

PENGARUH POTENSIAL HIDROGEN (pH) TANAH TERHADAP TAHANAN JENIS TANAH UNTUK MENDAPATKAN BENTUK SISTEM PEMBUMIAN

INA Seputra¹, IWA Wijaya², IGN Janardana³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana
Email

: mangadisaputra9@gmail.com¹, artawijaya@ee.unud.ac.id², janardana@unud.ac.id³

Abstrak

Pembumian adalah tindakan dasar untuk menjamin keamanan, keandalan operasi sistem dan memastikan keselamatan manusia serta makhluk hidup ketika terjadi gangguan tanah pada sistem tenaga listrik. Dalam penelitian mengenai sistem pembumian, hal yang harus diperhatikan adalah sifat tanah sebagai tempat dimana sistem pembumian tersebut akan dipasang. Adanya perbedaan jenis tanah dan tingkat keasaman akan berpengaruh pada kualitas keamanan dari sistem pembumian. Penelitian ini membahas tentang potensial hidrogen atau tingkat keasaman tanah untuk mendapatkan bentuk sistem pembumian yang sesuai pada tekstur tanah yang berbeda. Metode penelitian yang digunakan adalah pengukuran langsung tingkat keasaman dan tahanan jenis pada tekstur tanah yang berbeda. Serta menganalisa dengan menghitung optimalisasi 4 jenis sistem pembumian yaitu *Rod*, *Multiple Rod*, *Pelat*, *Mesh* dan *Grid-Rod* secara teknis.

Hasil analisis didapatkan bahwa pada masing-masing tanah memiliki tingkat keasaman yang berbeda. Semakin kuat tingkat keasaman tanah maka tahanan jenis yang dihasilkan akan semakin kecil. Tingkat keasaman yang baik digunakan untuk sistem pembumian yaitu ($pH < 7$). Tingkat keasaman yang tidak sama menyebabkan tahanan jenis tanah yang berbeda sehingga bentuk sistem pembumian akan bervariasi menurut tekstur dan jenis tanah tersebut.

Kata kunci : Sistem Pembumian, Keasaman tanah dan Tahanan Jenis Tanah.

Abstract

Grounding is a basic measure to guarantee the security, reliability of the operation of the system and ensure the safety of humans and living things when there is a ground disturbance in the electric power system. In research on the earthing system, what must be considered is the nature of the soil as the place where the grounding system will be installed. The difference in soil type and acidity will affect the safety quality of the grounding system. This study discusses the acidity of the soil to get an appropriate earthing system on different soil textures. The research method used is direct measurement of acidity and resistivity of different soil textures. As well as analyzing by calculating the optimization of 4 types of earthing system namely Rod, Multiple Rod, Plate, Mesh and Grid-Rod technically.

The results of the analysis found that each soil has a different level of acidity. The stronger the soil acidity, the smaller the type of resistance produced. A good acidity level is used for the grounding system ($pH < 7$). Unequal acidity causes different types of soil resistivity, so the shape of the grounding system will vary according to the texture and type of soil.

Keywords: *Grounding System, Soil Acidity and Soil Type Resistance.*

1. PENDAHULUAN

Penelitian mengenai sistem pembumian, hal yang harus diperhatikan adalah sifat-sifat tanah sebagai tempat dimana sistem pembumian tersebut akan dipasang. Testur pada jenis tanah yang berbeda akan mempunyai tahanan jenis (ρ) yang tidak sama. Tahanan tanah bervariasi menurut jenis tanahnya dikarenakan perbedaan konduktivitas dari masing-masing unsur penyusun tanah. Harga tahanan jenis tanah pada kedalaman yang

terbatas sangat bergantung dengan keadaan cuaca. Tahanan tanah juga bergantung dari jarak permukaan tanah terhadap permukaan air konstan. Salah satu faktor terjadinya perbedaan tahanan tanah adalah tingkat keasaman tanah. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka akan dilakukan penelitian mengenai tingkat keasamaan (pH tanah) terhadap tahanan jenis tanah pada kedalaman dan tanah yang berbeda untuk mendapatkan bentuk sistem pembumian yang sesuai. Sehingga

dapat digunakan sebagai acuan dalam perencanaan maupun pemasangan sistem pembumian secara efisien dan efektif.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 KlasikasiTanah

Ilmu kategorisasi tanah berdasarkan karakteristik yang membedakan masing-masing jenis tanah [1]. Dari sudut pandang teknis, tanah dapat digolongkan menjadi beberapa pokok yaitu : Tanah berbatu (*grave*), Tanah Lanau (*Silt*), Tanah berpasir (*Sand*) dan Tanah lempung (*Clay*).

2.2. Faktor Yang Mempengaruhi Tahanan Jenis Tanah

Faktor keseimbangan antara tahanan pembumian dan kapasitansi di sekelilingnya adalah tahanan jenis tanah (ρ). Harga tahanan jenis tanah pada daerah kedalaman yang terbatas tidaklah sama [2]. Beberapa faktor yang mempengaruhi nilai tahanan jenis tanah yaitu :

- a. Komposisi Zat Kimia Dalam Tanah
- b. Kandungan Air Tanah
- c. Temperatur Tanah
- d. Keasaman Tanah (pH)

2.3 Potensial Hidrogen (pH)

Tingkat keasaman atau potensial hidrogen (pH) tanah merupakan kondisi keterikatan antar unsur atau senyawa yang terdapat di dalam tanah, nilai pH tanah terdiri dari asam, netral dan alkalis. Nilai pH yang netral akan mempengaruhi tingkat penyerapan unsur hara, karena pada pH netral tersebut kebanyakan unsur hara mudah larut di dalam larutan tanah [3]. Suatu benda dikatakan bersifat asam jika angka skala pH kurang dari 7 dan disebut basa jika skala pH lebih dari 7.

2.3 Sistem Pembumian

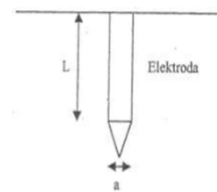
Suatu sistem pengamanan terhadap perangkat-perangkat yang mempergunakan listrik sebagai sumber tenaga yang menghubungkan bagian badan peralatan listrik dan instalasi yang dibumikan menggunakan elektroda pembumian sehingga dapat mengamankan komponen-komponen peralatan dan manusia dari gangguan baik itu gangguan surja petir dan hubung singkat. Sistem pembumian yang ideal dengan nilai tahanan pembumian mendekati nol atau < 1 Ohm [4].

2.4 Jenis – jenis Elektroda Pembumian

2.4.1 Elektroda Batang

Pembumian dengan elektroda batang merupakan sistem pembumian dengan elektroda terbuat dari pipa atau besi baja yang dilapisi tembaga yang penanamannya ditancapkan ke dalam tanah secara tegak lurus atau mendarat [5].

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



Gambar 1. Pembumian Satu Batang Elektroda Ditanam Vertikal

2.4.2 Elektroda Dua Batang Vertikal

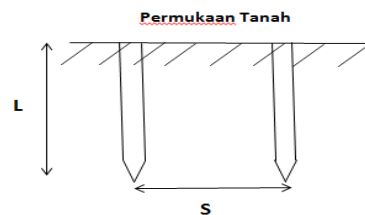
Sistem pembumian ini menggunakan dua batang elektroda berbentuk silinder dengan panjang (L) yang ditanam tegak lurus ke tanah dan jarak antar kedua elektroda tersebut (S) [5].

Untuk Untuk $S > L$:

$$R_{R2} = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{\alpha} - 1 \right) + \frac{\rho}{2\pi S} \left(1 - \frac{L^2}{3S^2} + \frac{2}{5} \frac{L^4}{S^4} \right) \dots\dots\dots(2)$$

Untuk $S < L$:

$$R_{R2} = \frac{\rho}{4\pi L} \left(\ln \frac{4L}{\alpha} + \ln \frac{4L}{S} - 2 + \frac{S}{2L} - \frac{S^2}{16L^2} + \frac{S^4}{512L^4} \right) \dots\dots\dots(3)$$

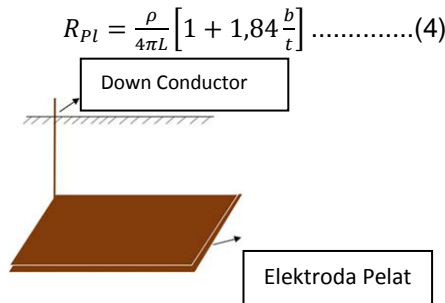


Gambar 2. Sistem Pembumian Dua Batang Elektroda Secara Vertikal

2.2.3 Elektroda Pelat

Sistem pembumian ini menggunakan elektroda dari bahan pelat logam (utuh atau berlubang) atau dari kawat kasa yang dipasang tegak lurus didalam tanah. Jika diperlukan beberapa pelat logam untuk memperoleh tahanan pembumian yang lebih rendah, maka jarak antara pelat

logam jika dipasang paralel dianjurkan minimum 3 meter [5].



Gambar 3. Sistem Pembumian Pelat

2.2.4 Sistem Pembumian Mesh

Sistem pembumian dengan konduktor yang ditanam secara sejajar (horizontal) yang terhubung satu sama lainnya sehingga berbentuk jaring-jaring yang ditanam sejajar pada permukaan tanah [5].

$$R_m = \rho \left[\frac{1}{L_c} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left(1 + \frac{1}{1+h\sqrt{\frac{20}{A}}} \right) \right] \dots\dots\dots(5)$$

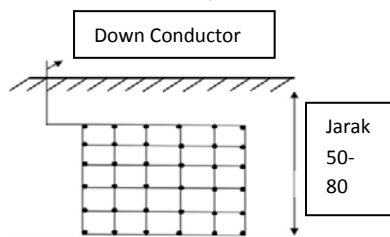


Gambar 4. Sistem Pembumian Mesh

2.2.5 Sistem Pembumian Grid - Rod

Pembumian *Grid-Rod* menggunakan batang-batang elektroda ditanam sejajar dibawah permukaan tanah, batang-batang ini terhubung satu dengan yang lain. Penggabungan sistem pembumian *Mesh* dan *Rod* sering disebut dengan sistem pembumian *Grid* [5].

$$R_G = \frac{R_1 R_2 - R_m^2}{R_1 + R_2 - 2R_m} \dots\dots\dots(5)$$

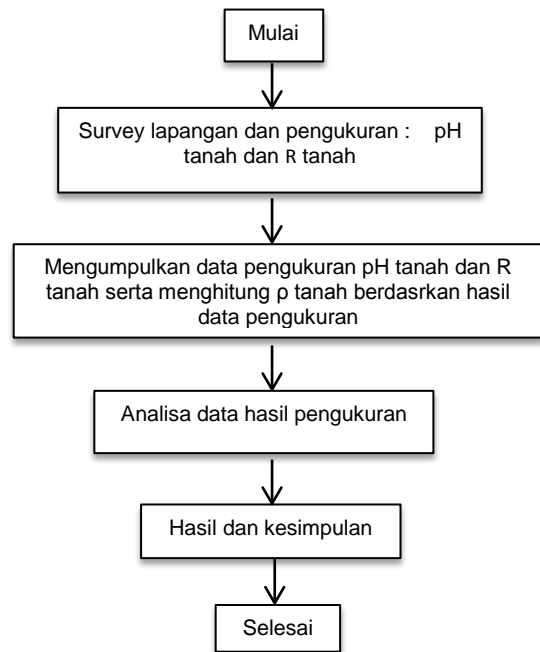


Gambar 5. Sistem Pembumian Grid Rod

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan pengukuran tingkat keasaman dan tahanan tanah (R) serta menghitung tahanan jenis (ρ) pada tanah basah, lempung, berpasir dan keras berbatu. Berikut tahapan penelitian :

1. Mengumpulkan dan menghitung data pengukuran tahanan jenis tanah sesuai dengan katalog alat ukur (Elohmi Z (42/35-86-2XP) $\rho = 2 \pi . a . R$).
2. Mengumpulkan data keasaman tanah (pH) pada masing-masing tanah.
3. Menganalisa pengaruh keasaman tanah (pH) terhadap tahanan jenis tanah.
4. Menghitung sistem pembumian *Rod*.
5. Menghitung sistem pembumian *Multiple Rod*.
6. Menghitung sistem pembumian *Plate*.
7. Menghitung sistem pembumian *Mesh*.
8. Menghitung sistem pembumian *Grid-Rod*.



Gambar 1. Alur Analisis

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengukuran Tahanan Tanah Pengukuran pH (Potensial Hidrogen) Tanah dan Tahanan Jenis Tanah (ρ).

Penelitian dilaksanakan pada tiga tempat, yang memiliki jenis tanah yang berbeda yaitu di Desa Demulih Bangli untuk tanah lempung dan tanah basah, Desa Ketewel Gianyar untuk tanah berpasir serta

Bukit Jimbaran Badung untuk tanah keras berbatu. Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran pH, Tahanan Tanah (R) dan Tahanan Jenis Tanah (ρ)

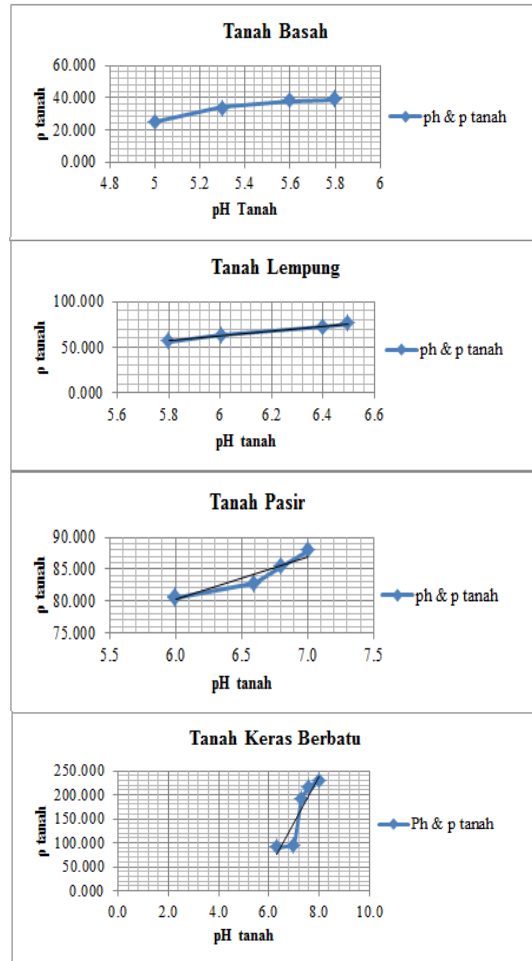
Tanah Basah				
No.	L (m)	ph	R (Ω)	ρ (Ω)
1	1	5,8	0,31	38,936
2	1,5	5,8	0,31	38,936
3	2	5,6	0,30	37,680
4	2,5	5,3	0,27	33,912
5	3	5,0	0,20	25,120
Tanah Lempung				
1	1	6,5	0,60	75,360
2	1,5	6,4	0,58	72,848
3	2	6,4	0,58	72,848
4	2,5	6,0	0,50	62,800
5	3	5,8	0,45	56,520
Tanah Pasir				
1	1	7,0	0,70	87,920
2	1,5	6,8	0,68	85,408
3	2	6,6	0,66	82,896
4	2,5	6,0	0,64	80,384
5	3	6,0	0,64	80,384
Tanah Keras Berbatu				
1	1	8,0	1,83	229,848
2	1,5	7,6	1,72	216,032
3	2	7,3	1,54	193,424
4	2,5	7,0	0,75	94,200
5	3	6,3	0,72	90,432

Berdasarkan tabel diatas diketahui nilai tahanan jenis tanah (ρ) adalah sebagai berikut : Tanah basah 38,936 Ω -meter dengan kadar keasaman tanah (pH) 5,8, Tanah Lempung 75,360 Ω -meter dengan tingkat keasaman 6,8, Tanah pasir 87,920 Ω -meter dengan tingkat keasaman tanah 7,0 dan Tanah Keras Berbatu 229,848 dengan tingkat keasaman tanah 8,0.

4.2 Pengaruh Potensial Hidrogen (pH) Tanah Terhadap Tahanan Jenis Tanah (ρ)

Berdasarkan hasil analisa tingkat keasamaan tanah mempengaruhi nilai dari tahanan jenis tanah tersebut. Tanah yang memiliki tingkat keasaman tanah tinggi (pH < 7) memiliki tesktur tanah yang kecil atau liat serta kondisi partikel tanah yang cukup lama untuk menyimpan air sehingga kandungan tingkat keasaman menjadi tinggi (asam) pada kedalaman yang cukup dangkal. Sedangkan pada tanah yang memiliki tingkat keasaman rendah (pH > 7) memiliki partikel penyusun tanah terdiri dari

butiran batu yang memiliki rongga udara sehingga titik jenuh air tanah dan pH tanah yang tinggi (asam) terdapat pada kedalaman yang cukup dalam. Dari data hasil pengukuran dan penelitian didapatkan bahwa pengaruh ph tanah terhadap tahanan jenis tanah berbanding terbalik, semakin besar kadar keasaman (pH) tanah maka tahanan jenis yang dihasilkan akan semakin kecil sehingga baik dalam mengalirkan muatan listrik.



Gambar 1. Kurva Potensial Hidrogen (pH) Terhadap Tahanan Jenis Tanah (ρ)

4.3 Analisis Sistem Pembumian Rod

Sistem pembumian ditanam dengan kedalaman 1 meter dan diameter batang elektroda (rod) adalah 2,54 cm sehingga a (jari-jari rod) = 0,0127 meter.

$$R = \frac{38,936}{2,3,14,1} \left[\ln \frac{4 \times 1}{0,0127} - 1 \right]$$

$$R = \frac{38,936}{6,28} \left[\ln \frac{4}{0,0127} - 1 \right]$$

$$R = 6,197 [314,96-1]$$

$$R = 6,197 \times 4,752$$

$$R = 29,45 \text{ Ohm.}$$

Untuk mendapatkan nilai R_{rod} sesuai standar aman, maka perlu dilakukan optimalisasi dengan merubah kedalaman pada tanah yang berbeda.

Tabel 2. Optimalisasi dengan merubah kedalaman elektroda pbumian

No	Jenis Tanah	pH	ρ (Ω)	L (m)	R_{rod} (Ω)
1	Basah	5,8	38,936	55	0,98
2	Lempung	6,5	75,360	114	0,99
3	Pasir	7,0	87,920	136	0,99
4	Keras	8,0	229,848	400	0,98

4.4 Analisis Sistem Pbumian *Multiple Rod*

Tahanan pbumian dari dua batang elektroda yang ditanam secara vertical. Penanaman dua batang elektroda dengan panjang (L) dan jarak antar elektroda (S).

1. Pbumian *Multiple rod S > L* (s = 5 meter dan L = 4 meter) didapatkan hasil sebagai berikut :

$$R_{R2} = \frac{38,936}{4,3,14,4} \left(\ln \frac{4,4}{0,0127} - 1 \right) + \frac{38,936}{2,3,14,5} \left(1 - \frac{4^2}{3,5^2} + \frac{2 \cdot 4^4}{5 \cdot 5^4} \right)$$

$$= \frac{38,936}{50,24} (7,14-1) + \frac{38,936}{31,4} (1- 0,213 + 0,065536)$$

$$= 0,775 (6,41) + 1,24 (0,852536)$$

$$= 4,96775 + 1,05714464$$

$$= 6,025 \Omega$$

2. Pbumian *Multiple rod S < L* (s = 4 meter dan L = 5 meter) didapatkan hasil sebagai berikut:

$$R_{R2} = \frac{38,936}{4,3,14,5} \left(\ln \frac{4,5}{0,0127} + \ln \frac{4,5}{4} - 2 + \frac{4}{2,5} - \frac{4^2}{16,5^2} + \frac{4^4}{512,5^4} \right)$$

$$= \frac{38,936}{62,8} \left(\ln \frac{20}{0,0127} + \ln \frac{20}{4} - 2 + \frac{4}{10} - \frac{16}{400} + \frac{256}{320000} \right)$$

$$= 0,62 (7,36 + 1,61 - 2 + 0,4 - 0,04 + 0,0008)$$

$$= 0,62 \times 7,33$$

$$= 4,545 \Omega.$$

Agar mendapatkan nilai resistansi ($R < 1\Omega$), akan dilakukan optimalisasi untuk mendapatkan nilai resistansi pbumian yang sesuai dengan standar yang ditetapkan, dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3. Hasil Perhitungan Resistansi Pbumian Tipe *Multiple Rod S > L* dan $S < L$

<i>Multiple Rod S > L</i>						
No.	Jenis Tanah	pH	ρ (Ω)	S (m)	L (m)	R (Ω)
1	Basah	5,8	38,9	34	33	0,96
2	Lempung	6,5	75,4	68	67	0,98
3	Pasir	7,0	87,9	81	80	0,98
4	Keras	8,0	229,8	230	229	0,98
<i>Multiple Rod S < L</i>						
1	Basah	5,8	38,9	28	29	0,97
2	Lempung	6,5	75,4	59	60	0,98
3	Berpasir	7,0	87,9	70	71	0,98
4	Keras	8,0	229,8	202	203	0,99

4.5 Analisis Sistem Pbumian Pelat

Kedalaman penanaman konduktor pada sistem pbumian *plate* adalah 1 meter :

$$R_{pl} = \frac{38,936}{4 \times 3,14 \times 1} \left[1 + 1,84 \frac{1}{1} \right]$$

$$R_{pl} = \frac{38,936}{4 \times 3,14 \times 1} [1 + 1,84 \times 1]$$

$$R_{pl} = \frac{38,936}{12,56} [1 + 1,84]$$

$$R_{pl} = 3,1 [2,84]$$

$$R_{pl} = 8,81 \text{ ohm}$$

Untuk mendapatkan nilai $R_{pelat} < 1$ Ohm, maka akan dilakukan optimalisasi dengan memparalelkan *plate*. Dimana untuk menghitung jumlah pelat lebih dari satu dipergunakan persamaan sebagai berikut :

$$R_{total} \left(\frac{1}{R_t} \right) = \frac{1}{8,81} + \frac{1}{8,81} + \frac{1}{8,81} + \dots + \frac{1}{R_{10}}$$

$$R_{total} (R_t) = \frac{8,81}{5} = 1,762 \text{ ohm}$$

$$N_{pelat} = \frac{8,81}{1,762} = 5 \text{ lembar pelat.}$$

Berdasarkan hasil memparalelkan pelat didapatkan hasil 1,762 dengan jumlah pelat yang digunakan sebanyak 5 buah. Untuk mendapatkan nilai resistansi yang sesuai standar ($R_{pelat} < 1$ Ohm).

Dengan merubah panjang dan lebar pelat serta menambah kedalaman pelat didapatkan pada tabel berikut :

Tabel 4. Hasil Perhitungan Resistansi Sistem Pbumian *Plate*

No	Jenis Tanah	L	b	h	R_{pl}	N_{pl}	R_{tot}
1	Basah	1	1	4	4,5	5	0,9
		1	2	3	2,5	3	0,8
2	Lempung	1	1	4	8,8	9	0,9

		1	2	4	4,4	5	0,8
3	Berpasir	1	1	4	10,2	11	0,9
		1	2	4	5,1	6	0,8
4	Keras	1	1	5	25,1	26	0,9
		1	2	5	12,5	13	0,9

4.6 Analisis Sistem Pembumian Mesh

1. Tanah Basah, lempung dan berpasir A = 240 m²; D = 1 m; h = 1m; L_c = 576 m. Resistansi sistem pembumian Mesh dapat dihitung dengan persamaan berikut :

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

$$R_g = 38,936 \left[\frac{1}{576} + \frac{1}{\sqrt{20 \times 240}} \left(1 + \frac{1}{1 + 1\sqrt{\frac{20}{240}}} \right) \right]$$

$$R_g = 0,2196 \text{ Ohm}$$

2. Tanah Keras Berbatu A = 280 m²; D = 1 m; h = 1m; L_c = 630 m. Resistansi sistem pembumian Mesh dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$R_g = 229,848 \left[\frac{1}{630} + \frac{1}{\sqrt{20 \times 280}} \left(1 + \frac{1}{1 + 1\sqrt{\frac{20}{280}}} \right) \right]$$

$$R_g = 0,6583 \text{ Ohm}$$

Tabel 5. Hasil Perhitungan Sistem Pembumian Mesh.

No	Jenis Tanah	ρ	A (m ²)	h (m)	R _{mesh} (Ω)
1	Basah	38,93	240	1	0,21
2	Lempung	75,36	240	1	0,42
3	Berpasir	87,92	240	1	0,49
4	Keras	229,8	280	1	0,66

Berdasarkan hasil analisis perhitungan didapatkan resistansi pembumian grid pada Tanah basah 0,21 Ω, tanah lempung 0,42 Ω, tanah pasir 0,49 Ω dan tanah keras berbatu 0,66 Ω. Untuk standar sistem pembumian yang aman (R < 1 Ω) sudah memenuhi standar aman.

4.7 Analisis Sistem Pembumian Grid – Rod

1. Tanah Basah, lempung dan berpasir A = 54 m²; D = 3 meter; L_c = 42 meter dengan h = 1,5 meter :

$$R_G = \frac{R_1 R_2 - R_m^2}{R_1 + R_2 - 2R_m} \text{ Ohm}$$

$$R_G = \frac{(0,6071 \times 0,7716) - 0,07364^2}{(0,6071 + 0,7716) - (2 \times 0,0736)}$$

$$R_G = 0,3490 \text{ Ohm}$$

5. Tanah Keras Berbatu A = 72 m²; D = 1 meter; L_c = 136 meter dengan h = 3 meter :

$$R_G = \frac{R_1 R_2 - R_m^2}{R_1 + R_2 - 2R_m} \text{ Ohm}$$

$$R_G = \frac{(2,0443 \times 2,0440) - 1,0867^2}{(2,0443 + 2,0440) - (2 \times 1,0867)}$$

$$R_G = 1,5654 \text{ Ohm}$$

Tabel 6. Hasil Analisa Perhitungan Sistem Pembumian Grid-Rod

No	Jenis Tanah	A (m ²)	L _r (m)	h (m)	R (Ω)
1	Basah	54	3,5	1,5	0,349
2	Lempung	54	3,5	1,5	0,725
3	Berpasir	54	3,5	1,5	0,848
4	Kering	72	3	3	0,987

Berdasarkan hasil analisis perhitungan didapatkan resistansi pembumian grid-rod pada tanah basah 0,3490 Ω, tanah lempung 0,7256 Ω, tanah pasir 0,8481 Ω dan tanah keras berbatu 0,9875 Ω. Untuk standar sistem pembumian yang aman (R < 1 Ω) sudah memenuhi standar aman.

V. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran dapat disimpulkan bahwa pengaruh kadar keasamaan tanah (pH) terhadap tahanan jenis tanah (ρ) adalah sebagai berikut :

1. Tanah basah, tanah lempung, tanah berpasir dan tanah keras berbatu memiliki keasamaan tanah (pH) yang berbeda.
2. Semakin tinggi tingkat keasamaan tanah maka tahanan jenis (ρ) yang dihasilkan akan semakin kecil.
3. Pada tanah yang memiliki tingkat keasamaan yang tinggi (asam) untuk mendapatkan tahanan pembumian yang rendah (R<1Ω) dapat menggunakan sistem pelat, mesh dan grid-rod.
4. Pada tanah yang memiliki tingkat keasamaan yang rendah (basa) untuk mendapatkan tahanan pembumian yang rendah (R<1Ω) dapat menggunakan sistem mesh dan grid-rod.

VI. SARAN

Saran yang diberikan dari hasil penelitian adalah sebagai berikut :

1. Agar mendapatkan hasil yang maksimal, rod yang akan digunakan saat penelitian dilapangan harus tembaga murni.
2. Pada tanah yang memiliki lapisan tanah yang berbeda perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aditya, L. 2017. Analisis Kegagalan Sistem *Grounding* & Penangkal Petir Pada Apartemen Pancoran *Riverside*. Jurnal Ilmiah Elektrokrisna Vol. 6 No.1 Oktober 2017.
- [2] Arif, M. 2011. Pengaruh penambahan zeolit teraktivasi terhadap tahanan pentanahan (Tugas Akhir). Universitas Lampung Bandar Lampung. 2011.
- [3] IEEE Std 80 (2000). *IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding*, IEEE Society, New York.
- [4] Janardana, IGN. 2005. Perbedaan Penambahan Garam dengan Penambahan Bentonit Terhadap Nilai Tahanan Pentanahan pada Sistem Pentanahan. Jurnal Teknologi Elektro. 4(1). 24-28.
- [5] Hardjowigeno, S. 1993. Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis. Edisi Pertama Akademi Presindo. Jakarta 130 Hal.
- [6] Hutauruk, TS. 1987. Pengetanahan Netral Sistem Tenaga dan Pengetanahan Peralatan. Jakarta : Erlangga.
- [7] Pasaribu, L. 2012. Studi Analisis Pengaruh Jenis Tanah, Kelembapan, Temperatur dan Kadar Garam Terhadap Tahanan Pentanahan Tanah (Tesis). Jakarta : Program Magister Teknik Elektro Fakultas Teknik Uniersitas Indonesia.
- [8] Setiono, A. 2015. Studi Pengaruh Kandungan Air Tanah Terhadap Tahanan Jenis Tanah Lempung (*Clay*). Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
- [9] Sudiartha, IW. I Ketut TA, Sangka, IGN. 2016. Analisis Pengaruh Jenis Tanah Terhadap Besarnya Nilai Tahanan Pentanahan. Jurnal Logic. Vol. 16. No.1. Maret 2016.