

Rancang Bangun Sistem Pentanahan Penangkal Petir Pada Tanah Basah dan Tanah Kering pada Laboratorium Teknik Konversi Energi (*Design of Ground Lightning Protection System in Wet and Dry Soils in Energy Conversion Engineering Laboratory*)

Herman Nawir¹⁾

Program Studi Teknik Pembangkit Energi
Politeknik Negeri Ujung Pandang Makassar, Indonesia
¹⁾E-mail: herman_nauwir@poliupg.ac.id

Muhammad Ruswandi Djalal²⁾

Program Studi Teknik Pembangkit Energi
Politeknik Negeri Ujung Pandang Makassar, Indonesia
²⁾E-mail: wandi@poliupg.ac.id

Sonong³⁾

Program Studi Teknik Konversi Energi
Politeknik Negeri Ujung Pandang Makassar, Indonesia
³⁾E-mail: sonong@poliupg.ac.id

Abstrak—Penangkal petir yang ada di Laboratorium Sistem Distribusi Energi & Proteksi Politeknik Negeri Ujung Pandang sudah tidak berfungsi dengan baik sehingga nilai tahanan resistansi cenderung besar, hal ini tidak baik untuk pentanahan. Masalah ini dapat diatasi dengan pembuatan kembali penangkal petir pada tanah basah dan tanah kering. Kegiatan ini dilakukan untuk memperkecil nilai tahanan resistansi sehubungan dengan itu, kegiatan ini dilakukan dengan perancangan, perakitan dan pengumpulan data dilakukan dengan pengujian, sedangkan analisa data dilakukan dengan menghitung.

Berdasarkan hasil pembahasan disimpulkan bahwa nilai tahanan resistansi yang di dapatkan yaitu lebih kecil dari alat sebelumnya. Dibuktikan dengan hasil pengujian dimana nilai tahanan pada elektroda batang pada kondisi kering yaitu berkisar 1,56 - 2,40 Ohm sedangkan pada alat sebelumnya berkisar 1,6 - 9,0 Ohm. Kemudian untuk kondisi tanah basah yaitu berkisar 0,45 - 1,29 Ohm sedangkan pada alat sebelumnya yaitu berkisar 1,8 - 5,25 Ohm.

Kata Kunci: Penangkal Petir; Resistansi; Tanah Basah; Tanah Kering; Pentanahan

Abstract- Lightning rods in the Laboratory of Energy and Protection Distribution System of Ujung Pandang State Polytechnic are not functioning properly so the resistance resistance tends to be large, this is not good for earthing. This problem can be overcome by remaking lightning rods on wet and dry soils. This activity was carried out to reduce the value of resistance resistance in connection with this, this activity was carried out by designing, assembling and

collecting data carried out by testing, while data analysis was carried out by counting. Based on the results of the discussion concluded that the resistance resistance value obtained is smaller than the previous device. Evidenced by

the results of the test where the resistance value on the rod electrode in dry conditions ranged from 1.56 to 2.40 Ohm while the previous tool ranged from 1.6 to 9.0 Ohm. Then for wet soil conditions that range from 0.45 to 1.29 Ohm, while the previous tool is around 1.8 - 5.25 Ohm.

Keywords: Lightning Rod; Resistance; Wet Land; Dry soil; Grounding.

I. LATAR BELAKANG

Wilayah Indonesia secara astronomis merupakan negara yang beriklim tropis, dimana cuaca dan musim sangat memiliki pengaruh yang besar. Keadaan kondisi geografis ini menyebabkan Indonesia termasuk sebagai salah satu wilayah yang memiliki Intensitas Hari Guruh (Thunderstorm Days) cukup tinggi dengan jumlah sambaran petir dapat dikatakan banyak untuk setiap tahunnya, rata-rata jumlah sambaran petirnya bisa mencapai lebih dari 200 hari guruh pertahun[1].

Petir adalah suatu fenomena alam, yang pembentukannya dari terpisahnya muatan di dalam awan cumulonimbus yang terbentuk akibat adanya pergerakan udara keatas akibat panas dari permukaan laut serta adanya udara yang lembab, umumnya muatan negatif terkumpul dibagian bawah dan ini menyebabkan terinduksinya muatan positif diatas permukaan tanah, sehingga membentuk medan listrik antara awan dengan tanah jika muatan listrik cukup besar dan kuat medan listrik di udara dilampaui maka terjadilah pelepasan muatan berupa petir yang bergerak dengan kecepatan cahaya dengan efek merusak

yang sangat dahsyat karena kekuatannya.

Pada tahun 2009, [2] membuat penangkal petir denganelektroda Rod dan Plat pada Laboratorium Teknik Konversi Energi. Dari pengujian tersebut, diperoleh untuk pentanahan Elektroda batang untuk kedalaman 3 meter, 5 meter, 7 meter, 9 meter dan 12 meter dalam kondisi kering di peroleh nilai tahanan berkisar 1,6 – 9,0 Ohm. Untuk kondisi tanah lembab diperoleh nilai tahanan pentanahan berkisar 2,41 – 7,72 Ohm. Untuk kondisi tanah basah diperoleh nilai tahanan pentanahan berkisar 1,8 – 5,25 Ohm. Untuk pentanahan Plat batang untuk ukuran 1 x 1 meter², 0,75 x 0,75 meter², 0,5 x 0,5 meter², 0,35 x 0,35 meter², 0,25 x 0,25 meter² dalam kondisi kering diperoleh nilai tahanan pentanahan berkisar 5,6 – 12,5 Ohm. Untuk kondisi tanah lembab diperoleh nilai tahanan pentanahan berkisar 5,29 – 11,5 Ohm. Untuk kondisi tanah basah diperoleh nilai tahanan pentanahan berkisar 5,2 – 9,8 Ohm[3].

Dengan adanya penelitian tersebut maka dibuatlah variasi baru untuk mendapatkan nilai tahanan resistansi sekecil mungkin.

II. MEKANISME PETIR

Petir adalah peristiwa peluahan 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, peluahan muatan itu lebih sering terjadi antara awan dengan awan dan di dalam awan itu sendiri dibanding peluahan 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[4].

A. Definisi Penangkal Petir

Penangkal petir adalah suatu alat atau rangkaian jalur yang di fungsikan sebagai jalan menuju ke permukaan bumi atau tanah tanpa merusak benda-benda yang dilewatinya. Alat penangkal petir berupa batang tembaga murni yang ujung tembaganya runcing. Batang di buat runcing karena muatan listrik mempunyai sifat mudah berkumpul dan lepas pada ujung logam dengan demikian dapat men perlanar proses tarik menarik dengan muatan listrik yang ada di awan. ini dipasang pada bagian puncak sebuah bangunan atau gedung[5].

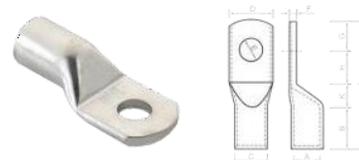
B. Material Instalasi Penangkal Petir

Pada perancangan ini, jenis material penangkal petir yang digunakan adalah tembaga yang tahan terhadap korosi atau cooper tape sangat cocok untuk system yang memerlukan kehandalan dalam jangka waktu yang lama.

Perangkat /material tambahan yang sifatnya mendukung perangkat dan instalasi penangkal petir yang dipasang , terdapat banyak jenis dan ragamnya dari material penangkal petir :

Cable SKUN

Cable skun / cable lug merupakan conektor yang dipasang di ujung kabel yang sudah dilengkapi lubang pengait.



Gambar 1. Cable Skun

Sebuah kabel konduktor atau kabel penghantar listrik /petir yang terdiri dari serabut tembaga ataupun tembaga ulir membutuhkan media untuk bisa tersambung dengan kabel lainnya inilah yang dinamakan dengan kabel skun, boleh dibilang kabel skun merupakan simpul atau penjepit yang dilengkapi lubang di ujungnya untuk nantinya di hubungkan dengan kabel penghantar lainnya yang juga tersimpul dengan skun . Lubang di ujung skun sebagai tempat mur/ baut mengencangkan sambungan tersebut. Kabel Skun tersedia dengan berbagai ukuran sesuai dengan kabel penghantarnya.

Conector SLEEVE

Bila dalam desain perencanaan penyalur petir dengan metoda Tertutup (*kabel tanpa menyentuh struktur bangunan*), akan memerlukan pipa Isolator yang dipasang antara tiang penyangga dengan Head terminal penangkal petir,dengan sebutan Conector Sleeve.



Gambar 2. Conector Sleeve

Sebagian besar dari merk merk Unit terminalpenangkal petir elektrostatik bagian Ujung penerima petir / Finial sudah tidak terkoneksi dengan tiang penyangga, tetapi ada fenomena bahwa saat sambaran petir menghajar ujung finial maka di sekitar ujung ini akan timbul bola api energi, dimungkinkan

merambat kedalam bangunan melalui pipa penyangganya karena terlalu dekat. Fungsi Conector Sleeve menjauhkan posisi ujung finial dengan pipa penyangga dengan jarak tertentu.

Bak Sambungan / Test Box



Gambar 3. Bak sambungan / Test box

Penyambungan kabel penghantar penangkal petir tidak disarankan sebab dapat menimbulkan efek sideflasing (*keluar jalur penghantar*) atau efek Corona (*Pancaran elektromagnetis*) dengan besar kemungkinan mengganggu Instalasi elektrik didalam gedung. Tetapi untuk di posisi sisi bawah antara ground dengan kabel penghantar yang keatas seharusnya tersedia .Fungsi utama untuk Bak Sambungan ini untuk pengetesan grounding baik saat baru terpasang atau pengetesan kelak di tahun tahun berikutnya (test berkala) (tahanan sebaran).Posisi dan material yang bisa dipergunakan bisa beragam mulai bahan Besi plat, cor aluminium sampai dengan pasangan batu bata diletakkan pada permukaan tanah atau di dinding bebas sebab tidak mengurangi dari fungsi teknisnya .

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 konduktivitas yang tinggi serta resistivitas yang rendah, agar arus yang

mengalir cepat ke dalam tanah. Perlu diperhatikan bahwa elektroda harus tahan terhadap korosi[6, 7].

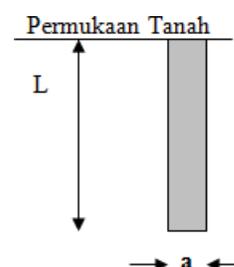
C. Jenis- jenis Elektroda

- **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[8].

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 seperti pada gambar 4[9].



Gambar 4. Satu Batang Elektroda yang ditanam Tegak Lurus

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

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

Dimana :

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

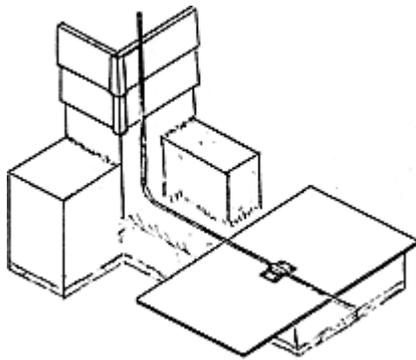
- **Elektroda Plat**

Pentanahan elektroda plat adalah suatu cara dengan mempergunakan elektroda berbentuk plat dengan ukuran minimum luas 20 cm, 30 cm, 40 cm, dan tebal 2 mm, untuk tembaga. Kedalaman penanaman minimum 30 cm sampai dengan 2,2 m kebawah permukaan tanah. Tahanan pentanahan untuk sistem plat adalah :

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

Dimana :

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



Gambar 5. Elektroda Plat

Struktur Tanah

Tanah merupakan medium pembumian yang bersifat sebagai konduktor. Untuk frekuensi tinggi dan gelombang bermuka curam seperti petir dapat diartikan bahwa tanah merupakan konduktor sempurna[10].

Struktur tanah merupakan salah satu faktor yang harus diketahui karena mempunyai kaitan erat dengan perencanaan dan sistem pembumian yang akan digunakan. Penelitian struktur tanah dan pengukuran resistansi jenis tanah menjadi faktor penting yang sangat mempengaruhi kedalaman penanaman elektroda batang pembumian. Karena pada pemasangan sistem pembumian dalam suatu lokasi tertentu sering dijumpai beberapa jenis struktur tanah yang mempunyai resistansi jenis berbeda-beda.

TABEL I. RESISTANSI JENIS TANAH[11]

No.	Jenis Tanah	Resistansi(ohm-m)
1	Organik	1-10
2	Basah	11 - 100
3	Kering	101 - 1000
4	Berbatu	1001- 10000

III. METODE PENELITIAN

Dalam melakukan pengujian terhadap sistem peralatan yang dibuat maka akan diterapkan metode pengujian sebagai berikut :

- Metode analitis-komparatif : yaitu menganalisa hasil pengujian dengan aturan-aturan fisika dan listrik yang baku kemudian membandingkan antara hasil pengukuran dengan hasil perhitungan secara teoritis.
- Metode deskriptif : yaitu melakukan pengamatan terhadap suatu perubahan yang diakibatkan oleh perlakuan terhadap obyek atau sistem dan melukiskannya dalam suatu simpulan.

Parameter yang akan diuji dapat dikelompokkan ke dalam besaran listrik sebagai berikut :

- Parameter utama : yaitu besaran tegangan pentanahan dan Tahanan pentanahan.
- Parameter tambahan : yaitu Besaran Tahanan jenis tanah pentanahan.

1. Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian yang akan dilakukan adalah :

- Meng-*install* hubungan finial petir sebagai penangkap petir dengan sistem pentanahan sebagai penampung petir dengan konduktor sebagai penyalur petir..
- Mencatu sistem peralatan dengan daya listrik sambil melakukan survei deskriptif.
- Mengaktifkan semua instrumen dan mencatat nilai-nilai pembacaannya.

Hasil pengujian digunakan untuk mengoreksi rancangan dan melakukan penyetelan/rancangan ulang jika dijumpai ketidaksesuaian yang signifikan.

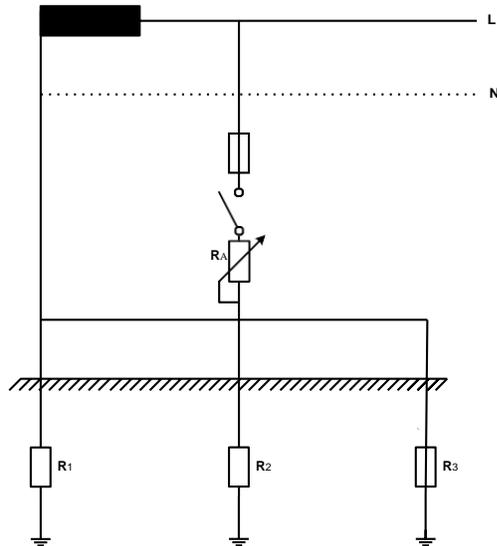
2. Prosedur percobaan

Percobaan pengukuran pentanahan di lokasi Teknik Mesin.

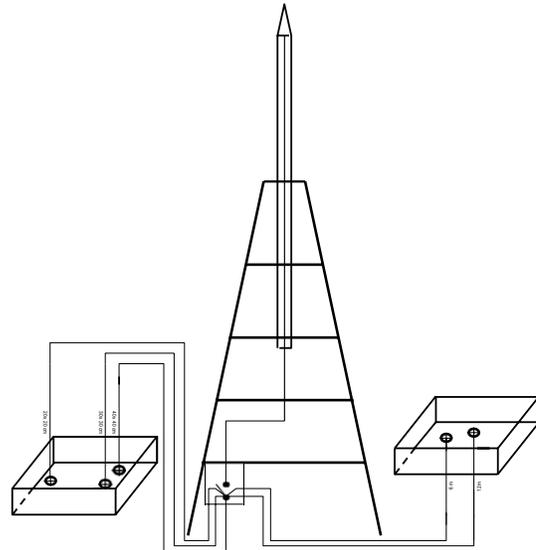
- Siapkan peralatan yang digunakan secara keseluruhan.
- Lakukan pengecekan keadaan baterai alat ukur. (bila menggunakan Earth Tester Analog.
- Kalibrasikan alat ukur dengan cara menghubungkan ke tiga terminal-terminal kabel kemudian menekan tombol test, setelah sebelumnya mengubah posisi selektor dari posisi *off* ke posisi skala yang diinginkan. (bila menggunakan Earth Tester Digital.
- Ukurlah besar nilai pentanahan pada suatu tempat/lokasi dan membandingkannya dengan pentanahan pada keadaan kedalaman dan kondisi tanah yang berbeda-beda.
- Catatlah nilai yang terukur pada alat ukur.

Percobaan pengukuran pentanahan untuk variasi jenis tanah.

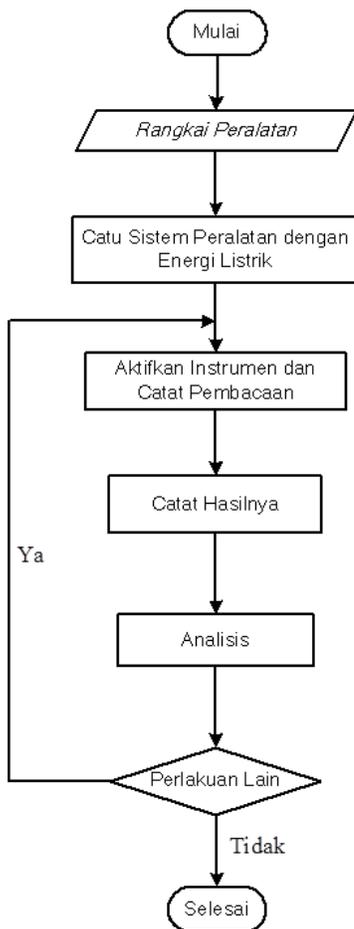
- Siapkan peralatan yang digunakan secara keseluruhan.
- Lakukan pengecekan keadaan baterai alat ukur. (bila menggunakan Earth Tester Analog.
- Lakukan kalibrasi terhadap alat ukur dengan cara menghubungkan ke tiga terminal-terminal kabel kemudian menekan tombol test, setelah sebelumnya mengubah posisi selektor dari posisi *off* ke posisi skala yang diinginkan. (bila menggunakan Earth Tester Digital.
- Ukurlah besar nilai pentanahan pada suatu jenis tanah yang terdiri dari tanah basah dan kering di setiap tempat/lokasi dan membandingkannya dengan pentanahan pada keadaan kedalaman elektroda dengan jarak 6 m, dan 12 m.
- Catatlah nilai yang terukur pada alat ukur.



Gambar 6. Diagram single line



Gambar 8. Desain Alat Penangkal Petir



Gambar 7. Diagram alir prosedur pengujian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut ditampilkan hasil pengujian masing-masing kondisi tanah dan pentanahan.

TABEL II. DATA HASIL PERCOBAAN PENGUKURAN PENTANAHAN PADA ELEKTRODA PLAT DALAM KEADAAN KERING

Jarak	L (m ²)	R (Ω)	V (V)
E-P = 3 m E-C = 7 m	0,2 x 0,2	7,51	0,4
	0,3 x 0,3	6,20	0,4
	0,4 x 0,4	5,12	0,5
Paralel	0,2 – 0,4	4,10	0,4
	0,3 – 0,4	3,86	0,5
	0,2 – 0,3	4,07	0,4
Semua		3,60	0,3
E-P = 10 m E-C = 14 m	0,2 x 0,2	6,80	0,4
	0,3 x 0,3	5,81	0,4
	0,4 x 0,4	4,73	0,5
Paralel	0,2 – 0,4	3,90	0,3
	0,3 – 0,4	3,75	0,3
	0,2 – 0,3	4,29	0,3
Semua		3,45	0,2

TABEL III. DATA HASIL PERCOBAAN PENGUKURAN PENTANAHAN PADA ELEKTRODA PLAT DALAM KEADAAN BASAH

Jarak	L (m ²)	R (Ω)	V (V)
E-P = 3 m E-C = 7 m	0,2 x 0,2	3,56	0,6
	0,3 x 0,3	4,50	0,6
	0,4 x 0,4	5,20	0,6
Paralel	0,2 – 0,4	2,78	0,6
	0,3 – 0,4	2,59	0,6
	0,2 – 0,3	2,93	0,6

Semua		2,40	0,6
E-P = 10 m E-C = 14 m	0,2 x 0,2	2,93	0,6
	0,3 x 0,3	3,61	0,6
	0,4 x 0,4	4,16	0,7
Paralel	0,2 – 0,4	3,97	0,6
	0,3 – 0,4	3,10	0,6
	0,2 – 0,3	3,38	0,6
Semua		2,95	0,6

TABEL IV. DATA HASIL PERCOBAAN PENGUKURAN PENTANAHAN PADA ELEKTRODA BATANG DALAM KEADAAN KERING

Jarak	L (m ²)	R (Ω)	V (V)
E-P = 3 m	6	2,40	0,3
E-C = 5 m	12	1,94	0,3
	Paralel	1,54	0,3
E-P = 7 m	6	1,80	0,3
E-C = 11 m	12	1,71	0,3
	Paralel	1,30	0,3
E-P = 10 m	6	1,56	0,2
E-C = 14 m	12	1,35	0,2
	Paralel	1	0,2

TABEL V. DATA HASIL PERCOBAAN PENGUKURAN PENTANAHAN PADA ELEKTRODA BATANG DALAM KEADAAN BASAH

Jarak	L (m ²)	R (Ω)	V (V)
E-P = 3 m	6	1,29	0,3
E-C = 5 m	12	0,86	0,1
	Paralel	0,58	0,2
E-P = 7 m	6	0,52	0,4
E-C = 11 m	12	0,30	0,3
	Paralel	0,28	0,3
E-P = 10 m	6	0,45	0,3
E-C = 14 m	12	0,42	0,2
	Paralel	0,35	0,3

Menghitung Nilai Tahanan Elektroda Plat

Sebagai contoh perhitungan diambil data no. 1 pada tabel 2 untuk kondisi tanah kering dengan data no. 1 pada tabel 2 diketahui bahwa : Kedalaman Pasak (s) = 2,2 m, Luasan Pasak (w.l) = 0,2 x 0,2 m, R_p = 7,51. Untuk mendapatkan nilai ρ, dan R_{th} digunakan Persamaan Sebagai Berikut :

$$\begin{aligned} \rho &= \text{Kedalaman} \times R_p \\ &= 2,2 \times 7,51 \\ &= 16,52 \Omega\text{m} \end{aligned}$$

Tahanan Secara Teoritis (R_{th})

$$\begin{aligned} R_{th} &= \frac{\rho}{4,2} \left(\frac{1}{w \cdot L} + \frac{0,16}{s} \right) \\ &= \frac{16,52}{4,2} \left(\frac{1}{0,2 \times 0,2} + \frac{0,16}{2,2} \right) \\ &= 3,93 (25 + 0,07) \\ &= 98,52 \Omega \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, diperoleh hasil analisa data yang lain selengkapnya dapat dilihat pada Tabel Analisa Data 6 dan 8.

Menghitung Nilai Tahanan Elektroda Batang

Sebagai contoh perhitungan diambil data no. 1 pada tabel 4 untuk kondisi tanah kering dengan kedalaman 6 meter, dengan data no. 1 pada tabel 4 diketahui, L = 6 meter, R_p = 2,4 Ω, a = 0,0254 m. Untuk mendapatkan Nilai ρ, dan R_{th} digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \rho &= R_p \times L \\ &= 2,4 \times 6 \\ &= 14,4 \Omega\text{m} \end{aligned}$$

Tahanan secara teoritis (R_{th})

$$\begin{aligned} R_{th} &= \frac{\rho}{2\pi L} (Ln \frac{4L}{a} - 1) \\ &= \frac{14,4}{2\pi \cdot 6} (Ln \frac{4 \cdot 6}{0,054} - 1) \\ &= 1,69 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, diperoleh hasil analisa data yang lain selengkapnya dapat dilihat pada Tabel Analisa Data 7 dan 9..

Menghitung Nilai Tahanan Paralel Elektroda Batang

Sebagai contoh perhitungan diambil data no. 1 pada tabel 4 untuk kondisi tanah Kering dengan kedalaman 6 meter dan 12 meter dengan data sebagai berikut:

Untuk mendapatkan Nilai R_{paralel} digunakan Persamaan Sebagai Berikut :

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{paralel}} &= \frac{1}{2,40} + \frac{1}{1,94} \\ R_{paralel} &= 0,42 + 0,52 \\ &= 0,94 \Omega \\ R_{paralel} &= \frac{1}{0,94} \\ &= 1,063 \Omega \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, diperoleh hasil analisa data yang lain selengkapnya dapat dilihat pada tabel Analisa Data 8 dan 9.

Menghitung Nilai Tahanan Paralel Elektroda Plat

Sebagai contoh perhitungan diambil data no. 1 pada tabel 2 untuk kondisi tanah kering dengan ukuran 0,2 x 0,2 meter², 0,3 x 0,3 meter², dan 0,4 x 0,4 meter² dengan data sebagai berikut :

Untuk mendapatkan nilai R_{paralel} digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \frac{1}{R_{paralel}} &= \frac{1}{4,10} + \frac{1}{3,86} + \frac{1}{4,07} \\ &= 0,243 + 0,259 + 0,245 \\ &= 0,747 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_{paralel} &= \frac{1}{0,747} \\ &= 1,338 \Omega. \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, diperoleh hasil analisa data yang lain selengkapnya dapat dilihat pada tabel Analisa Data 6 dan 7.

TABEL VI. ANALISA DATA HASIL PERCOBAAN PENGUKURAN PENTANAHAN PADA ELEKTRODA PLAT DALAM KEADAAN KERING

Jarak	L (m ²)	R (Ω)	V (V)	ρ	R _{th}
E-P = 3 m	0,2 x 0,2	7,51	0,4	16,52	98,52
E-C = 7 m	0,3 x 0,3	6,2	0,4	13,64	36,19
	0,4 x 0,4	5,12	0,5	11,26	16,19
Paralel	0,2 - 0,4	4,1	0,4	-	-
	0,3 - 0,4	3,86	0,5	-	-
	0,2 - 0,3	4,07	0,4	-	-
Semua		3,6	0,3	-	1,38
E-P = 10 m	0,2 x 0,2	6,8	0,4	14,96	89,24
E-C = 14 m	0,3 x 0,3	5,81	0,4	12,78	33,95
	0,4 x 0,4	4,73	0,5	10,41	15,61
Paralel	0,2 - 0,4	3,9	0,3	-	-
	0,3 - 0,4	3,75	0,3	-	-
	0,2 - 0,3	4,29	0,3	-	-
Semua		3,45	0,2	-	1,33

TABEL VII. ANALISA DATA HASIL PERCOBAAN PENGUKURAN PENTANAHAN PADA ELEKTRODA PLAT DALAM KEADAAN BASAH

Jarak	L (m ²)	R (Ω)	V (V)	ρ	R _{th}
E-P = 3 m	0,2 x 0,2	3,56	0,6	7,83	46,63
E-C = 7 m	0,3 x 0,3	4,50	0,6	9,90	25,69
	0,4 x 0,4	5,20	0,6	11,44	17,19
Paralel	0,2 - 0,4	2,78	0,6	-	-
	0,3 - 0,4	2,59	0,6	-	-
	0,2 - 0,3	2,93	0,6	-	-
Semua		2,40	0,6	-	0,93
E-P = 10 m	0,2 x 0,2	2,93	0,6	6,45	37,6
E-C = 14 m	0,3 x 0,3	3,61	0,6	7,94	21,11
	0,4 x 0,4	4,16	0,7	9,15	13,71
Paralel	0,2 - 0,4	3,97	0,6	-	-
	0,3 - 0,4	3,10	0,6	-	-
	0,2 - 0,3	3,38	0,6	-	-
Semua		2,95	0,6	-	1,16

TABEL VIII. ANALISA DATA HASIL PERCOBAAN PENGUKURAN PENTANAHAN PADA ELEKTRODA BATANG DALAM KEADAAN KERING

Jarak	L (m ²)	R (Ω)	V (V)	ρ	R _{th}
E-P = 3 m	6	2,4	0,3	14,40	1,69
E-C = 5 m	12	1,94	0,3	23,28	1,67
	Paralel	1,54	0,3	-	1,06
E-P = 7 m	6	1,8	0,3	10,80	1,34
E-C = 11 m	12	1,71	0,3	20,52	1,47
	Paralel	1,3	0,3	-	0,87
E-P = 10 m	6	1,56	0,2	9,36	1,17
E-C = 14 m	12	1,35	0,2	16,20	1,16
	Paralel	1	0,2	-	0,87

TABEL VII. ANALISA DATA HASIL PERCOBAAN PENGUKURAN PENTANAHAN PADA ELEKTRODA PLAT DALAM KEADAAN BASAH

Jarak	L (m ²)	R (Ω)	V (V)	ρ	R _{th}
E-P = 3 m	0,2 x 0,2	3,56	0,6	7,83	46,63
E-C = 7 m	0,3 x 0,3	4,50	0,6	9,90	25,69
	0,4 x 0,4	5,20	0,6	11,44	17,19
Paralel	0,2 - 0,4	2,78	0,6	-	-
	0,3 - 0,4	2,59	0,6	-	-
	0,2 - 0,3	2,93	0,6	-	-
Semua		2,40	0,6	-	0,93
E-P = 10 m	0,2 x 0,2	2,93	0,6	6,45	37,6
E-C = 14 m	0,3 x 0,3	3,61	0,6	7,94	21,11
	0,4 x 0,4	4,16	0,7	9,15	13,71
Paralel	0,2 - 0,4	3,97	0,6	-	-
	0,3 - 0,4	3,10	0,6	-	-
	0,2 - 0,3	3,38	0,6	-	-
Semua		2,95	0,6	-	1,16

TABEL VIII. ANALISA DATA HASIL PERCOBAAN PENGUKURAN PENTANAHAN PADA ELEKTRODA BATANG DALAM KEADAAN KERING

Jarak	L (m ²)	R (Ω)	V (V)	ρ	R _{th}
E-P = 3 m	6	2,4	0,3	14,40	1,69
E-C = 5 m	12	1,94	0,3	23,28	1,67
	Paralel	1,54	0,3	-	1,06
E-P = 7 m	6	1,8	0,3	10,80	1,34
E-C = 11 m	12	1,71	0,3	20,52	1,47
	Paralel	1,3	0,3	-	0,87
E-P = 10 m	6	1,56	0,2	9,36	1,17
E-C = 14 m	12	1,35	0,2	16,20	1,16
	Paralel	1	0,2	-	0,87

TABELIX. ANALISA DATA HASIL PERCOBAAN PENGUKURAN PENTANAHAN PADA ELEKTRODA BATANG DALAM KEADAAN BASAH

Jarak	L (m ²)	R (Ω)	V (V)	ρ	R _{th}
E-P = 3 m	6	1,29	0,3	7,74	0,97
E-C = 5 m	12	0,86	0,1	10,32	0,74
	Paralel	0,58	0,2	-	0,51
E-P = 7 m	6	0,52	0,4	3,12	0,39
E-C = 11 m	12	0,30	0,3	3,60	0,26
	Paralel	0,28	0,3	-	0,19
E-P = 10 m	6	0,45	0,3	2,70	0,34
E-C = 14 m	12	0,42	0,2	5,04	0,36
	Paralel	0,35	0,3	-	0,22

Pembahasan

Dari hasil pengujian sistem pentanahan di laboratorium, pentanahan elektroda batang yang ditanam masing-masing 6 meter dan 12 meter, dan elektroda plat dengan ukuran 0.2 x 0.2 meter, 0.3 x 0.3 meter, dan 0.4 x 0.4 meter. Data yang diperoleh dari elektroda batang dengan kedalaman 6 meter diperoleh tahanan pentanahan pada kondisi kering berkisar 1,56 – 2,40 Ohm, untuk kondisi tanah basah berkisar 0,45 – 1,29 Ohm, Untuk elektroda dengan kedalaman 12 meter diperoleh tahanan pentanahan pada kondisi kering berkisar 1,35 – 1,94 Ohm, untuk kondisi tanah basah berkisar 0,42 – 0,86 Ohm. Untuk elektroda dengan kedalaman yang diparalel yaitu 6 meter dan 12 meter untuk kondisi tanah kering yaitu berkisar 1 – 1,54 Ohm, untuk kondisi tanah basah yaitu berkisar 0,35 – 0,58 Ohm.

Data yang diperoleh dari elektroda plat dengan ukuran 0.2 x 0.2 meter, 0.3 x 0.3 meter, dan 0.4 x 0.4 meter diperoleh tahanan pentanahan pada kondisi kering berkisar 3,45 – 7,51 Ohm, untuk kondisi tanah basah berkisar 2,78 – 5,20 Ohm. Untuk elektroda dengan luasan yang diparalel yaitu 0.2 x 0.2 meter, 0.3 x 0.3 meter, dan 0.4 x 0.4 meter untuk kondisi tanah kering diperoleh nilai tahanan berkisar 0,2 – 0,5 Ohm, untuk tanah basah yaitu berkisar 2,4 – 4,5 Ohm.



Gambar 9. Proses Pengeboran Tanah, Penanaman Elektroda Plat, Proses Pengambilan Data, dan Proses Pengujian

V. KESIMPULAN

1. Sistem pentanahan elektroda batang yang ditanam masing-masing 6 meter dan 12 meter, dan elektroda plat dengan ukuran 0.2 x 0.2 meter, 0.3 x 0.3 meter, dan 0.4 x 0.4 meter.
2. Untuk elektroda batang dengan tanah kering pada kedalaman 6 meter dan 12 meter menghasilkan nilai tahanan berkisar 1,56 – 2,40 Ohm dan 1,35 – 1,94 Ohm sedangkan untuk tanah basah pada kedalaman 6 meter dan 12 meter menghasilkan nilai tahanan berkisar 0,45 – 1,29 Ohm dan 0,42 – 0,86 Ohm. Selanjutnya elektroda plat pada ukuran 0.2 x 0.2 meter, 0.3 x 0.3 meter, 0.4 x 0.4 meter pada kondisi tanah kering menghasilkan nilai tahanan pentanahan berkisar 3,45 – 7,51 Ohm, sedangkan untuk kondisi tanah basah berkisar 2,78 – 5,20 Ohm.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Puspitasari, & Supardiyono, "Analisa Pemetaan Kontur dan Kerapatan Petir dengan Lightning 2000 dan Metode Kriging di Surabaya Tahun 2000.," *Jurnal Fisika*, vol. 3, pp. 39-45, 2014.
- [2] S. A. Arifin, Andi, "Pembuatan Penangkal Petir Dengan Menggunakan Sistem Pentanahan Batang Dan Plat," Laporan Tugas Akhir, Makassar: Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang., 2009.
- [3] U. S. Atmam, "Perancangan Kinerja Penangkal Petir Menggunakan Metoda Bola Gelinding Pada Gedung Perpustakaan Universitas Lancang Kuning Pekanbaru," *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, vol. 13, pp. 130-135, 2015.
- [4] D. Djoko, "Sistem Proteksi Petir dan Sistem Penangkal Petir, PT.Tritech Consult," 1995.
- [5] G. T. Suprijono, Muhammad, "Sitim Penangkal Petir Pada Instalasi Vital Atau Gedung Bertingkat Di PT. Telkom Tegal," Program Studi Teknik Elektro, Politeknik Harapan Bersama Tegal, 2014.
- [6] M. H. C. Hamdani, M. Dwi. (2014). *Standar Nilai Resistan Pembumian Grounding*. Available: <http://ahlipenangkalpetir.blogspot.co.id/2014/01/standar-nilai-resistan-pembumian-grounding.html>
- [7] T. Suyanto, Idrus Abdul Kudus, "EVALUASI DAN PERENCANAAN GROUNDING UNTUK PENANGKAL PETIR GEDUNG SIKLOTRON," presented at the Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Teknologi Akselerator dan Aplikasinya, 2015.
- [8] A. Sanusi, "Rancang Bangun Pentanahan Elektroda Rod dan Plat Pada Laboratorium Teknik Konversi Energi," Laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang 2007.
- [9] A. M. S. Y. d. A. P. Makmur Saini, "Pengembangan Sistem Penangkal Petir dan Pentanahan Elektroda Rod dan Plat," *Jurnal INTEK*, vol. 3, pp. 66-71, 2016.
- [10] M. Rajagukguk, "Studi Pengaruh Jenis Tanah dan Kedalaman Pembumian Driven Rod terhadap Resistansi Jenis Tanah," Jurusan Teknik Elektro, Universitas Tanjungpura, 2012.
- [11] I. S. 81, *IEEE guide for measuring Earth Resistivity Ground Impedance and earth Surface Potentials of a grounding System*, 1983.