonite, Design Recommendation, Earthing System

1. PENDAHULUAN

Pembumian adalah metode pengamanan untuk melindungi manusia dan peralatan dari arus dan tegangan lebih.[1] Sistem ini menghubungkan penghantar pada peralatan atau instalasi dengan tanah, sehingga dapat mengalirkan arus gangguan dan mengurangi risiko sengatan listrik serta kerusakan peralatan. Kualitas pembumian yang baik ditentukan oleh nilai tahanan pembumian yang rendah, idealnya mendekati nol atau kurang dari 1 ohm. Standar tahanan pembumian untuk gedung adalah kurang dari 5 ohm, sedangkan untuk peralatan kurang dari 1 ohm.[6] Jenis sistem pembumian meliputi pembumian rod, pelat, cincin (ring), grid, dan mesh. Pemilihan sistem pembumian sangat dipengaruhi oleh jenis tanah di lokasi pemasangan. Tekstur tanah, seperti tanah lempung, berpasir, atau berbatu, memiliki tahanan jenis yang berbeda-beda. Tanah sawah biasanya memiliki tahanan jenis terendah, sedangkan tanah berbatu memiliki tahanan jenis tertinggi. Hal ini memengaruhi keefektifan sistem pembumian dalam mengurangi nilai tahanan.[10]

Rumah Sakit Bali Mandara, yang berlokasi di kawasan pantai dengan tekstur tanah berpasir, menghadapi tantangan dalam pemasangan sistem pembumian.[5] Nilai resistansi pentanahan rendah dapat dicapai dengan menggunakan sistem pentanahan batang pada tanah berpasir, namun hanya jika batang tersebut ditanamkan dalam, dikarenakan resistivitas tanah yang tinggi. [8] Oleh karena itu, alternatif sistem pembumian seperti pelat, grid, mesh, atau grid rod lebih disarankan untuk memastikan perlindungan peralatan medis dan penunjang lainnya tetap optimal.[11,12]

Penelitian ini memiliki tujuan yaitu untuk mengetahui jenis sistem pembumian yang optimal pada Gedung Kanker Rumah Sakit Bali Mandara serta mengetahui efektifitas zat aditif garam dan bentonit untuk menurunkan tahanan jenis tanah pada Gedung Kanker agar mendapatkan nilai pembumian yang sesuai standar.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. Sistem Pembumian

Sistem pembumian adalah menghubungkan konduktor ke terminal pentanahan melalui sirkuit atau jaringan

yang dimulai di kutub atau elektroda pentanahan. Sistem pembumian merupakan metode yang di gunakan dalam melakukan pengamanan terhadap gedung serta peralatan Listrik.[1,4] Untuk mencegah sengatan listrik, sistem pentanahan juga diterapkan.[] Nilai resistansi pentanahan mendekati nol atau kurang dari 1 Ohm, yang dipasok oleh sistem pentanahan, diperlukan untuk kinerja optimal. Nilai tahanan pembumian yang sesuai dengan standar cukup sulit untuk tercapai. Di karenakan beberapa faktor menyebabkan sulitnya mendapatkan nilai tahanan yang hampir mendekati nol atau <1.[6]

2.2. Elektroda Pembumian

Elektroda pembumian adalah menyalurkan listrik ke bumi dengan benar, merupakan bagian penting dari sistem pentanahan. Konduktor yang dikenal sebagai elektroda terkubur atau bersentuhan dengan tanah.[1]

2.3. Jenis Elektroda

Elektroda pita, batang, dan pelat merupakan beberapa jenis elektroda pentanahan yang paling umum.

2.3.1. Elektroda Pita

Elektroda pita adalah konduktor berbentuk seperti pita atau bulat dimasukkan secara horizontal dan pada kedalaman dangkal untuk membentuk elektroda.[3] Persamaan 1 dapat digunakan untuk menentukan nilai resistansi bumi untuk jenis elektroda pita.

$$R_{pt} = \frac{\rho}{\pi L_w} \left[\ln \left(\frac{2R_w}{\sqrt{d_w Z_w}} \right) + \frac{1,4L_w}{\sqrt{A_w}} \right] - 5,6 \quad (1)$$

Keterangan :

R_{pt} = Tahanan pembumian pita (Ω)

ρ = Tahanan jenis tanah (Ω -meter)

L_w = Panjang total pita

d_w = Diameter pita

Z_w = Kedalaman penanaman

A_w = Luasan yang dicakup oleh pita

(m²)

2.3.2. Elektroda Batang

Elektroda batang adalah elektroda yang terbuat dari logam batang seperti tembaga atau besi, yang di pancangsecara vertikal kedalam tanah. [3] Pemilihan bahan elektroda batang harus di perhatikan agar terhidar dari korosi. Nilai tahanan pembumian untuk jenis elektroda batang (*rod*) dapat dihitung dengan persamaan 2.

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

Keterangan :

R = Tahanan pembumian(Ω)

ρ = Tahanan jenis tanah (Ω-meter)

L = Panjang elektroda *Rod*

a = Jari-jari elektroda *Rod*

2.3.3. Elektroda Pelat

Elektroda pelat adalah elektroda yang terbuat dari pelat logam atau jaring logam yang diletakkan tegak lurus (Vertikal) dengan tanah. [3] Jika diperlukan resistansi pentanahan yang rendah, tetapi tidak dapat dicapai dengan menggunakan jenis elektroda lain, maka elektroda ini digunakan. Dengan menerapkan persamaan (3), seseorang dapat menentukan nilai resistansi pentanahan untuk jenis elektroda pelat.

$$R_{pl} = \frac{\rho}{4\pi L} \left[1 + 1,84 \frac{b}{t} \right] \quad (3)$$

Keterangan :

R_{pl} = Tahanan pembumian pelat (Ω)

ρ = Tahanan jenis tanah (Ω-meter)

t = Kedalaman penanaman pelat (meter)

b = Lebar elektroda pelat (meter)

L = Panjang elektroda pelat (meter)

2.4. Sistem Pembumian *Grid-Rod*

Pembumian *Grid-Rod* melibatkan batang-batang elektroda yang saling terhubung, diletakkan datar di tanah dan berjalan sejajar satu sama lain. [3] Nilai tahanan sistem pembumian *Grid* dengan *Rod* dihitung dengan persamaan (4)

$$R_G = \frac{R_1 R_2 - R_m^2}{R_1 + R_2 - 2R_m} \quad (4)$$

Untuk menghitung nilai R₁ digunakan persamaan (2.5) sebagai berikut :

$$R_1 = \frac{\rho}{\pi L_c} \left[L_n \left(\frac{2L_c}{a'} \right) + \frac{K_1 L_c}{\sqrt{A}} - K_2 \right] \quad (5)$$

Untuk menghitung R₂ digunakan persamaan (2.6) sebagai berikut :

$$R_2 = \frac{\rho}{2\pi n_c L_R} \left[L_n \left(\frac{4L_R}{b} \right) - 1 + \frac{2K_1 L_R}{\sqrt{A}} (\sqrt{n_R} - 1)^2 \right] \quad (6)$$

Dan untuk menghitung nilai dari R_m digunakan persamaan (7) sebagai berikut

$$R_m = \frac{\rho}{\pi L_c} \left[L_n \left(\frac{2L_c}{L_r} \right) + \frac{K_1 L_c}{\sqrt{A}} - K_2 + 1 \right] \quad (7)$$

Keterangan :

R_G = Tahanan pembumian *Grid-Rod* (Ω)

ρ = Tahanan jenis tanah (Meter)

A = Luas area pembumian (m²)

h = Kedalaman penanaman sistem pembumian dari permukaan tanah (meter)

L_c = Total panjang konduktor *Mesh* (meter)

L_r = Panjang elektroda *Rod* (meter)

n_r = Jumlah elektroda *Rod*

L_R = Total panjang elektroda *Rod* (meter)

a' = √a.2h konduktor yang ditanam pada kedalaman h

a = Diameter konduktor *Mesh* (meter)

b = Diameter konduktor *Rod* (meter)

K₁ = 0,10 dan K₂ = 4,5 dengan nilai c maksimal, koefisien yang bergantung dari perbandingan panjang dan lebar.

L_p = Panjang perifer konduktor *Mesh* pada tepi sistem pembumian (meter)

L_x = Panjang maksimal konduktor Mesh pada sumbu x (meter)

L_y = Panjang maksimal konduktor Mesh pada sumbu y (meter)

2.5. Sistem Pembumian Mesh

Suatu metode pentanahan yang menggunakan jaringan konduktor yang ditata secara horizontal dan dihubungkan bersama untuk menciptakan jaringan yang sejajar dengan tanah. Persamaan (8) dapat digunakan untuk menentukan nilai resistansi sistem pentanahan Mesh:

$$R_m = \rho \left[\frac{1}{L_c} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left(\frac{1}{1+h\sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right] \tag{8}$$

Keterangan:

R_m = Tahanan pembumian Mesh (Ω)

ρ = Tahanan jenis tanah (Ω -meter)

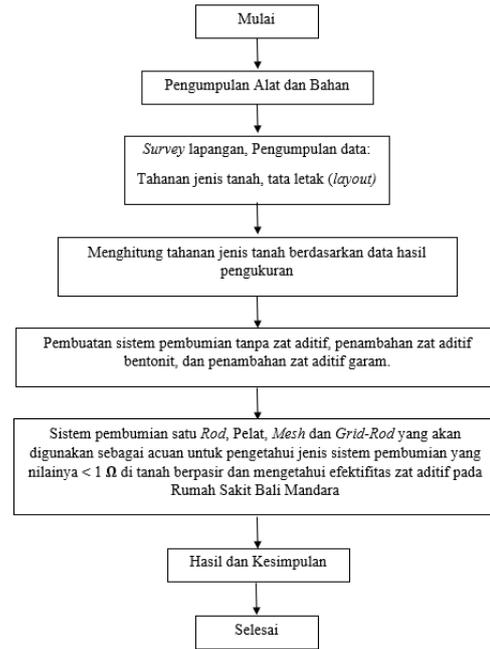
A = Luas area Mesh (m^2)

h = Kedalaman penanaman Mesh dari permukaan tanah

L_c = Total panjang konduktor Mesh

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di lakukan di Rumah Sakit Bali Mandara yang terletak di Desa Sanur Kabupaten Denpasar Selatan dari bulan Januari 2024. Analisis Data dapat dilihat pada Gambar 1 :



Gambar 1 Diagram alur penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengukuran

Berikut merupakan hasil dari pengukuran nilai tahanan pada masing-masing zat aditif yang digunakan untuk penelitian:

4.1.1. Hasil Pengukuran Tahanan Tanah Tanpa Zat Aditif

Tabel 1. Pengukuran Tahanan Tanah Tanpa Zat Aditif

No	Hari/Tanggal	Waktu Pengukuran	Nilai Pengukuran (Ω)	ρ Tanah = $2\pi aR$ ($\Omega.m$)
1	Senin, 15 Maret 2024	08.00 WITA	0,27	33,912
		12.00 WITA	0,27	33,912
		16.00 WITA	0,26	32,656
2	Selasa, 16 Maret 2024	08.00 WITA	0,27	33,912
		12.00 WITA	0,25	31,4
		16.00 WITA	0,27	33,912
3	Rabu, 17 Maret 2024	08.00 WITA	0,26	32,656
		12.00 WITA	0,25	31,4
		16.00 WITA	0,27	33,912
4	Kamis, 18 Maret 2024	08.00 WITA	0,24	30,144
		12.00 WITA	0,26	32,656
		16.00 WITA	0,27	33,912
5	Jumat, 19 Maret 2024	08.00 WITA	0,25	31,4
		12.00 WITA	0,27	33,912
		16.00 WITA	0,26	32,656
6	Sabtu, 20 Maret 2024	08.00 WITA	0,26	32,656
		12.00 WITA	0,27	33,912
		16.00 WITA	0,27	33,912
7	Minggu, 21 Maret 2024	08.00 WITA	0,27	33,912
		12.00 WITA	0,27	33,912
		16.00 WITA	0,27	33,912

Berdasarkan tabel 1, nilai tahanan tanah tanpa zat aditif berkisar antara 0,24 ohm hingga 0,27 ohm, dengan nilai tahanan jenis tanah tertinggi sebesar 33,912 $\Omega.m$.

4.1.2. Hasil Pengukuran Tahanan Tanah Dengan Zat Aditif Bentonit

Tabel 2. Hasil Pengukuran Tahanan Tanah Dengan Zat Aditif Bentonit

No	Hari/Tanggal	Waktu Pengukuran	Nilai Pengukuran (Ω)	ρ Tanah = $2\pi aR$ ($\Omega.m$)
1	Senin, 15 Maret 2024	08.00 WITA	0,16	20,096
		12.00 WITA	0,16	20,096
		16.00 WITA	0,16	20,096
2	Selasa, 16 Maret 2024	08.00 WITA	0,15	18,84
		12.00 WITA	0,15	18,84
		16.00 WITA	0,16	20,096
3	Rabu, 17 Maret 2024	08.00 WITA	0,16	20,096
		12.00 WITA	0,15	18,84
		16.00 WITA	0,14	17,584
4	Kamis, 18 Maret 2024	08.00 WITA	0,14	17,584
		12.00 WITA	0,15	18,84
		16.00 WITA	0,15	18,84
5	Jumat, 19 Maret 2024	08.00 WITA	0,16	20,096
		12.00 WITA	0,16	20,096
		16.00 WITA	0,16	20,096
6	Sabtu, 20 Maret 2024	08.00 WITA	0,16	20,096
		12.00 WITA	0,16	20,096
		16.00 WITA	0,16	20,096
7	Minggu, 21 Maret 2024	08.00 WITA	0,16	20,096
		12.00 WITA	0,16	20,096
		16.00 WITA	0,16	20,096

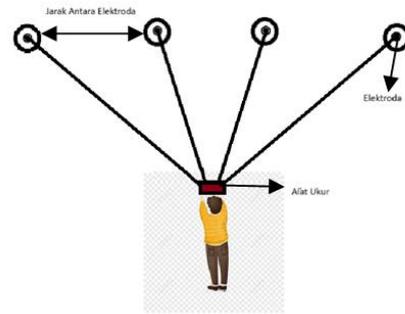
Berdasarkan tabel 2, nilai tahanan tanah dengan zat aditif bentonit berkisar antara 0,14 ohm hingga 0,16 ohm, dengan nilai tahanan jenis tanah tertinggi sebesar 20,096 $\Omega.m$. Penurunan tahanan jenis tanah sebesar 13,81 $\Omega.m$ (40,7%).

4.1.3. Hasil Pengukuran Tahanan Tanah Dengan Zat Aditif Garam

Tabel 3. Pengukuran Tahanan Tanah Dengan Zat Aditif Garam

No	Hari/Tanggal	Waktu Pengukuran	Nilai Pengukuran (Ω)	ρ Tanah = $2\pi aR$ ($\Omega.m$)
1	Senin, 15 Maret 2024	08.00 WITA	0,18	22,608
		12.00 WITA	0,2	25,12
		16.00 WITA	0,2	25,12
2	Selasa, 16 Maret 2024	08.00 WITA	0,19	23,864
		12.00 WITA	0,19	23,864
		16.00 WITA	0,21	26,376
3	Rabu, 17 Maret 2024	08.00 WITA	0,21	26,376
		12.00 WITA	0,19	23,864
		16.00 WITA	0,22	27,632
4	Kamis, 18 Maret 2024	08.00 WITA	0,2	25,12
		12.00 WITA	0,19	23,864
		16.00 WITA	0,2	25,12
5	Jumat, 19 Maret 2024	08.00 WITA	0,24	30,144
		12.00 WITA	0,23	28,888
		16.00 WITA	0,24	30,144
6	Sabtu, 20 Maret 2024	08.00 WITA	0,24	30,144
		12.00 WITA	0,24	30,144
		16.00 WITA	0,23	28,888
7	Minggu, 21 Maret 2024	08.00 WITA	0,24	30,144
		12.00 WITA	0,24	30,144
		16.00 WITA	0,24	30,144

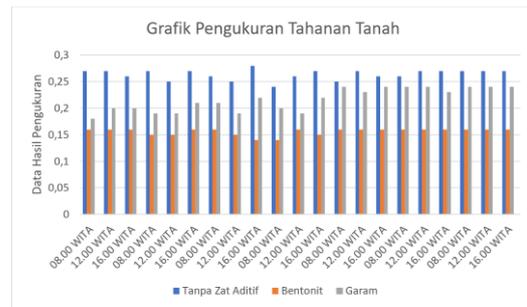
Berdasarkan tabel 3, nilai tahanan tanah dengan zat aditif garam berkisar antara 0,18 ohm hingga 0,24 ohm, dengan nilai tahanan jenis tanah tertinggi sebesar 30,144 $\Omega.m$. Penurunan tahanan jenis tanah sebesar 3,768 $\Omega.m$ (11,1%).



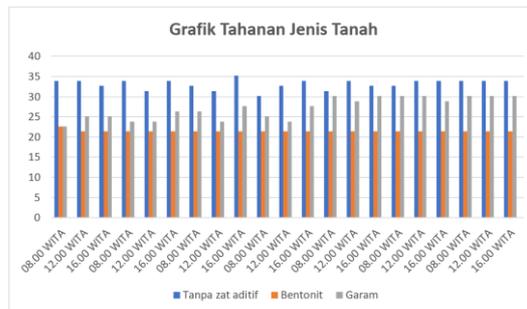
Gambar 2. Ilustrasi Pengukuran Tahanan Tanah

Gambar 2 mengilustrasikan pengukuran tahanan tanah yang dilakukan. Dengan asumsi jarak antar elektroda adalah 20 meter.

4.2. Grafik Pengukuran Tahanan Tanah dan Tahanan Jenis Tanah



Gambar 3. Grafik Pengukuran Tahanan Tanah



Gambar 4. Grafik Pengukuran Tanah Jenis Tanah

Berdasarkan grafik, penggunaan zat aditif bentonit menghasilkan nilai tahanan tanah dan tahanan jenis tanah yang lebih rendah dibandingkan dengan tanah tanpa zat aditif maupun dengan tambahan garam. Hal ini menjelaskan bahwa bentonit merupakan aditif yang efektif untuk digunakan dalam sistem pentanahan.

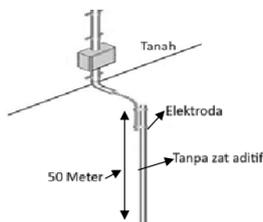
4.3. Hasil Perhitungan Pembumian Berdasarkan Hasil Pengukuran Tahanan Jenis Tanah untuk Mencapai $R < 1$ Ohm

1) Analisis Perhitungan Tahanan Pentanahan Tipe Satu Rod
Di sini, kita akan menggunakan persamaan (2) untuk melakukan perhitungan, dan hasilnya akan muncul dalam tabel di bawah:

Tabel 4. Nilai Tahanan Pembumian Tipe Satu Rod

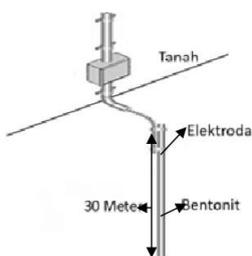
No	Nilai L	Tanpa Zat Aditif	Dengan Menggunakan Zat Aditif Bentonit (Ω)	Dengan Menggunakan Zat Aditif Garam (Ω)
1	5	6.932066	4.10707	6.16184
2	10	3.84033	2.27575	3.41363
3	15	2.70619	1.60367	2.4055
4	20	2.10732	1.24878	1.87317
5	25	1.73405	1.02759	1.54138
6	30	1.47786	0.87577	1.31365
7	35	1.29052	0.764753	1.14713
8	40	1.14723	0.679842	1.01976
9	45	1.0339	0.61268	0.919019
10	50	0.941886	0.558155	0.837232

Berdasarkan perhitungan tanpa zat aditif didapatkan hasil tahanan pembumian 0,941886 ohm dengan kedalaman 50 meter. Seperti pada gambar di bawah ini.



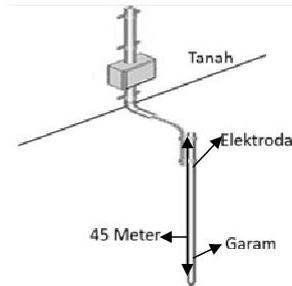
Gambar 4. Sistem Pembumian Tipe Satu Rod Tanpa Menggunakan Zat Aditif

Berdasarkan perhitungan dengan zat aditif bentonit didapatkan hasil tahanan pembumian 0,87577 ohm dengan kedalaman 30 meter. Seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 3. Sistem Pembumian Tipe Satu Rod Dengan Menggunakan Zat Aditif Bentonit

Berdasarkan perhitungan dengan zat aditif garam didapatkan hasil tahanan pembumian 0,919019 ohm dengan kedalaman 45 meter. Seperti pada gambar di bawah ini.



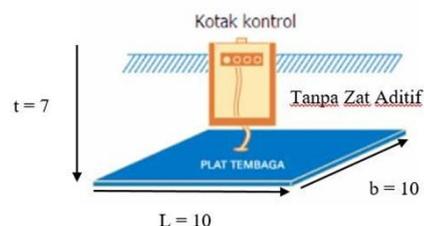
Gambar 4. Sistem Pembumian Satu Rod Dengan Menggunakan Zat Aditif Garam

2) Analisis Perhitungan Tahanan Pentanahan Tipe Pelat
Pada penelitian ini akan dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan (3) dengan hasil seperti tabel berikut :

Tabel 5. Nilai Tahanan Pembumian Tipe Pelat Dengan Nilai $L = 1$, $b = 1$ dan $t = 7$

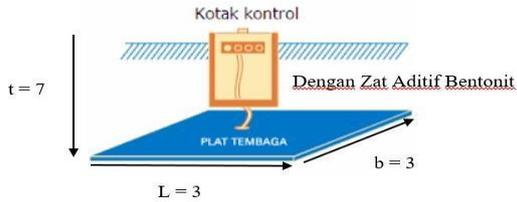
No	Nilai L dan b (m)	Nilai t (m)	Tanpa Zat Aditif	Dengan Menggunakan Zat Aditif Bentonit(Ω)	Dengan Menggunakan Zat Aditif Garam (Ω)
1	1	7	3,4	2	3
2	2	7	2	1,22	1,83
3	3	7	1,6	0,953	1,43
4	4	7	1,384	0,82	1,23
5	5	7	1,249	0,74	1,11
6	6	7	1,159	0,687	0,973
7	7	7	1,09	0,649	0,93
8	8	7	1,04	0,62	0,91
9	9	7	1	0,598	0,897
10	10	7	0,979	0,58	0,87

Berdasarkan perhitungan pada tabel 7 di dapatkan hasil dengan tinggi 7 meter adalah sebagai berikut tanpa zat aditif di dapat hasil tahanan pembumian 0,979 ohm dengan panjang dan lebar pelat 10 meter. Seperti pada gambar di bawah ini.



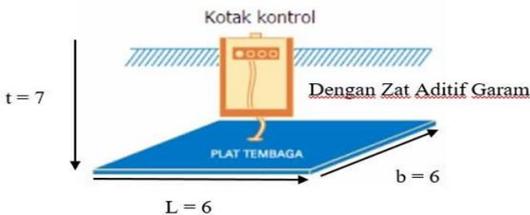
Gambar 6. Sistem Pembumian Tipe Pelat Tanpa Zat Aditif Dengan Nilai $t = 7$ m.

Dengan zat aditif bentonit di dapat hasil tahanan pembumian 0,953 ohm dengan panjang dan lebar pelat 3 meter. Seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 7. Sistem Pembumian Tipe Pelat Dengan Menggunakan Zat Aditif Bentonit Dengan Nilai $t = 7$ m

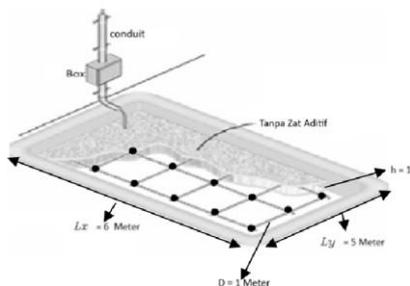
Dengan zat aditif garam di dapat hasil tahanan pembumian 0,958 ohm dengan panjang dan lebar pelat 6 meter. Seperti pada gambar di bawah ini.



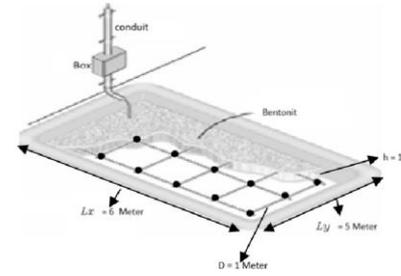
Gambar 8. Sistem Pembumian Tipe Pelat Dengan Menggunakan Zat Aditif Garam Dengan Nilai $t = 7$ m

3) Analisis perhitungan tahanan pentanahan tipe Grid – Rod

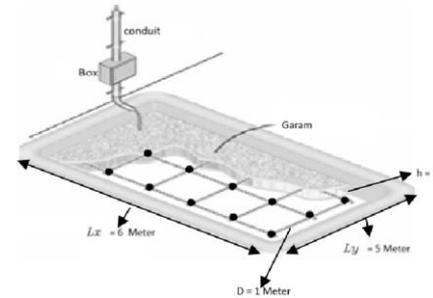
Pada penelitian ini akan dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan (7) dengan asumsi jarak antara elektroda (D) = 1 meter dengan hasil Tanpa zat aditif tahanan pembumian 0,921 ohm Dengan zat aditif bentonite di dapat hasil tahanan pembumian 0,717 ohm. Dengan zat aditif garam di dapat hasil tahanan pembumian 0,545 ohm.



Gambar 9. Sistem Pembumian Tipe Grid – Rod Tanpa Zat Aditif.



Gambar 10. Sistem Pembumian Tipe Grid – Rod Menggunakan Zat Aditif Bentonit.



Gambar 11. Sistem Pembumian Tipe Grid – Rod Menggunakan Zat Aditif Garam.

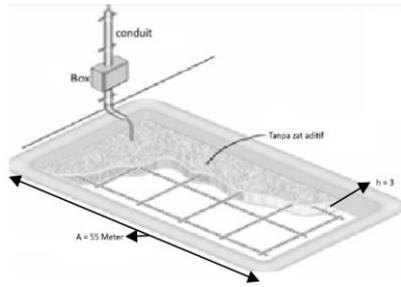
4) Analisis Perhitungan Tahanan Pentanahan Tipe Mesh

Pada penelitian ini akan dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan (8) dengan hasil seperti tabel berikut :

Tabel 9. Nilai Tahanan Pembumian Pentanahan Tipe Mesh.

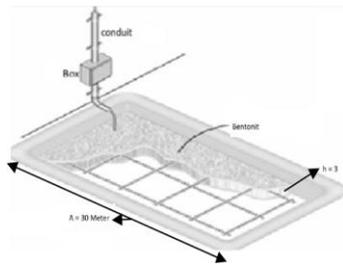
No	Nilai A dan Lc (m)	Nilai h (m)	Tanpa Zat Aditif (Ω)	Dengan Menggunakan Zat Aditif Bentonit (Ω)	Dengan Menggunakan Zat Aditif Garam (Ω)
1	5	3	7,266	4,3	6,459
2	10	3	3,848	2,28	3,42
3	15	3	2,699	1,599	2,399
4	20	3	2,119	1,256	1,884
5	25	3	1,768	1,047	1,571
6	30	3	1,531	0,907	1,361
7	35	3	1,361	0,806	1,209
8	40	3	1,231	0,73	1,095
9	45	3	1,13	0,669	1,004
10	50	3	1,048	0,621	0,931
11	55	3	0,98	0,581	0,871

Berdasarkan perhitungan pada tabel dengan panjang elektroda kedalaman penanaman 3 meter tanpa zat aditif membutuhkan panjang Mesh dan total panjang konduktor 55 meter dengan hasil hasil tahanan pembumian 0,98 ohm. Seperti pada gambar di bawah ini.



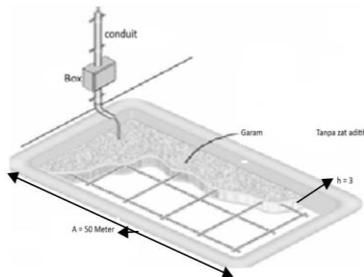
Gambar 12. Sistem Pembumian Tipe Mesh Tanpa Zat Aditif Dengan Nilai $h = 3$ m.

Zat aditif bentonit membutuhkan panjang Mesh dan total panjang konduktor 30 meter dengan hasil tahanan pembumian 0,907 ohm. Seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 13. Sistem Pembumian Tipe Mesh Menggunakan Zat Aditif Bentonit Dengan Nilai $h = 3$ m

Zat aditif garam membutuhkan panjang Mesh dan total panjang konduktor 50 meter dengan hasil tahanan pembumian 0,931 ohm. Seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 14. Sistem Pembumian Tipe Mesh Menggunakan Zat Aditif Garam Dengan Nilai $h = 3$ m

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pada penelitian terdapat beberapa hasil yang dapat disimpulkan yaitu:

- 1) Pada Berdasarkan hasil pengukuran, penggunaan zat aditif bentonit dan garam terbukti efektif dalam menurunkan tahanan pembumian dan

tahanan jenis tanah di Rumah Sakit Bali Mandara. Pada sistem pembumian satu Rod, nilai tahanan pembumian tanpa zat aditif adalah 0,942 ohm, sedangkan dengan penambahan bentonit turun menjadi 0,875 ohm dan dengan garam menjadi 0,919 ohm. Untuk sistem pembumian pelat pada kedalaman 7 meter, nilai tahanan tanpa zat aditif adalah 0,979 ohm, dengan bentonit turun signifikan menjadi 0,58 ohm, dan dengan garam menjadi 0,973 ohm. Pada sistem pembumian Grid-Rod, nilai tahanan tanpa zat aditif sebesar 0,921 ohm, dengan bentonit turun menjadi 0,545 ohm, dan dengan garam menjadi 0,591 ohm. Sementara itu, pada sistem pembumian mesh dengan kedalaman 3 meter, nilai tahanan tanpa zat aditif adalah 0,98 ohm, dengan bentonit turun menjadi 0,907 ohm, dan dengan garam menjadi 0,931 ohm. Selain itu, pemberian zat aditif juga berpengaruh pada penurunan tahanan jenis tanah. Tanpa zat aditif, tahanan jenis tanah adalah 33,912 $\Omega.m$ dengan nilai pengukuran 0,27 ohm. Dengan penambahan bentonit, tahanan jenis tanah turun menjadi 20,096 $\Omega.m$ (pengukuran 0,16 ohm), mengalami penurunan sebesar 13,81 $\Omega.m$ (40,7%). Sementara itu, dengan penambahan garam, tahanan jenis tanah turun menjadi 30,144 $\Omega.m$ (pengukuran 0,24 ohm), dengan penurunan sebesar 3,768 $\Omega.m$ (11,1%). Hasil ini menunjukkan bahwa bentonit lebih efektif dibandingkan garam dalam menurunkan tahanan jenis tanah.

- 2) Pada Gedung Kanker Rumah Sakit Bali Mandara tipe sistem pembumian yang ideal yaitu tipe satu rod tanpa zat aditif nilai tahanan pembumian 0,9418 ohm kedalaman 50 m.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] BSN (Badan Standardisasi Nasional), Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000), vol. 2000, no. PUIL. Jakarta: BSN (Badan Standardisasi Nasional), 2000.
- [2] Dewi, NWDPS., Janardana, IGN., Wijaya, WA. 2021. Pemanfaatan

- Pencampuran Gypsum Dengan Kalsium Oksida Sebagai Zat Aditif Pada Sistem Pembedaan. *Jurnal SPEKTRUM* Vol. 8, No. 3.
- [3] Erliza, Y., Abdul, M., Faisal; 2019, Studi Perlakuan Terhadap Tanah untuk Menentukan Nilai Resistansi dan Tahanan Jenis Pentanahan, Volume 3; Edisi 2; Palembang; *Jurnal Surya Energi*.
- [4] Erliza, Y., Muhammad A., Yosi, A; 2018, Analisis Ketinggian Zat Aditif Pada Box Elektroda Batang Terhadap Resistansi Pentanahan; Volume Palembang; *Jurnal 8; Teknik Edisi 1; Elektro*; Diakses Pada Hari Rabu, 18 November 2020
- [5] Hutaeruk, T S. 1987. Pentanahan Netral Sistem Tenaga dan Pentanahan Peralatan. Jakarta : Erlangga.
- [6] Janardana, IGN. 2005. Perbedaan Penambahan Garam Dengan Penambahan Bentonit Terhadap Nilai Tahanan Pentanahan Pada Sistem Pentanahan. *Teknologi elektro*, Vol 4, No 1.
- [7] Janardana, IGN. 2005. Pengaruh Umur Pada Beberapa Volume Zat Aditif Bentonit Terhadap Nilai Tahanan Pentanahan. *Teknologi elektro*, Vol 4, No 2.
- [8] Martin, Y., Despa, D., Afriani, L. 2018. Pengaruh Pencampuran Gypsum sebagai Zat Aditif untuk Penurunan Nilai Resistansi Grounding pada Elektroda Batang Tunggai. ISBN978-602-8692-34-2.
- [9] Pemana, Y. 2019. Analisa Pengaruh Kelarutan 500 Gram Serbuk Besi, Bentonit dan Garam Terhadap Nilai Tahanan Pembedaan Pada Tanah Pasir.
- [10] Sudaryanto. 2016. Analisis Perbandingan Nilai Tahanan Pembedaan Pada Tanah Basah, Tanah Berpasir dan Tanah Ladang. *Journal of Electrical Technology*, Vol. 1, No. 1.
- [11] Yusmartato, Harahap, R., Nasution, R., Ramadhani, S. 2021. Analisis Perbandingan Nilai Tahanan Pentanahan Di Gedung Dan Di Gardu Induk Pada Rumah Sakit Grand Mitra Medika Medan. SEMNASTEK UISU 2021, ISBN :978-623-7297- 39-0.
- [12] Yusmartato., Nasution R., Pelawi Z., dan Syaru R. 2021. Pengukuran Grounding Pada Gedung Rumah Sakit Grand Mitra Medika Medan *Journal of Electrical Technology*, Vol. 6, No.1.