

# Pengembangan Sistem Penangkal Petir dan Pentanahan Elektroda Rod dan Plat

Makmur Saini<sup>1,a</sup>, A. M. Shiddiq Yunus<sup>2,b</sup> dan Andareas Pangkung<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Teknik Pembangkit Energi, Politeknik Negeri Ujung Pandang,

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Ujung Pandang,

Jalan Perintis kemerdekaan KM. 10 Tamalanrea, Makassar 90245, Indonesia

<sup>a</sup> makmur.saini@poliupg.ac.id

<sup>b</sup> shiddiq@poliupg.ac.id

**Abstract**—The specific objective of this research is to produce a system of internal lightning and external lightning rod with grounding which has been widely used in industries such as lightning protection and grounding system of substation, transmission lines and coupling wire used in high-rise buildings either belong to government or private property. In this study, lightning rod is located outside the building structure that serves to catch or receive the bolt of lightning and the lightning deliver to the ground safely. In this study there were 5 different depths of electrode rod; 3 m, 5 m, 7 m, 9 m, and 12 m, moreover, 5 wide variety of electrode plate that are  $1 \times 1 \text{ m}^2$ ,  $0,75 \times 0,75 \text{ m}^2$ ,  $0,5 \times 0,5 \text{ m}^2$ ,  $0,35 \times 0,35 \text{ m}^2$ ,  $0,25 \times 0,25 \text{ m}^2$ . For grounding electrode rod with a depth of 3 m, 5 m, 7 m, 9 m, 12 m in dry conditions grounding resistance values obtained ranged from 1.55 to 2.03 Ohm. For moist soil conditions, grounding resistance values obtained ranged from 2.21 to 2.60 Ohm. For wet soil conditions grounding resistance values obtained ranged from 1.97 to 2.34 Ohm. For grounding plate,  $R_{11}$  and  $R_{12}$  on the dry conditions grounding resistance values obtained ranged from 2.08 to 2.45 Ohm. For moist soil conditions grounding resistance values obtained ranged from 1.88 to 2.18 Ohm. For wet soil conditions grounding resistance values obtained ranged from 1.55 to 2.06 Ohm. On the external lightning rod with two added electrodes with a depth of 12 m and then connected in parallel with the electrode plate to get the smallest value of grounding resistance in accordance with the standards prescribed.

**Keywords**—*Electrode; Rod; Plate; Resistance Value and Grounding*

**Abstrak**—Tujuan spesifik dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan internal dan external lightning dengan pentanahan yang telah banyak digunakan di industry seperti lightning protection dan sistem penanahan dari gardu induk, transmission lines dan coupling wire yang digunakan pada bangunan pencakar langit baik milik pemerintah maupun milik swasta. Dalam penelitian ini, lightning rod ditempatkan di luar struktur bangunan yang bertujuan untuk menangkap atau menerima petir dan menyalurkannya ke tanah secara aman. Dalam studi ini ada 5 kedalaman dari elektroda rod yang diujikan yakni: 3 m, 5 m, 7 m, 9 m, dan 12 m. Selanjutnya ada 5 variasi lebar dari elektroda plat yang diujikan yakni  $1 \times 1 \text{ m}^2$ ,

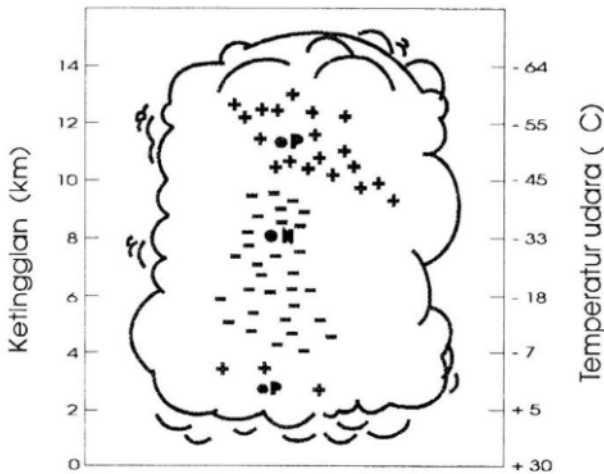
$0,75 \times 0,75 \text{ m}^2$ ;  $0,5 \times 0,5 \text{ m}^2$ ;  $0,35 \times 0,35 \text{ m}^2$ ;  $0,25 \times 0,25 \text{ m}^2$ . Untuk pentanahan elektroda rod, dengan kedalaman 3 m, 5 m, 7 m, 9 m, 12 m pada kondisi tanah kering, nilai tahanan pentanahan yang diperoleh adalah berkisar 1,55 sampai 2,03 Ohm. Untuk tanah lembab, nilai tahanan pentanahan adalah berkisar 1,97 sampai 2,60 Ohm. Adapun untuk tanah basah nilai yang diperoleh adalah antara 1,97 sampai 2,34 Ohm. Adapun untuk pentanahan dengan plat  $R_{11}$  dan  $R_{12}$  pada tanah kering diperoleh nilai tahanan pentanahan dengan kisaran antara 2,08 sampai 2,45 Ohm. Untuk tanah jeni lembab diperoleh nilai tahanan pentanahan pada kisaran 1,88 hingga 2,18 Ohm. Adapun untuk tanah basah diperoleh nilai antara 1,55 hingga 2,06 Ohm.

**Kata Kunci**—*Elektroda, Rod, Plat, Nilai Tahanan dan Pentanahan*

## I. Pendahuluan

Petir adalah peristiwa pelepasan muatan listrik di udara, yang terjadi diantara awan dengan awan, antara pusat-pusat muatan di dalam awan tersebut, dan antara awan dengan tanah. Diantara tiga kemungkinan diatas, pelepasan muatan itu lebih sering terjadi antara awan dengan awan dan di dalam awan itu sendiri dibanding pelepasan muatan yang terjadi awan dengan tanah. Akan tetapi walaupun lebih jarang, petir awan – tanah ini sudah cukup besar untuk dapat menyebabkan kerusakan pada benda-benda yang ada di permukaan tanah. Secara garis besar dapat dinyatakan bahwa terjadinya petir merupakan hasil dari proses pada atmosfer sehingga muatan terkumpul pada awan. Muatan pada awan ini menginduksikan muatan lain di bumi, dan petir terjadi jika potensial antara bumi dan awan lebih besar dari tegangan tembus kritis udara. Distribusi muatan awan, pada umumnya dibagian atas ditempati oleh muatan

positif, sementara itu dibagian bawah awan yang ditempati oleh muatan negatif. Sambaran akan diawali oleh kanal muatan negatif, menuju daerah yang terinduksi positif. Hal ini menyebabkan sambaran yang terjadi umumnya adalah sambaran muatan negatif dari awan ke tanah. Polaritas awan tidak hanya berpengaruh pada arah sambaran akan tetapi berpengaruh juga pada besar arus sambarannya, gambar 1 memperlihatkan kemungkinan distribusi muatan awan petir yang umum terjadi [1].



Gambar.1. Kemungkinan distribusi muatan awan petir yang umum terjadi [1]

A. Sistem Pentanahan

Pada dasarnya sistem pentanahan adalah peralatan yang terdiri dari elektroda pentanahan yang dibutuhkan bersama hantaran pentanahan. Elektroda pentanahan dapat berupa batang yang ditanam tegak lurus atau ditanam sejajar permukaan tanah, dan berupa lempeng atau plat, yang kesemuanya ini dirancang untuk memperkecil tahanan pentanahan. Untuk hal tersebut terlebih dahulu harus ditentukan bahan maupun sifat elektrodanya, yang terutama harus mempunyai konduktifikasi yang tinggi serta resistivitas yang rendah, agar arus yang mengalir cepat ke dalam tanah. Perlu diperhatikan bahwa elektroda harus tahan terhadap korosi [2].

B. Elektroda Rod / Batang

Sistem elektroda rod/batang adalah suatu sistem pentanahan yang menggunakan batang-batang konduktor yang ditanam tegak lurus pada permukaan tanah.

Beberapa batang elektroda yang ditanam bersama-sama ke dalam tanah dan kemudian dihubungkan dengan konduktor. Banyaknya elektroda yang ditanam disesuaikan dengan kebutuhan sistem pentanahan itu sendiri. Untuk batang konduktor yang ditanam tegak lurus pada permukaan tanah, maka harus diperhitungkan pengaruh bayang-bayang konduktor tersebut, sehingga tahanan elektroda serta harga sama dengan sebuah konduktor yang ditanam seluruhnya dalam tanah. Tetapi arus yang melalui konduktor tersebut adalah setengah dari harga yang masuk pada konduktor yang ditanam seluruhnya. Jadi tahanan pentanahan untuk satu batang elektroda yang ditanam tegak lurus pada permukaan tanah .

Rumus yang biasa digunakan untuk pasak tunggal dikembangkan oleh Professor H.B. Dwight dari Institut Teknologi Massachusetts yaitu :

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

dimana :

- $\rho$  = tahanan rata-rata tanah (ohm-cm)
- L = panjang pasak tanah (cm)
- a = jari-jari penampang pasak (cm)
- R = tahanan pasak tanah (ohm)

C. Elektroda Plat

Pentanahan elektroda plat adalah suatu cara dengan mempergunakan elektroda berbentuk plat dengan ukuran minimum luas 0,5 m<sup>2</sup> , untuk tembaga. Kedalaman penanaman minimum 30 cm sampai dengan 1,5 m kebawah permukaan tanah. Tahanan pentanahan untuk sistem plat adalah [3] :

$$R = \frac{\rho}{4,2} \left( \frac{1}{WL} + \frac{0,16}{S} \right) \text{ohm} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

- R = Tahanan pentanahan (ohm)
- W = Lebar plat (cm)
- L = Panjang plat (cm)
- S = Kedalaman Penanaman (m)

Dasar perhitungan kapasitansi dari susunan plat-plat elektroda pentanahan dengan anggapan bahwa distribusi arus atau muatan seragam sepanjang batang elektroda.

## II. Metode Penelitian

Peralatan Rancang Bangun Penangkal Petir dan Pentanahan Elektroda Rod dan Plat yang akan dirancang dan merupakan pengembangan dari Pentanahan Eksternal berfungsi menghasilkan suatu sistem penangkal petir dan pentanahan dengan berbagai bentuk elektroda yang kemudian dirancang menjadi sistem pentanahan internal. Kualitas sistem pentanahan eksternal sangat menentukan hasil rancangan sistem penangkal petir internal, semakin tinggi harga tahanan pentanahan akan semakin tinggi pula tegangan yang terdapat pada penyama potensial (*Potential Equalizing Bar*), sehingga upaya proteksi internalnya akan lebih berat atau proses pentanahan lambat yang dikarenakan adanya nilai tahanan yang besar pada kawat penyaluran ke tanah. Oleh karena itu, pada tahap pengembangan ini akan diusahakan memaksimalkan kerja dari alat penangkal petir tersebut.

### A. Struktur Perangkat Sistem Peralatan

Secara struktural perangkat sistem peralatan ini akan diuraikan sebagai berikut.

### B. Penangkal Petir Eksternal

Penangkal Petir Eksternal ditujukan untuk menghindari terjadinya bahaya langsung maupun tidak langsung akibat suatu sambaran petir, pada instalansi-instalansi, peralatan-peralatan yang terpasang di luar gedung\bangunan, dimenara dan bagian-bagian luar bangunan. Dalam hal ini termasuk juga perlindungan terhadap manusia yang berada di luar gedung. Proteksi Eksternal pada dasarnya terdiri dari:

- Finial penangkap petir.
- Lightning Surge Counter (Recorder Petir).
- Penampung Petir (Pentanahan).

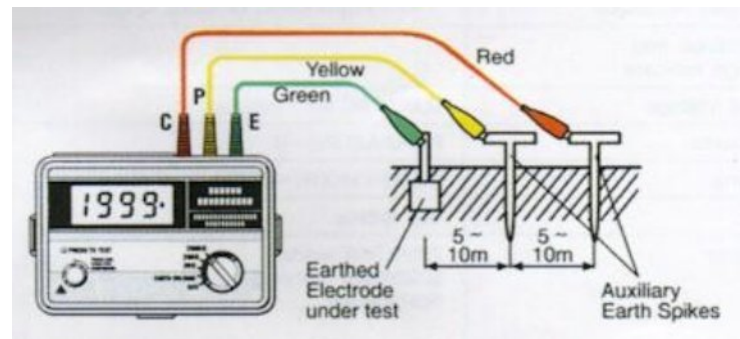
### C. Pembuatan Sistem Pentanahan

Sistem pentanahan berfungsi sebagai sarana mengalirkan arus petir yang menyebar ke segala arah ke dalam tanah. Hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan sistem pentanahan adalah tidak timbulnya bahaya tegangan langkah dan tegangan sentuh. Kriteria yang dituju dalam pembuatan sistem pentanahan adalah bukan rendahnya harga tahanan tanah akan tetapi dapat dihindarinya bahaya seperti tersebut di depan. Pada penelitian ini dibuat pentanahan elektroda batang dengan 5 variasi kedalaman dan pentanahan elektroda plat juga 5 variasi luas plat dengan kedalaman 2 meter selain itu disini dilakukan pengembangan yaitu menambahkan 2 buah

elektroda batang dengan kedalaman 9 meter dan dihubung paralel dengan pentanahan elektroda plat yang sudah ada. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan tahanan pentanahan dibawah 5 ohm sesuai dengan PUIL 2000 dan IEC Internasional Elektronical Commision [4].

## III. Hasil dan Pembahasan

Setelah semua komponen/peralatan yang dirancang dan dirangkai seperti pada gambar, maka untuk mengetahui tingkat keberhasilan alat tersebut dilakukan pengujian dengan Earth Tester seperti terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Alat ukur nilai tahanan pentanahan



Gambar 3. Hasil rancang bangun sistem penangkal petir rod dan plat



Gambar 4. Koneksi antara MCB Aresster dengan Bar Tembaga

A. Hasil Pengukuran Tahanan Pentanahan pada Elektroda Batang

1. Kondisi Tanah Basah

Tabel 1. Data Pengukuran Tahanan Pentanahan pada Elektroda Batang dalam kondisi Basah dengan tegangan ( 0,1 Volt ).

No.	Terminal		Ukuran Kedalaman (m)					Paralel R (Ω)
	E-P	P-C	3 (m)	5 (m)	7 (m)	9 (m)	12 (m)	
			R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	
1	4	5	300,80	6,70	4,0	2,97	1,89	2,04
2	5	6	303,90	6,80	4,1	2,97	2,01	2,22
3	6	7	303,40	6,90	4,2	2,94	1,95	2,33
4	7	8	303,50	6,90	4,2	3,01	1,96	2,28
5	8	9	303,80	6,90	4,3	3,08	2,01	2,24

2. Kondisi Tanah Lembab

Tabel 2. Data Pengukuran Tahanan Pentanahan pada Elektroda Batang dalam kondisi Lembab dengan tegangan ( 0,1 Volt )

No.	Terminal		Ukuran Kedalaman (m)					Paralel R (Ω)
	E-P	P-C	3 (m)	5 (m)	7 (m)	9 (m)	12 (m)	
			R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	
1	4	5	349,00	6,90	4,10	3,87	2,41	2,33
2	5	6	344,00	7,16	3,84	3,46	2,40	2,41
3	6	7	342,00	7,13	4,18	3,40	2,31	2,49
4	7	8	345,00	7,14	4,17	3,39	2,25	2,55
5	8	9	345,00	7,19	4,20	3,32	2,23	2,62

3. Kondisi Tanah Kering

Tabel 3. Data Pengukuran Tahanan Pentanahan pada Elektroda Batang dalam kondisi Kering (tanggal 26 Juli 2010), dengan tegangan ( 0,1 Volt )

No.	Terminal		Ukuran Kedalaman (m)					Paralel R (Ω)
	E-P	P-C	3 (m)	5 (m)	7 (m)	9 (m)	12 (m)	
			R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	
1	4	5	392,80	7,22	4,37	3,09	2,15	1,82
2	5	6	395,50	7,38	4,48	3,22	2,09	1,89
3	6	7	396,40	7,49	4,57	3,09	2,21	1,93

4	7	8	397,20	7,50	4,62	3,17	2,26	1,98
5	8	9	397,80	7,52	4,73	3,31	2,31	2,03

B. Pengukuran Tahanan Pentanahan pada Elektroda Plat, R<sub>11</sub> dan R<sub>12</sub>

1. Kondisi Tanah Basah

Tabel 4. Data Pengukuran Tahanan Pentanahan pada Elektroda Plat, R<sub>11</sub> dan R<sub>12</sub> dalam kondisi Basah dengan tegangan ( 0,1 Volt )

No.	Terminal		Ukuran Plat (m <sup>2</sup> )					Paralel Plat R (Ω)	Ukuran Kedalaman (m)		Paralel Total Plat + R <sub>11</sub> & R <sub>12</sub> R (Ω)
	E-P	P-C	1X1	0.75 X 0.75	0.5 X 0.5	0.35 X 0.35	0.25 X 0.25		R 11	R 12	
			R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)		R (Ω)	R (Ω)	
1.	4	5	5,19	6,2	36,74	9,97	12,29	2,03	3,64	5,23	1,76
2.	5	6	5,38	6,59	37,15	10,33	12,37	2,07	3,69	5,04	1,82
3.	6	7	5,48	6,93	37,29	10,44	12,49	2,25	3,84	6,29	1,91
4.	7	8	5,58	7,23	37,36	10,53	12,65	2,21	3,86	6,35	1,97
5.	8	9	5,69	7,33	37,44	10,6	12,67	2,2	4,1	6,37	2,03

2. Kondisi Tanah Lembab

Tabel 5. Data Pengukuran Tahanan Pentanahan pada Elektroda Plat, R<sub>11</sub> dan R<sub>12</sub> dalam kondisi Lembab dengan tegangan ( 0,1 Volt )

No.	Terminal		Ukuran Plat (m <sup>2</sup> )					Paralel Plat R (Ω)	Ukuran Kedalaman (m)		Paralel Total Plat + R <sub>11</sub> & R <sub>12</sub> R (Ω)
	E-P	P-C	1X1	0.75 X 0.75	0.5 X 0.5	0.35 X 0.35	0.25 X 0.25		R 11	R 12	
			R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)		R (Ω)	R (Ω)	
1.	4	5	5,76	6,53	31,20	10,9	11,99	2,54	2,21	5,30	1,97
2.	5	6	5,71	7,04	31,41	10,68	10,94	2,74	2,27	6,05	2,03
3.	6	7	5,73	7,15	32,15	10,7	11,98	2,91	2,33	6,35	2,09
4.	7	8	5,76	7,14	32,72	10,74	12,06	2,30	2,40	6,31	2,14
5.	8	9	5,67	7,19	32,57	10,79	11,81	2,45	2,45	5,50	2,18

3. Kondisi Tanah Kering

Tabel 16. Data Pengukuran Tahanan Pentanahan pada Elektroda Plat, R<sub>11</sub> dan R<sub>12</sub> dalam kondisi Kering dengan tegangan ( 0,1 Volt )

No	Terminal		Ukuran Plat (m <sup>2</sup> )					Paralel Plat	Ukuran Kedalaman (m)		Paralel Total
	E	P	1x1	0.75 X 0.75	0.5 X 0.5	0.35 X 0.35	0.25 X 0.25		R 11	R 12	
	P	C	R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)	R (Ω)		R (Ω)	R (Ω)	Plat + R <sub>11</sub> & R <sub>12</sub>
1	4	5	5,4 2	7,08	31, 17	10,74	14,58	3,9 1	2,7 4	6,5 2	2,08
2	5	6	5,5 9	7,24	31, 62	11,08	14,78	4,1 1	2,9 1	6,6 7	2,13
3	6	7	5,6 7	7,26	31, 68	11,09	14,88	4,1 5	2,3 0	6,8 6	2,22
4	7	8	5,7 5	7,31	31, 65	11,10	14,91	4,2 3	2,2 0	6,8 9	2,29
5	8	9	5,8 0	7,34	31, 71	11,14	14,93	4,5 5	2,3 5	6,9 2	2,35

Dari hasil pengujian sistem pentanahan yang terpakai pada lokasi laboratorium energi dan lokasi laboratorium tegangan tinggi dan pentanahan elektroda pasak yang ditanam masing-masing sedalam 3 meter, 5 meter, 7 meter, 9 meter, 12 meter dan elektroda plat dengan ukuran 1 x 1 meter<sup>2</sup>, 0,75x0,75 meter<sup>2</sup>, 0,5x0,5 meter<sup>2</sup>, 0,35x0,35 meter<sup>2</sup>, 0,25x0,25 meter<sup>2</sup> yang umumnya layak terpakai didapat nilai tahanan pentanahan berkisar antara 1,71 – 402 Ohm.

Dari data diperoleh untuk pentanahan elektroda batang untuk kedalaman 3 meter diperoleh tahanan pantanahan pada kondisi tanah kering berkisar 390 - 402 Ohm , Untuk kondisi tanah lembab berkisar 342 – 383 Ohm, untuk kondisi tanah basah berkisar 259 – 303,9 Ohm. untuk elektroda batang yang ditanam sedalam 5 meter diperoleh tahanan pantanahan pada kondisi tanah kering berkisar 7,08 – 7,89 Ohm, untuk kondisi tanah lembab berkisar 6,53 – 7,34 Ohm, untuk kondisi tanah basah berkisar 6,11 – 7,2 Ohm. untuk elektroda batang yang ditanam sedalam 7 meter diperoleh tahanan pantanahan pada kondisi tanah kering berkisar 4,37 – 6,75 Ohm, untuk kondisi tanah lembab berkisar 3,70 – 4,20 Ohm, untuk kondisi tanah basah berkisar 3,5 – 4,7 Ohm, untuk elektroda batang yang ditanam sedalam 9 meter diperoleh tahanan pantanahan pada kondisi tanah kering berkisar 3,09 – 3,95 Ohm, untuk kondisi tanah lembab berkisar 3,23 – 3,87 Ohm, untuk kondisi tanah basah berkisar 2,87 – 3,12 Ohm, untuk elektroda batang yang ditanam sedalam 12 meter diperoleh tahanan pantanahan pada kondisi tanah kering berkisar 2,09 – 2,65 Ohm, untuk kondisi tanah lembab berkisar 2,12 – 2,41 Ohm, untuk kondisi tanah

basah berkisar 1,71 – 2,3 Ohm. Untuk elektroda Plat dengan ukuran 1 x 1 meter<sup>2</sup> diperoleh nilai tahanan untuk tanah kering berkisar antara 5,42 – 5,89 Ohm, untuk tanah lembab berkisar 5,58 – 5,78 Ohm, untuk tanah basah berkisar 5,11 – 5,69 Ohm, pada elektroda plat ukuran 0,75 x 0,75 meter<sup>2</sup> didapat nilai tahanan untuk tanah kering berkisar antara 7,08 – 7,51 Ohm, untuk tanah lembab berkisar 6,53 – 7,33 Ohm, untuk tanah basah berkisar 5,82 – 7,33 Ohm, pada elektroda plat ukuran 0,5 x 0,5 meter<sup>2</sup> didapat nilai tahanan untuk tanah kering berkisar antara 26,87 – 37,56 Ohm, untuk tanah lembab berkisar 31,20 – 33,34 Ohm, untuk tanah basah berkisar 31,11 – 37,44 Ohm, pada elektroda plat ukuran 0,35 x 0,35 meter<sup>2</sup> didapat nilai tahanan untuk tanah kering berkisar antara 10,55 – 11,19 Ohm, untuk tanah lembab berkisar 10,54 – 11,13 Ohm, untuk tanah basah berkisar 9,82 – 10,6 Ohm, pada elektroda plat ukuran 0,25 x 0,25 meter<sup>2</sup> didapat nilai tahanan untuk tanah kering berkisar antara 14,33 – 14,93 Ohm, untuk tanah lembab berkisar 10,94 – 11,13 Ohm, untuk tanah basah berkisar 10,87 – 12,67 Ohm.

Pada pengembangan alat penangkal petir eksternal ini juga di paralelkan dengan 2 buah elektroda batang yang diberi kode R<sub>11</sub> dan R<sub>12</sub>. Untuk R<sub>11</sub> diperoleh nilai tahanan untuk tanah basah berkisar 2,2 – 3,86 Ohm, Untuk tanah lembab berkisar 2,10 – 2,80 Ohm dan untuk tanah kering berkisar 2,20 – 3,30 Ohm, pada R<sub>12</sub> diperoleh nilai tahanan untuk tanah basah berkisar 4,98 – 6,37 Ohm, Untuk tanah lembab berkisar 5,30 – 6,79 Ohm dan untuk tanah kering berkisar 6,52 – 6,98 Ohm. Dari data yang telah ada terlihat perbedaan nilai pengukuran yang diperoleh antara R<sub>11</sub> dan R<sub>12</sub> pada setiap kondisi tanah, hal ini dikarenakan terdapatnya gangguan pada R<sub>12</sub> sehingga nilai tahanan yang didapat lebih besar dibanding R<sub>11</sub>, namun R<sub>12</sub> ini tetap dipergunakan untuk mendapatkan nilai tahanan pentanahan total yang sangat kecil.

Dari hasil pengamatan pun ditemukan beberapa faktor yang dapat mempengaruhi sistem pentanahan yang senantiasa dapat menentukan baik tidaknya sistem pentanahan. Faktor – faktor tersebut antara lain : perubahan iklim, kandungan air dan zat elektrolit yang didalamnya terdapat mineral-mineral dan garam-garam

### Kesimpulan

Dari keseluruhan hasil pembuatan, pengukuran, analisis dan pengamatan terhadap hasil pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini, maka dapat dirumuskan beberapa kesimpulan dari tulisan ini. Adapun kesimpulan tersebut antara lain :

1. Sistem penangkal petir yang ada di Laboratorium dapat dikembangkan dengan membaginya menjadi 2 yaitu *Penangkal Petir Internal* dan *Penangkal Petir Eksternal*.
2. Kondisi tanah dan tahanan tanah yang ada disekitar Labaratorium Basah dan lembab dan rata-rata tahanan tanah pada elektroda Batang bernilai 1,55 – 2,62 Ohm, sedangkan untuk elektroda plat,  $R_{11}$  dan  $R_{12}$  rata-rata tahanan tanahnya bernilai 1,55 – 2,45 Ohm.
3. Jenis Arrester yang digunakan Tipe OBV1-C40 yang sudah mengikuti standar internasional IEC 61643-1 dan GB18802.1 dimana kemampuan kerjanya yaitu mampu mengamankan peralatan sampai tegangan 2,2 kV dan arus maksimum sampai 40 kA dengan respon alat  $<25$  ns, dan digunakan untuk mengamankan sistem jaringan tegangan listrik pada laboratorium konversi energi dari sambaran petir secara tidak langsung.
4. Pada penangkal petir eksternal ditambahkan Lightning counter untuk mengetahui berapa kali sistem penangkal petir ini mendapat sambaran petir.
5. Dapat pula menyertakan saran ataupun rencana keberlanjutan dari penelitian ini.

## Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih diberikan kepada COSESGA (Center of Sustainable Energy and Smart Grid Applications) Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang atas dukungan di dalam penyelesaian penulisan artikel ilmiah ini.

## Daftar Pustaka

- [1] Darwanto Djoko, *.Sistem Proteksi Petir dan Sistem Penangkal Petir*, PT.Tritech Consult. 1995.
- [2] Garniwa, Iwa, *Dasar Perencanaan Instalasi Penangkal Petir*, Jurusan Elektro FTUI. 2003
- [3] S.T Sirait. *Teknik Tegangan Tinggi*. 1996. Bandung.
- [4] IEEE. *Application Guide for Surge Protection of Electric Generating Plants*" dalam IEEE Std C62.23. 1995