

## Analisa Sistem Pembumian Pada Pembangkit Listrik Tenaga Minihydro Di Tukad Balian Kabupaten Tabanan

I Made Darmayusa<sup>1</sup>, I Gusti Ngurah Janardana<sup>2</sup>, I Wayan Arta Wijaya<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

e-mail:madedarmayusa@gmail.com<sup>1</sup>, janardana@ee.unud.ac.id<sup>2</sup>,artawijaya@ee.unud.ac.id<sup>3</sup>

### Abstrak

Sistem pembumian (*Grounding System*) adalah suatu perangkat instalasi yang berfungsi untuk mengamankan arus lebih dan tegangan lebih listrik yang diakibatkan oleh petir maupun gangguan internal listrik dengan melepas muatan ke tanah. Salah satu faktor yang berpengaruh terhadap nilai resistansi pembumian adalah nilai resistansi jenis tanah. Pembangkit listrik tenaga minihydro di Tukad Balian Kabupaten Tabanan membutuhkan nilai resistansi tanah  $\leq 2$  Ohm. Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui karakteristik sistem pembumian pada pembangkit listrik tenaga minihydro di Tukad Balian Kabupaten Tabanan. Dan manfaat dari penelitian ini adalah agar didapatkan suatu data yang dapat digunakan sebagai acuan dari pemasangan/perencanaan sistem pembumian pembangkit listrik tenaga minihydro di Tukad Balian Kabupaten Tabanan.

Berdasarkan hasil analisa perhitungan sistem pembumian dengan beberapa tipe yang digunakan didapatkan hasil sebagai berikut : dengan menggunakan tipe satu batang elektroda (satu rod) untuk mendapat hasil resistansi pentanahan  $\leq 2\Omega$ , batang elektroda ditanam sedalam 13 meter. Dengan menggunakan tipe dua batang elektroda (dua rod)  $S > L$  untuk mendapatkan hasil pentanahan  $\leq 2\Omega$ , batang elektroda ditanam dengan panjang 7 meter dan jarak antara elektroda 9 meter. Dengan menggunakan tipe dua batang elektroda (dua rod)  $S < L$  untuk mendapatkan hasil pentanahan  $\leq 2\Omega$ , batang elektroda ditanam dengan panjang 8 meter dan jarak antara elektroda 2 meter. Dengan menggunakan tipe plat untuk mendapatkan hasil pentanahan  $\leq 2\Omega$ , diperlukan sebanyak 3 buah plat dengan kedalaman 1 meter. Dengan menggunakan tipe grid untuk diperoleh hasil pentanahan  $\leq 2\Omega$ , panjang elektroda yang diperlukan 45 meter.

**Kata Kunci:** Sistem Pembumian, Konduktif Tanah, Minihydro

### Abstract

Earthing systems (*Grounding System*) is a device that serves to secure the installation of overcurrent and overvoltage caused by lightning electricity or internal interruption of electricity by removing the payload to the ground. One of the factors that influence terhadap nilai resistansi earthing is resistivity value of the land. Mini-hydro power plants in Tukad Balian Tabanan regency require resistance value  $\leq 2$  Ohms. The purpose and benefits of the research was to determine the characteristics of the grounding system in the mini-hydro power plants in Tukad Balian Tabanan regency. And the benefits of this research is in order to get the data that can be used as a reference dari mounting / grounding system planning power plants Tukad Balian minihydro in Tabanan regency.

Based on analysis of the calculation of the earthing system with some type used sebagai obtained the following results: by using a single type of rod electrodes (one rod) to obtain the results of the grounding resistances  $\leq 2\Omega$ , rod electrodes implanted deep as 13 meters. By using two types of rod electrodes (two rod)  $S > L$  to get the grounding  $\leq 2\Omega$ , rod electrodes implanted with a length of 7 meters and the distance between the electrodes 9 meters. By using two types of rod electrodes (two rod)  $S < L$  to get the grounding  $\leq 2\Omega$ , rod electrodes implanted with a length of 8 meters and the distance between the electrodes 2 meters. By using the type of plate to get the grounding  $\leq 2\Omega$ , required as many as three pieces of plate with a depth of 1 meter. Using a type of grid to earthing  $\leq 2\Omega$  result, a long electrode required 45 meter.

**Keywords:** Grounding System, Conductive Land, Minihydro

### 1. Pendahuluan

Penelitian tentang pembangkit listrik tenaga minihydro telah banyak

dilakukan, salah satunya pembangkit minihydro menggunakan rancang bangun alat. Penelitian ini membahas tentang

analisa sistem pembumian minihydro di Tukad Balian, Kabupaten Tabanan.

Pembangkit minihydro yang direncanakan di Tukad Balian Kabupaten Tabanan sangat membutuhkan sistem pembumian untuk mengamankan komponen pembangkit dan manusia disekitarnya. Perancangan sistem pembumian harus dirancang dengan benar dan sesuai dengan prinsip-prinsip standar pembumian yang digunakan agar mendapatkan hasil pembumian yang baik, dimana semakin kecil resistansi pembumian itu semakin baik [1].

Nilai resistansi pembumian pada pembangkit listrik tenaga minihydro di Tukad Balian Kabupaten Tabanan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis tanah dan jenis sistem pembumian untuk mendapatkan resistansi pembumian yang sesuai standar  $\leq 2$  Ohm untuk pembangkit minihydro di Tukad Balian Kabupaten Tabanan.

Jovie (2000), melakukan penelitian mengenai Perancangan Pengetanahan peralatan Di Gardu Induk PLTU IPP (*Independent Power Producer*) Kaltim 3. Penelitian ini mengenai analisis resistansi jenis tanah mengguankan model lapisan tanah seragam didapatkan nilai resistansi jenis tanah rata-rata sebesar 650 Ohm-meter. Dalam perancangannya digunakan elektroda rod berdiameter 16mm dengan kedalaman batang konduktor 12 meter. Nilai resistansi pengetanahan dari perancangan sistem sebesar 3.936 Ohm. Nilai resistansi sudah memenuhi persyaratan maksimum yang direkomendasikan oleh IEEE yaitu  $\leq 5$  Ohm [3].

Dari latar belakang diatas dapat dirumuskan permasalahannya adalah bagaimanakah bentuk sistem pembumian yang tepat digunakan pada sistem pembangkit listrik tenaga minihydro di Tukad Balian Kabupaten Tabanan untuk mendapatkan nilai resistansi  $\leq 2$  Ohm. Dari permasalahan tersebut dalam penelitian dianalisis mengenai sistem pembumian untuk mengamankan sistem pembangkit listrik tenaga minihydro beserta manusia disekitarnya.

## 2. Pembumian

Pembumian adalah penghubung titik netral dari suatu sistem tenaga listrik atau badan dari tenaga listrik dengan tanah. Kontak dengan tanah dilakukan

dengan menanam elektroda kedalam tanah, yang selanjutnya disebut elektroda pembumian. Sedangkan resistansi pembumian adalah resistansi antara elektroda sistem pentanahan dengan elektroda lain pada jarak tertentu. Pembumian ada dua bagian yaitu pentanahan sistem dan pembumian peralatan.

Pembumian sistem tenaga listrik, yang ditanahkan adalah titik netral generator, titik netral trafo, dan hantaran netral. Dalam keadaan seimbang tidak ada arus yang mengalir melalui elektroda pembumian. Arus akan mengalir melalui elektroda pembumian apabila terjadi gangguan ke tanah atau pada keadaan tidak seimbang. Pembumian sistem dimaksudkan untuk membatasi tegangan fasa-fasa yang terganggu, serta mengatasi arus ke tanah.

Pembumian peralatan adalah penghubung badan atau rangka peralatan listrik (motor, generator, transformator, pemutus daya dan bagian logam lainnya yang pada keadaan normal tidak dialiri listrik) dengan tanah. Apabila terjadi gangguan ke tanah disekitar peralatan tersebut akan terjadi *gradient* tegangan. Gangguan tersebut akan menimbulkan tegangan langkah, tegangan sentuh, dan tegangan pindah yang dapat membahayakan keselamatan manusia apabila perencanaan pembumian tidak dilakukan dengan baik [3].

### 2.1 Sifat-sifat dari Sistem Pembumian

Resistansi arus yang melewati sistem elektroda tanah memiliki tiga komponen, yaitu resistansi pasak itu sendiri dan yang berhubungan dengannya, resistansi kontak antara pasak dengan tanah, resistansi tanah disekitarnya.

Pasak dengan resistansi seragam yang ditanam ke dalam tanah akan menghubungkan arus ke semua jurusan. Suatu pasak yang ditanamkan ke dalam tanah terdiri atas beberapa lapisan tanah dengan ketebalan yang sama. Lapisan tanah yang terdekat dengan pasak dengan sendirinya memiliki permukaan yang lebih sempit, sehingga memberikan resistansi yang lebih besar. Lapisan berikutnya karena lebih luas, memberikan resistansi yang lebih kecil. Demikian seterusnya sehingga pada beberapa jarak tertentu dari pasak, lapisan tanah tidak menambah

besarannya resistansi tanah di sekitar pasak, jarak ini disebut daerah resistansi efektif [6].

Untuk mendapatkan nilai R pembumian  $\leq 2 \Omega$  dapat di cari dengan cara [5] :

1. Analisa perhitungan resistansi pembumian dengan metode satu batang elektroda (satu rod) :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left( 1n \frac{4L}{\alpha} - 1 \right) (\Omega)$$

2. Analisa perhitungan resistansi pembumian dengan metode dua batang elektroda ( dua rod )  $S > L$

$$R_{d_2} = \frac{\rho}{4\pi L} \left( 1n \frac{4L}{\alpha} - 1 \right) + \frac{\rho}{4\pi S} \left( 1 - \frac{L^2}{3S^2} + \frac{2L^4}{5S^4} + \dots \right)$$

3. Analisa perhitungan resistansi pembumian dengan metode dua batang elektroda (dua rod)  $S < L$

$$R_{d_2} = \frac{\rho}{4\pi L} \left( 1n \frac{4L}{\alpha} + 1n \frac{4L}{S} - 2 + \frac{S}{2L} - \frac{S^2}{16L^2} + \frac{S^4}{512L^4} \dots \right)$$

4. Analisa perhitungan resistansi pembumian dengan metode pelat

$$R = \frac{\rho}{4\pi L} \left( 1n \frac{4L}{\alpha} + \frac{a^2 - \pi ab}{2 + (a+b)^2} + 1n \frac{4L}{S} - 1 + \frac{S}{2L} - \frac{S^2}{16L^2} + \frac{S^4}{512L^4} \dots \right)$$

5. Analisa perhitungan resistansi pembumian dengan metode grid

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

## 2.6 Jenis-jenis Elektroda Pembumian

Jenis-jenis elektroda pembumian yang biasa dipergunakan, antara lain :

- a. Elektroda pita

Elektroda pita adalah elektroda yang terbuat dari hantaran berbentuk pita atau berpenampang bulat atau hantaran pilin yang pada umumnya ditanam secara pipih. Cara penanaman bisa radial atau lingkaran atau penggabungan dari bentuk tersebut dengan kedalaman pemasangan minimal 0.5m.

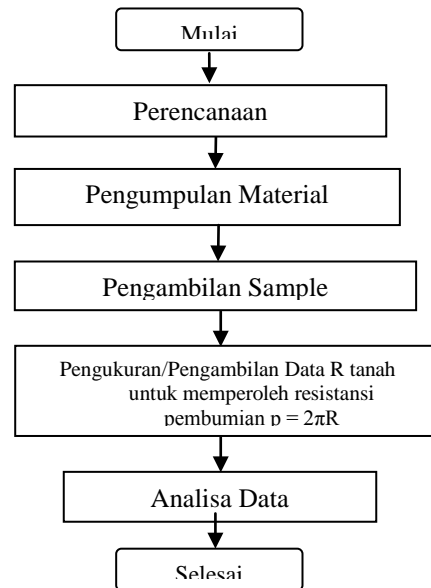
- b. Elektroda Rod

Elektroda rod atau elektroda pasak adalah elektroda dari besi baja yang dilapisi oleh tembaga atau pipa yang ditancapkan kedalam tanah dengan cara tegak lurus atau mendatar[7].

## 3. Metodologi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Pembangkit Listrik Tenaga Minihydro Tukad Balian Kabupaten Tabanan dari bulan Agustus sampai September 2015.

Untuk bagan alur penelitian bisa dilihat pada Gambar 1. :



Gambar 1. Bagan Alur Penelitian

### 3.1 Bahan Penelitian

Beberapa bahan penelitian yang akan digunakan untuk mendapatkan hasil yang akurat, antara lain.

1. Subjek penelitian adalah jenis tanah di lokasi penelitian di Tukad Balian Kabupaten Tabanan.
2. Elektroda, panjang 40cm diameter 1,1 mm berbahan tembaga
3. Martil
4. Linggis

Alat untuk mengukur tahanan tanah yang digunakan adalah *Ground Resistance* meter dengan spesifikasi sebagai berikut.

1. Merek EIOhmi Z
2. Model 42/ 35-86-2 XP
3. Jumlah Terminal 4 Buah (E,ES,S,H)
4. Perubahan skala pengukuran dilakukan secara manual dengan menekan *switch on* dan *off* pada  $R_E$

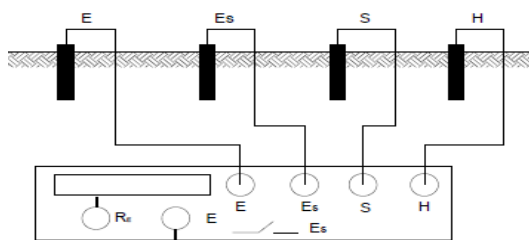
### 3.2 Cara Pengukuran Dan Cara Pengambilan Data

Cara mendapatkan data dalam penelitian dan langkah-langkah untuk pengukuran pada analisis ini antara lain :

1. Menyiapkan bagian-bagian dari alat arde tester yang akan dipakai dalam mengukur resistansi tanah.
2. Memasang 3 buah batang pasak bantu dengan panjang setiap pasak 40 cm dan satu pasak yang diukur dengan panjang

- 40 cm pada tanah, pada tempat yang berbeda dan jarak Antara pasak 20 meter.
3. Pemasangan atau penyambungan kabel pada masing-masing rod dengan jarak anatara rod sama yaitu 20 meter.
  4. Pengukuran resistansi jenis tanah dengan elektroda seperti Gambar 3.1 .
  5. Hubungkan kabel penghubung ke terminal alat ukur ( E, ES, S, H ).
  6. Apabila kabel terhubung seluruhnya, maka lakukan pengukuran dengan terlebih dahulu menutup switch E dan ES.
  7. Pengukuran dimulai dengan cara menekan switch pada  $R_E$  kearah atas.
  8. Pengukuran resistansi tanah dilakukan secara otomatis sehingga didapat resistansi pembumian yang dikehendaki.
  9. Masukkan hasil pengukuran pada rumus resistansi jenis tanah,  $\rho_a = 2\pi.A.R.$  sehingga diperoleh resistansi jenis tanah yang dikehendaki.
  10. Pengukuran resistansi jenis tanah dilakukan pada kondisi dan lokasi yang sama sebanyak 3 (tiga) kali pengukuran setiap hari pada pukul 09.00, 12.00 15.00 WITA selama 5 hari dan diambil nilai tertinggi dari hasil pengukuran tersebut.

Untuk Gambar pengukuran resistansi jenis tanah bisa dilihat pada Gambar 2 :



Gambar 2. Pengukuran Resistansi Jenis Tanah

### 3.3 Definisi Operasional Variabel

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian dapat didefinisikan sebagai berikut.

1. Resistansi pembumian adalah resistansi antara elektroda sistem pembumian dengan elektroda lain dengan satuan Ohm
2. Resistansi jenis tanah merupakan faktor keseimbangan antara resistansi dan kapasitas disekelilingnya yang tergantung pada jenis tanah, lapisan tanah, kelembaban tanah dan temperatur.

3. Elektroda batang adalah elektroda dari batang tembaga dengan panjang 40 cm dan diameter 1,1 cm seperti katalog alat ukur.
4. Tanah yg jadi tempat penelitaian adalah jenis tanah pada lokasi Pembangkit Listrik Tenaga Minihydro di Tukad Balian Kabupaten Tabanan.
5. Alat ukur *Ground Resistance Meter* adalah alat ukur untuk mengukur resistansi jenis tanah dan resistansi pembumian dengan spesifikasi alat merk EIOhmi Z, Model 42/35-86-2 XP, Berat mendekati 0.8 Kg dengan 4 buah terminal (E, ES, S, H).

## 4. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan dari karya ilmiah yang dilakukan ini adalah sebagai berikut.

### 4.1 Potensi PLTM di Desa Lumbung Kauh Kabupaten Tabanan

Wilaya pembangunan pembangkit listrik tenaga minihidro ditukad balian kabupaten tabanan yang direncanakan oleh PT. Bali Energi Indonesia terletak di aliran sungai Tukad Balian, Desa Lumbung Kauh, kecamatan Slemadeg Barat, Kabupaten Tabanan. Sungai di Tukad Balian memiliki lebar kurang lebih 20m dan luas daerah aliran sungai kurang lebih 149Km<sup>2</sup>. Sungai di Tukad Balian merupakan sala satu sungai terbesar di Kabupaten Tabanan yang mempunyai potensi debit rata-rata sebesar 6.50m<sup>3</sup>/detik.

Dalam perencanaan PT. Bali Energi pengukuran besarnya debit air di Sungai Tukad Balian menggunakan metode pengukuran yaitu.

### 4.2 Pembumian PLTM di Tukad Balian Kabupaten Tabanan yang Direncanakan Berdasarkan dari Dokumen PT. Bali Energi

Pembumian utama dari PLTM di las pada semua komponen termasuk generator, turbin dan panel akan dihubungkan kedalam tanah dengan kabel tembaga. Pembumian di switchyard dan di klem pada cincin kabel tembaga yang dihubungkan ke terminal pembumian. Resistansi kombinasi ke dalam tana dari panel utama harus memiliki nilai lebi kecil dari pada 2Ω.

Penelitian dilakukan selama 5 (lima) hari berturut-turut dengan

pengukuran setiap harinya sebanyak 3 kali pengukuran yaitu pukul 09.00, pukul 12.00 dan pukul 15.00 WITA dan berulang-ulang dengan kondisi yang sama dan diukur diukur adalah nilai resistansi tanah ( R tanah) untuk mendapatkan nilai resistansi jenis tanah (  $\rho$  tanah). Hasil pengukuran seperti pada Tabel 1 [8].

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Resistansi Tanah (R tanah)

No	Hari ke-	Pukul I	Pukul I	Pukul I	Nilai Resistansi Tanah	Nilai resistansi Jenis Tanah
		09.00	12.00	15.00		
1	I	0,17 $\Omega$	0,18 $\Omega$	0,18 $\Omega$	0,18	22,61
2	II	0,17 $\Omega$	0,18 $\Omega$	0,18 $\Omega$	0,18	22,61
3	III	0,18 $\Omega$	0,18 $\Omega$	0,18 $\Omega$	0,18	22,61
4	IV	0,17 $\Omega$	0,18 $\Omega$	0,18 $\Omega$	0,18	22,61
5	V	0,17 $\Omega$	0,18 $\Omega$	0,18 $\Omega$	0,18	22,61
Rata - Rata					0,18	22,61

**4.3 Analisa Perhitungan Resistansi Pembumian Dengan Metode Satu Batang Elektroda ( Satu Rod )**

Analisis sistem pembumian satu rod pada pembangkit listrik tenaga

P	L	a	Rd
22,61	13	0,025	1,83896601
22,61	14	0,025	1,72666932
22,61	15	0,025	1,62811778
22,61	16	0,025	1,54088287
22,61	17	0,025	1,46308199
22,61	18	0,025	1,39323235
22,61	19	0,025	1,33014956
22,61	20	0,025	1,27287569
22,61	21	0,025	1,22062733
22,61	22	0,025	1,17275731
22,61	23	0,025	1,12872614
22,61	24	0,025	1,08808039
22,61	25	0,025	1,05043607
22,61	26	0,025	1,01546572
22,61	27	0,025	0,98288837
22,61	28	0,025	0,95246146

minihydro dapat dihitung.

Dimana:

$\pi = 3.14$

a (jari-jari elektroda pembumian) = 0.025 m

p (resistansi jenis tanah) = 22.61  $\Omega$ -m

R (resistansi pembumian) =  $\leq 2 \Omega$

L (panjang elektroda pemumian = .....m ?

sehingga :

Untuk mendapatkan nilai R pembumian  $\leq 2 \Omega$ , maka dengan menggunakan satu batang elektroda ( satu rod ) kedalaman elektroda minimal harus 13 meter.

**4.4 Analisa Perhitungan Resistansi Pembumian Dengan Metode Dua Batang Elektroda (Dua Rod) S >L**

Analisis sistem pembumian dua rod pada pembangkit listrik tenaga minihydro dapa dihitung dengan cara.

Dimana :

p (resistansi jenis tanah = 22,61  $\Omega$ -m

a (jari-jari elektroda pembumian) =0,025 m2

R (resistansi pembumian) =  $\leq 2 \Omega$

untuk :

S (jarak antara kedua elektroda) =.....m?

L (panjang elektroda pembumian)=.....m?

Sehingga :

P	L	a	S	Rd2
22,61	6	0,025	8	1,971543444
22,61	7	0,025	9	1,737379223
22,61	8	0,025	10	1,556017295
22,61	9	0,025	11	1,411058787
22,61	10	0,025	12	1,292323881
22,61	11	0,025	13	1,193142884
22,61	12	0,025	14	1,108954574
22,61	13	0,025	15	1,036528973
22,61	14	0,025	16	0,97351164
22,61	15	0,025	17	0,918143931
22,61	16	0,025	18	0,869084516
22,61	17	0,025	19	0,825291713
22,61	18	0,025	20	0,785943679
22,61	19	0,025	21	0,750382938
22,61	20	0,025	22	0,718076972
22,61	21	0,025	23	0,688589681

Untuk mendapatkan nilai R pembumian  $\leq 2 \Omega$ , maka dengan menggunakan satu batang elektroda ( satu rod ) kedalaman elektroda minimal harus L=7 meter dan S=9 meter.

**4.5 Analisa Perhitungan Resistansi Pembumian Dengan Metode Pelat**

Analisis sistem pembumian pelat pada pembangkit listrik tenaga minihydro dapa dihitung dengan cara:

Dimana :



- $\rho$  (resistansi jenis tanah) = 22,61  $\Omega$ -m
- $a$  (panjang sisi pelat tegak lurus permukaan tanah) = 0,5 m
- $s$  (jarak pelat dari permukaan tanah) = 0.5 m
- $b$  (panjang sisi pelat sejajar permukaan tanah) = 1 m
- $L$  panjang elektroda pembumian ( $a + s$ ) = 1 m
- $R$  (resistansi tanah) =  $\leq 2 \Omega$

Sehingga :

P	a	S	b	L	R
22,61	0,5	0,5	1	1	5,580577915
22,61	1	1	1	2	3,305662182
22,61	2	2	1	4	4,964936568
22,61	3	3	1	6	59,08332873
22,61	4	4	1	8	450,7661019
22,61	5	5	1	10	2174,424816
22,61	6	6	1	12	7831,192817
22,61	7	7	1	14	23093,74795
22,61	8	8	1	16	58879,99069
22,61	9	9	1	18	134377,3069
22,61	10	10	1	20	281059,1713
22,61	11	11	1	22	547835,852
22,61	12	12	1	24	1007480,979
22,61	13	13	1	26	1764475,736
22,61	14	14	1	28	2964412,446
22,61	15	15	1	30	4805099,299

**4.6 Analisa Perhitungan Resistansi Pembumian Dengan Metode Grid**

Analisis sistem pembumian Grid pada pembangkit listrik tenaga minihydro dapat dihitung dengan cara.

Dimana diketahui :

- $\rho$  ( resistansi jenis tanah ) = 22.61  $\Omega$  - m
- $L$  ( panjang keseluruhan rod ) = 44.17 m
- $A$  ( Untuk luas grid ) = 45 m<sup>2</sup>
- $h$  (tinggi penanaman grid) = 1 m
- $R = \leq 2 \Omega$

Sehingga :

P	L	A	h	Rd2
22,61	44,17	45	1	1,716
22,61	44,17	46	1	1,702

22,61	44,17	47	1	1,693
22,61	44,17	48	1	1,679
22,61	44,17	49	1	1,668
22,61	44,17	50	1	0,947

Untuk nilai  $R = \leq 2 \Omega$  maka luas grid yang dibutuhkan adalah 45 m<sup>2</sup>.

**5. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis perhitungan sistem pembumian dengan beberapa metode yang digunakan didapatkan hasil sebagai berikut :

- a. Dengan menggunakan metode satu batang elektroda (satu rod) untuk memperoleh hasil resistansi pembumian  $\leq 2$ , batang elektroda ditanam sedalam 13 meter.
- b. Dengan menggunakan metode dua batang elektroda (dua rod)  $S > L$  untuk memperoleh hasil resistansi pembumian  $\leq 2$ , batang elektroda ditanam dengan panjang 7 meter dan jarak antara elektroda 9 meter.
- c. Dengan menggunakan metode dua batang elektroda (dua rod)  $S < L$  untuk memperoleh hasil resistansi pembumian  $\leq 2$ , batang elektroda ditanam dengan panjang 8 meter dan jarak antara elektroda 2 meter.
- d. Dengan menggunakan metode pelat untuk memperoleh hasil resistansi pembumian  $\leq 2$ . Diperlukan panjang elektroda pembumian 1 meter.
- e. Dengan menggunakan metode grid untuk memperoleh hasil resistansi pembumian  $\leq 2$ . Luas yang diperlukan adalah 45 meter dengan jarak antara elektroda adalah 3,55 m x 3,55 m x 3,55 m x 3,55 m..
- f. Dengan menggunakan metode ring (cincin) untuk memperoleh hasil resistansi pembumian  $\leq 2$ , batang elektroda ditanam sedalam 7 meter.

**Daftar Pustaka**

- [1] Arismunandar, A. Buku Pegangan Teknik Tenaga Listrik-Gardu Induk. Jakarta : PT.Pradnya Paramita. 1991.
- [2] Johari. Instalasi Pentanahan Dan Proteksi Gangguan Ke Tanah pada Pembangkit Multi Generator Di Sistem Kelistrikan PT. Wilmar Nabati Gresik. Jurnal TEKNIK POMITS. Vol 1. No.1. 2012

- [3] Jovie. Perancangan Pengetanahan peralatan Di Gardu Induk PLTU IPP (Independent Power Producer) Kaltim 3. Jurnal. Malang : Universitas Brawijaya. 2000.
- [4] Gita Candra,IM. Perbandingan Elektroda Tembaga Murni Dengan Baja Berlapis Tembaga Terhadap Nilai Resistansi Pentanahan. Tugas Akhir : Denpasar : Program Studi Teknik Elektro Universitas Udayana. 2000
- [5] Hutaaruk, TS. Pentanahan Netral Sistem Tenaga Dan Pentanahan Peralatan. Jakarta : Erlangga. 1987
- [6] Pabla, AS. Terjemahan Hadi, A. *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Jakarta : Erlangga. 1987.
- [7] Badan Standarisasi Nasional. Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2012 (PUIL 2012). Jakarta. Yayasan PUIL. 2012
- [8] SSM. Studi Kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Mini Hydro (PLTM) Tukad Balian, Kabupaten Tabanan, Indonesia. Jakarta: PT Bali Energi Indonesia. 2013