

Penentuan Daerah Perlindungan Batang Petir

Bayu Purnomo P¹, T. Haryono²

Abstract— External lightning protection system consisting of a finial, down-conductor and grounding are important aspects in the installation of lightning rods. The study was conducted by using a finial rod copper that aims to study the protection angle of a lightning rod. High finial of the earth would determine the angle of protection desired.

Based on this research, the object of protection is the angle between 85,6° - 89,3°. This suggests that a lightning rod has limitations in protecting an area. The larger the area to be protected, the more number of lightning rod needed.

Intisari— Sistem penangkal petir eksternal yang terdiri dari finial, down-konduktor dan pentanahan merupakan aspek penting dalam pemasangan penangkal petir. Penelitian dilakukan dengan menggunakan batang bahan tembaga sebagai finial yang bertujuan untuk mempelajari besarnya sudut perlindungan suatu penangkal petir. Tinggi finial dari bumi akan menentukan sudut perlindungan yang diinginkan.

Berdasarkan hasil penelitian, sudut perlindungan obyek adalah antara 85,6° - 89,3°. Hal ini menunjukkan bahwa suatu penangkal petir mempunyai batasan dalam melindungi suatu daerah, dan semakin luas daerah yang akan dilindungi maka semakin banyak pula penangkal petir (finial) yang dibutuhkan.

Kata Kunci-- penangkal petir, sudut perlindungan, metode sudut perlindungan

I. PENDAHULUAN

Perlindungan terhadap sambaran petir selalu menjadi aspek yang sangat diperhatikan dalam pembangunan suatu gedung, menara maupun rumah tinggal. Di bidang elektro, dikenal berbagai macam sistem penangkal petir. Meskipun bermacam-macam sistem penangkal petir, namun pada dasarnya prinsip-prinsip kerja dari sistem-sistem tersebut adalah sama. Terdapat tiga hal penting dalam system penangkal petir, yakni menangkap petir, menyalurkan petir, dan menampung petir.

A. Menangkap Petir

Sistem menangkap petir adalah menyediakan sistem penerimaan (*air terminal*) yang dapat dengan cepat menyambut luncuran arus petir dan mampu untuk lebih cepat dari sekelilingnya serta memproteksi secara tepat dengan memperhitungkan besaran petir.

B. Menyalurkan Petir

Luncuran petir yang telah ditangkap dialirkan ke tanah secara aman tanpa mengakibatkan terjadinya loncatan listrik (imbasan) ke bangunan atau manusia.

C. Menampung Petir

Sistem manampung petir dimaksudkan menyediakan sebaik mungkin agar arus petir yang turun sepenuhnya dapat diserap oleh tanah tanpa menimbulkan bahaya pada bagian-bagian bangunan atau manusia yang berada dalam posisi kontak dengan tanah di sekitar sistem pentanahan tersebut.

Penelitian dilakukan terhadap batang petir dengan menggunakan sudut perlindungan yang diperoleh dan luas daerah impuls yang berbeda-beda, bertujuan untuk mengetahui sudut perlindungan batang petir terhadap daerah perlingkungannya.

Beberapa Penelitian yang telah dilakukan terhadap suatu penangkal petir dengan sudut perlindungan yang berbeda dijadikan referensi dalam penelitian ini, diantaranya :

Penelitian dengan metode sudut proteksi pada gedung T Universitas Petra mendapatkan sudut sebesar 25° berdasarkan ketinggian tingkat proteksinya maka daerah perlingkungannya sejauh 16,2 meter. [2].

Analisis penangkal petir pada gedung terminal utama dan gedung ATC Bandara Fatmawati dengan menggunakan sudut perlindungan sebesar 55°. Dengan menggunakan metode konvensional didapatkan daerah perlindungan 7.499,71 m² dan 4.516,22 m². Sedangkan menggunakan metode non konvensional sebesar 26.735,52 m² dan 16.025,53 m². Namun dalam penelitian ini, peneliti menggunakan jumlah dan panjang batang tembaga yang berbeda pada setiap metode yang digunakan. [4]

Setiap sambaran petir bermula dari suatu lidah petir (*leader*) yang bergerak turun dari awan bermuatan dan disebut *downleader* (lihat pada Gambar 1.a). *Downward leader* ini bergerak menuju bumi dalam bentuk langkah-langkah yang disebut *step leader*.

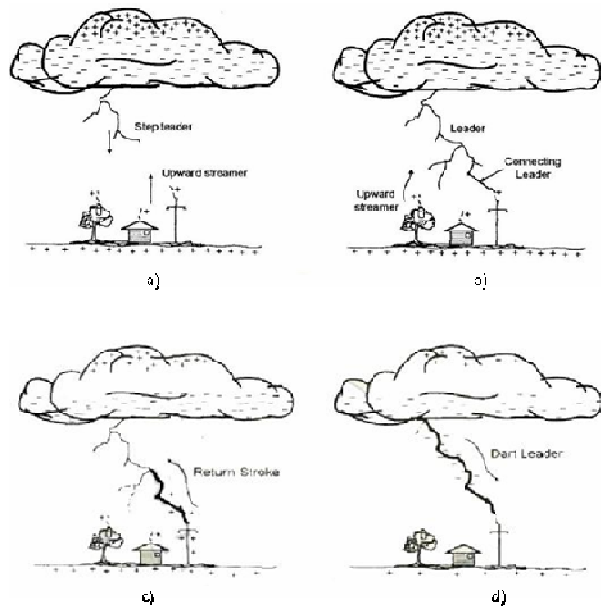
Pergerakan *step leader* ini arahnya selalu berubah-ubah sehingga secara keseluruhan arah jalannya tidak beraturan dan patah-patah. Panjang setiap 50 m (dalam rentang 3-200m), dengan interval waktu antara setiap step ± 50 μs (30-125 μs). dari waktu ke waktu, dalam perambatannya ini *step leader* mengalami percabangan sehingga terbentuk lidah petir yang bercabang-cabang.

Ketika *leader* bergerak mendekati bumi, maka ada beda potensial yang makin tinggi antara ujung *step leader* dengan bumi sehingga terbentuk peluahan mula yang disebut *upward streamer* pada permukaan bumi atau objek akan bergerak ke atas menuju ujung *step leader*. Apabila *upward leader* telah masuk ke dalam zona jarak sambaran atau *striking distance*, terbentuk petir penghubung (*connecting leader*) yang

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Jln. Grafika 2 Yogyakarta 55281 INDONESIA (telp: 0274-552305; fax: 0274-552305; e-mail: r.b.poernomo@gmail.com)

²Dosen, Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Jln. Grafika 2 Yogyakarta 55281 INDONESIA (telp: 0274-552305; fax: 0274-552305; e-mail: thrharyono@gmail.com)

menghubungkan ujung *step leader* dengan objek yang disambar (Gambar 1.b). Setelah itu akan timbul sambaran balik (*return stroke*) yang bercahaya sangat terang bergerak dari bumi atau objek menuju awan dan melepaskan muatan di awan (Gambar 1c)



Gbr. 1 Proses terjadinya sambaran

Jalan yang ditempuh oleh *return stroke* sama dengan jalan turunnya *step leader*, hanya arahnya yang berbeda. Kemudian terjadi sambaran susulan (*subsequent stroke*) dari awan menuju bumi atau objek tersebut. Sambaran susulan ini tidak memiliki percabangan dan biasa disebut lidah panah atau *dart leader* (Gambar 1.d). Pergerakan dari *leader* ini sekitar 10 kali lebih cepat dari *leader* yang pertama (sambaran pertama atau *first stroke*).

II. PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan dalam 5 tahap dan pada tiap tahap pengujian dilakukan perubahan ketinggian finial 2 untuk mendapatkan selisih tinggi terhadap finial 1. Selisih tinggi antara plat elektrode dengan finial 1 sebesar 5cm. Dan pada tiap perubahan selisih tersebut akan dilakukan 10x pengujian.

Jika hasil pada tabel menunjukkan angka 1 maka berarti listrik menyambar pada finial 1 yang berarti finial 1 dapat melindungi finial 2, dan sudut yang diinginkan sudah diperoleh, namun jika sambaran terjadi pada finial 2 dan ditunjukkan oleh angka 2 maka ketinggian finial 2 harus dirubah ke tahap selanjutnya hingga sambaran hanya akan menyambar pada finial 1.

A. Pengujian Tahap 1

Pengujian 1 dilakukan dengan jarak antara finial sebesar 260 mm. Hasil pengujian 1 dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL 1

SAMBARAN LISTRIK TERHADAP FINIAL PADA PENGUJIAN P1 (STIK TEMBAGA)

A	Y_1+3	Y_1+1	Y_1+0	Y_1-3	Y_1-5
P (260mm)	2,2,2,2,2	2,2,2,2,2	2,2,2,2,2	1,1,1,2,1	1,1,1,1,1
	2,2,2,2,2	2,2,2,2,2	2,2,2,2,2	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1

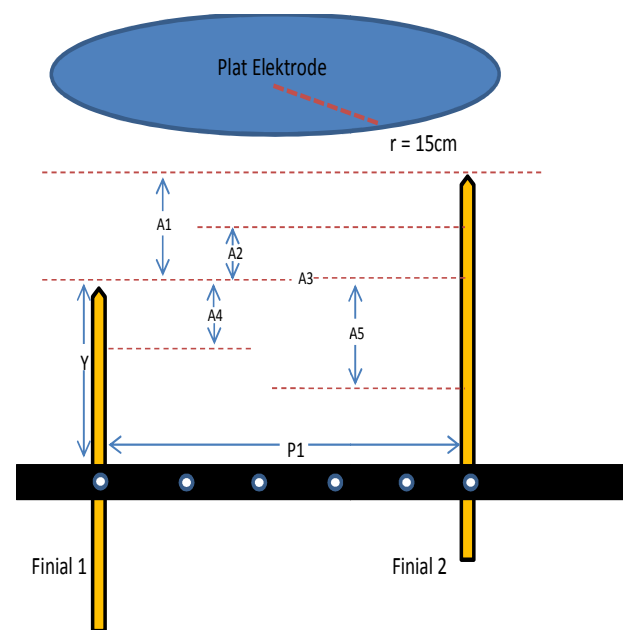
Keterangan Tabel :

Y_1 = Tinggi finial 1 (mm)

P = Pengujian jarak yang dilakukan terhadap finial

A = Selisih tinggi finial 2 terhadap finial 1

Sambaran pada finial 1 hanya ditunjukkan pada pengujian dengan ketinggian finial 2 pada $A4(Y_1-3)$ dan $A5(Y_1-5)$, sehingga perhitungan sudut perlindungan hanya dapat dilakukan pada posisi tersebut.



Gbr. 2 Uji Penentuan Sudut Perlindungan dengan jarak P1 (260mm)

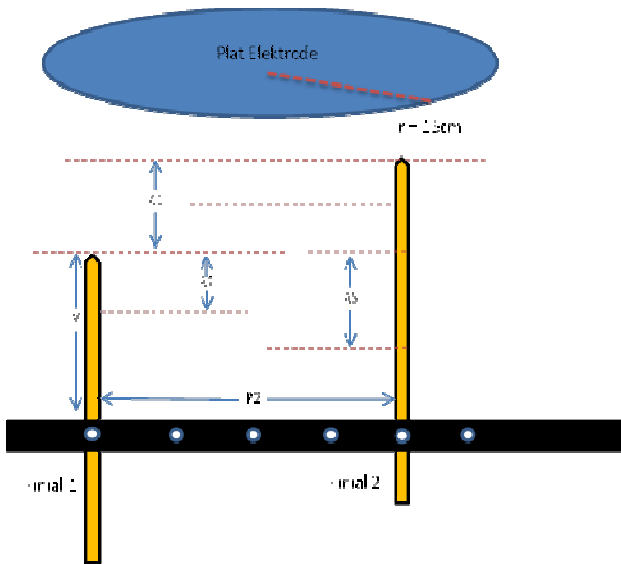
B. Pengujian Tahap 2

Pada tahap ini jarak finial 2 semakin mendekati finial 1, yaitu pada jarak 210 mm. Dan pengujian dilakukan dengan cara yang sama seperti tahap sebelumnya.

TABEL II

SAMBARAN LISTRIK TERHADAP FINIAL PADA PENGUJIAN P2 (STIK TEMBAGA)

A	Y_1+3	Y_1+1	Y_1+0	Y_1-3	Y_1-5
P (210mm)	2,2,2,2,2	2,2,2,2,2	2,2,2,2,2	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1
	2,2,2,2,2	2,2,2,2,2	2,2,2,2,2	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1



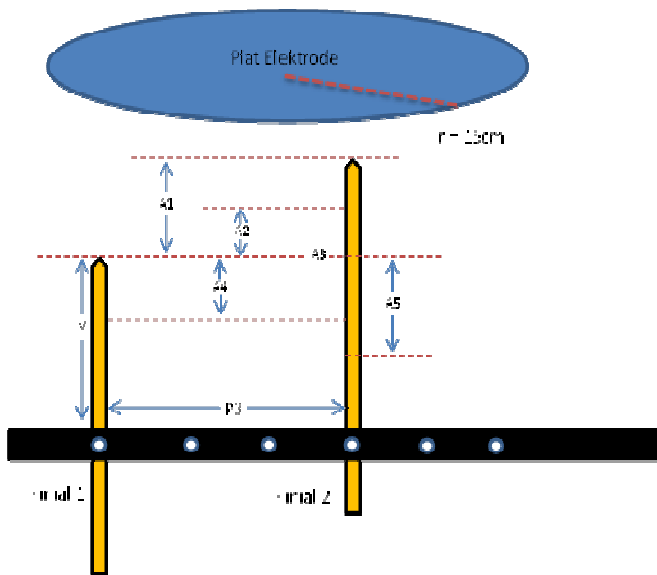
Gbr. 3 Uji Penentuan Sudut Perlindungan dengan jarak P2 (210mm)

C. Pengujian Tahap 3

Pada tahap ini masih sama seperti 2 pengujian sebelumnya, hanya pada pengujian ini digunakan jarak sebesar 175 mm antara finial 1 dengan finial 2.

TABEL III
SAMBARAN LISTRIK TERHADAP FINIAL PADA PENGUJIAN P3 (STIK TEMBAGA)

A	Y ₁₊₃	Y ₁₊₁	Y ₁₊₀	Y ₁₋₃	Y ₁₋₅
P (175mm)	2,2,2,2,2	2,2,2,2,2	2,2,2,2,2	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1
	2,2,2,2,2	2,2,2,2,2	2,2,2,2,2	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1



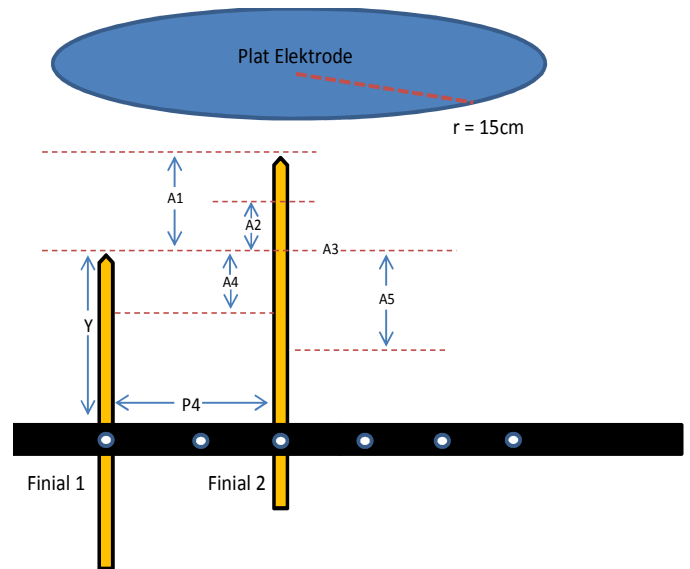
Gbr. 4 Uji Penentuan Sudut Perlindungan dengan jarak P3 (175mm)

D. Pengujian Tahap 4

Pada pengujian 4 digunakan jarak sebesar 105 mm, dan dapat dilihat pada gambar 5. hasil pengujian di tunjukkan pada tabel 4.

TABEL IV
SAMBARAN LISTRIK TERHADAP FINIAL PADA PENGUJIAN P4 (STIK TEMBAGA)

A	Y ₁₊₃	Y ₁₊₁	Y ₁₊₀	Y ₁₋₃	Y ₁₋₅
P (105mm)	2,2,2,2,2	2,2,2,2,2	2,2,2,2,2	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1
	2,2,2,2,2	2,2,2,2,2	2,2,2,2,2	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1



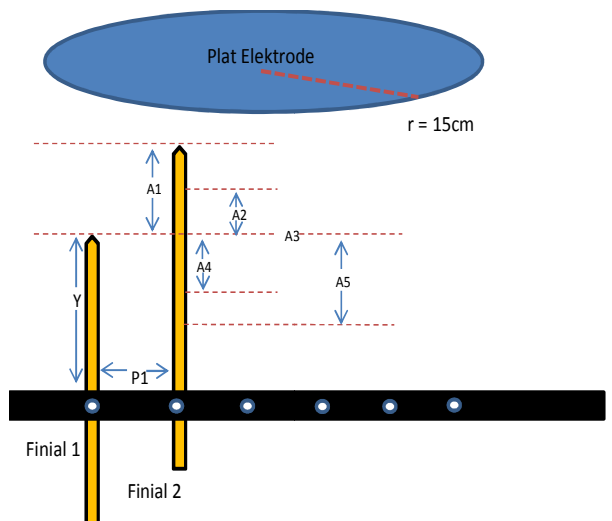
Gbr. 5 Uji Penentuan Sudut Perlindungan dengan jarak (105mm)

E. Pengujian Tahap 5

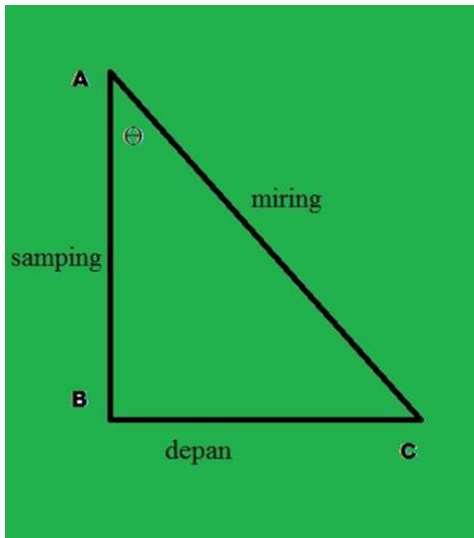
Pengujian 5 dilakukan dengan jarak antara finial sebesar 65 mm. Hasil pengujian 1 dapat dilihat pada Tabel 5 dibawah ini.

TABEL V
SAMBARAN LISTRIK TERHADAP FINIAL PADA PENGUJIAN P5 (STIK TEMBAGA)

A	Y ₁₊₃	Y ₁₊₁	Y ₁₊₀	Y ₁₋₃	Y ₁₋₅
P (65mm)	2,2,2,2,2	2,2,2,2,2	1,1,2,1,1	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1
	2,2,2,2,2	2,2,2,2,2	1,2,2,2,2	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1



Gbr. 6 Uji Penentuan Sudut Perlindungan dengan jarak P5 (65mm)



Gambar 7. Rasio Trigonometri

Mencari sudut perlindungan dengan persamaan di bawah ini:

$$\tan \theta = x / y \dots\dots\dots(1)$$

$$\tan^{-1} \theta = \angle \theta \dots\dots\dots(2)$$

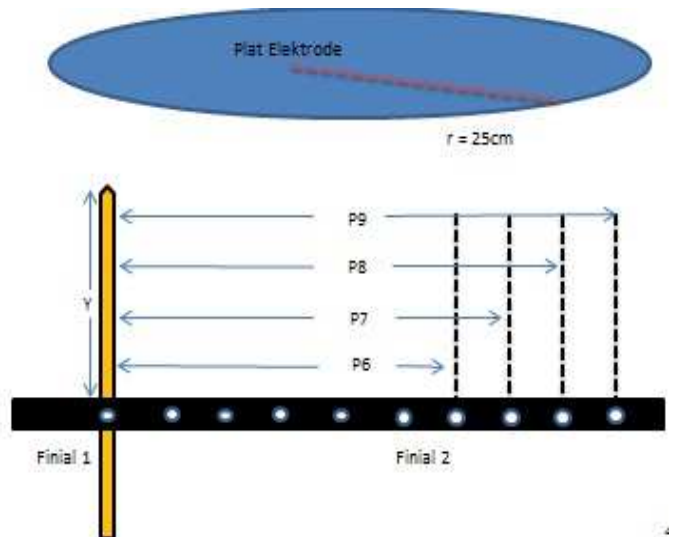
Hasil perhitungan dari pengujian diatas sebagai berikut :

1. P1, dengan jarak panjang = 260mm
 $Y_1 - 3 = 3 \text{ mm}$
 Depan = x (jarak panjang)
 Samping = y (selisih tinggi finial)
 Sehingga $\tan \theta = x / y$
 $\tan \theta = 260 / 3 = 86,66$
 Untuk mencari sudut θ
 maka $\tan^{-1} 86,66 = 89,3^\circ$
 $\square \theta = 89,3^\circ$
 $Y_1 - 5 = 5 \text{ mm}$
 $\tan \theta = 260 / 5 = 52$
 maka $\tan^{-1} 52 = 88,8^\circ$
 $\square \theta = 88,8^\circ$
2. P2, dengan jarak panjang = 210 mm
 $Y_1 - 3 = 3 \text{ mm}$
 $\tan \theta = 210 / 3 = 70$
 maka $\tan^{-1} 70 = 89,1^\circ$
 $\square \theta = 89,1^\circ$
 $Y_1 - 5 = 5 \text{ mm}$
 $\tan \theta = 210 / 5 = 42$
 maka $\tan^{-1} 42 = 88,6^\circ$
 $\square \theta = 88,6^\circ$
3. P3, dengan jarak panjang = 175 mm
 $Y_1 - 3 = 3 \text{ mm}$
 $\tan \theta = 175 / 3 = 58,33$
 maka $\tan^{-1} 58,33 = 89,01^\circ$
 $\square \theta = 89,01^\circ$

- $Y_1 - 5 = 5 \text{ mm}$
 $\tan \theta = 175 / 5 = 35$
 maka $\tan^{-1} 35 = 88,36^\circ$
 $\square \theta = 88,36^\circ$
4. P4, dengan jarak panjang = 105 mm
 $Y_1 - 3 = 3 \text{ mm}$
 $\tan \theta = 105 / 3 = 35$
 maka $\tan^{-1} 35 = 88,36^\circ$
 $\square \theta = 88,36^\circ$
 $Y_1 - 5 = 5 \text{ mm}$
 $\tan \theta = 105 / 5 = 21$
 maka $\tan^{-1} 21 = 87,27^\circ$
 $\square \theta = 87,27^\circ$
5. P5, dengan jarak panjang = 65 mm
 $Y_1 - 3 = 3 \text{ mm}$
 $\tan \theta = 65 / 3 = 21,66$
 maka $\tan^{-1} 21,66 = 87,35^\circ$
 $\square \theta = 87,35^\circ$
 $Y_1 - 5 = 5 \text{ mm}$
 $\tan \theta = 65 / 5 = 13$
 maka $\tan^{-1} 13 = 85,6^\circ$
 $\square \theta = 85,6^\circ$

E. Pengujian Tahap 6

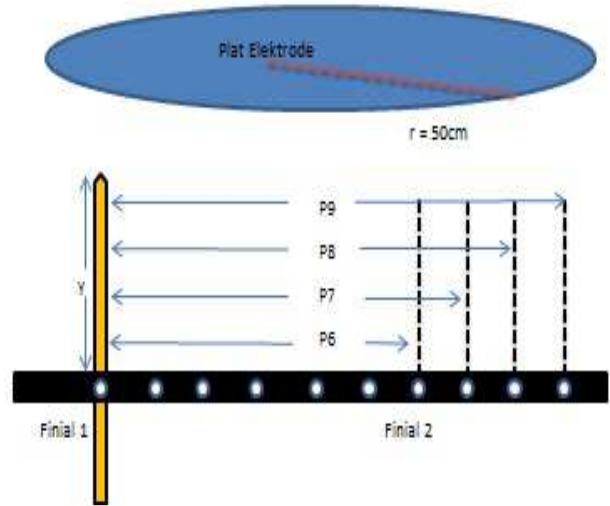
Pengujian tambahan ini dimaksudkan untuk membandingkan apakah finial 1 masih dapat melindungi finial 2 jika jarak dan plat elektrode yang digunakan lebih besar dari pengujian pada P1 – P5. Tahap 6 ini menggunakan plat elektrode berdiameter 50 cm dengan ketinggian finial 2 pada A4 ($Y_1 - 3$). Jarak antara finial 1 dan 2 semakin diperlebar dan tegangan impuls juga dinaikkan guna mengetahui apakah finial 2 masih dapat terlindungi oleh finial 1. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada Tabel 6 dan Gambar 8.



Gbr. 8 Uji Penentuan Sudut Perlindungan dengan plat elektrode diameter 50 cm

TABEL VI
SAMBARAN LISTRIK TERHADAP FINIAL 2 DENGAN PLAT ELEKTRODE DIAMETER 50 CM PADA A4 (Y₁-3)

Impuls	30kv	35kv	40kv	45kv
P6 (310mm)	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1
	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1
P7 (360mm)	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1
	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1
P8 (410mm)	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1
	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1
P9 (460mm)	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1
	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1



Gbr. 9 Uji Penentuan Sudut Perlindungan dengan plat elektrode diameter 100 cm

F. Pengujian Tahap 7

Pengujian ini tidak jauh berbeda dengan pengujian tahap 6 hanya berbeda pada penggunaan plat elektrode berdiameter 100 cm dengan ketinggian finial 2 pada A4 (Y₁- 3) . Hasil pengujian ini ditunjukkan pada Tabel 7 dan Gambar 9.

Adapun hasil perhitungan dari pengujian tahap 7 sebagai berikut :

a. P6, dengan jarak panjang = 310 mm

$$Y_1 - 3 = 3 \text{ mm}$$

$$\tan \theta = x / y$$

$$= 310 / 3 = 103,33$$

maka $\tan^{-1} 103,33 = 89,44^\circ$

$$\square \theta = 89,44^\circ$$

b. P7, dengan jarak panjang = 360 mm

$$Y_1 - 3 = 3 \text{ mm}$$

$$\tan \theta = x / y$$

$$= 360 / 3 = 120$$

maka $\tan^{-1} 120 = 89,52^\circ$

$$\angle \theta = 89,52^\circ$$

c. P8, dengan jarak panjang = 410 mm

$$Y_1 - 3 = 3 \text{ mm}$$

$$\tan \theta = x / y$$

$$= 410 / 3 = 136,66$$

maka $\tan^{-1} 136,66 = 89,58^\circ$

$$\angle \theta = 89,58^\circ$$

d. P9, dengan jarak panjang = 460 mm

$$Y_1 - 3 = 3 \text{ mm}$$

$$\tan \theta = x / y$$

$$= 460 / 3 = 153,33$$

maka $\tan^{-1} 153,33 = 89,62^\circ$

$$\angle \theta = 89,62^\circ$$

TABEL 7

SAMBARAN LISTRIK TERHADAP FINIAL 2 DENGAN PLAT ELEKTRODE DIAMETER 100 CM PADA A4 (Y₁- 3)

Impuls	30 kv	35 kv	40 kv	45 kv
P6 (310mm)	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1
	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1
P7 (360mm)	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1
	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1
P8 (410mm)	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1
	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1
P9 (460mm)	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1
	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1	1,1,1,1,1

Dari hasil perhitungan pengujian tahap 7 dapat dibuat Tabel 8. Dari Tabel 8 dapat dilihat bahwa pada jarak yang sama dan ketinggian finial 2 yang berbeda (lebih rendah dari finial 1), maka akan menghasilkan sudut perlindungan yang semakin kecil. Percobaan P1 (89,3°---88,8°), P2 (89,1°---88,6°), P3 (89,01°---88,36°), P4 (88,36°---87,27°), dan P5 (87,35°---85,6°).

Pada Tabel 8 dapat dilihat bahwa pada selisih tinggi finial Y₁- 3 dan Y₁- 5 di setiap pengujian pada posisi finial 2 di P1- P5, menunjukkan sudut perlindungan yang diberikan oleh finial 1 terhadap finial 2 semakin mengecil karena finial 2 semakin mendekat terhadap finial 1. Tinggi finial 2 yang digunakan pada A4 menghasilkan sudut yg semakin kecil dari P1 sampai P5 (89,3° ---89,1° --- 89,01°--- 88,36° --- 87,35°). Hal yang sama terjadi juga pada percobaan dengan ketinggian finial 2 pada A5 dengan menggunakan jarak P1 sampai P5 (88,8° --- 88,6° --- 88,36°--- 87,27° --- 85,6°). Hal ini

disebabkan oleh perubahan jarak antara finial 1 dan finial 2 yang ditunjukkan oleh P1-P5.

TABEL VIII
SUDUT HASIL PERHITUNGAN

Uji Jarak	Y_1-3	Y_1-5
P1	89,3°	88,8°
P2	89,1°	88,6°
P3	89,01°	88,36°
P4	88,36°	87,27°
P5	87,35°	85,6°
P6	89,44°	-
P7	89,52°	-
P8	89,58°	-
P9	89,62°	-

dengan :

P = jarak antara finial 1 dan finial 2.

Y_1-3 = sudut yang dihasilkan saat finial 2 lebih rendah 3 mm.

Y_1-5 = sudut yang dihasilkan saat finial 2 lebih rendah 5 mm.

Pengujian pada P6 sampai P9 menunjukkan hasil (89,44° - 89,52° -- 89,58° -- 89,62°) yang berarti bahwa sebenarnya sudut perlindungan yang dapat diberikan oleh finial 1 sebesar 89,62° sesuai dengan data yang didapat.

Pada beberapa penelitian di Bab.II disebutkan sudut yang digunakan sebesar 25° dengan 4 buah penangkal petir (*Hamyatris M.L* , 2002), begitu pula penelitian oleh Cahyadi Wijaya meneliti Gedung T Universitas Petra dan mendapatkan sudut 25°. Sedangkan pada penelitian di gedung ATC Bandara Fatmawati, sudut yang digunakan sebesar 55° (*Nedi Gunawan*, 2011).

Hasil pengujian yang dilakukan oleh penulis menunjukkan hal yang sama dengan teori tersebut walaupun dengan sudut perlindungan yang berbeda. Hal ini dikarenakan pengujian

dilakukan dengan menggunakan jarak dan tinggi finial sebagai penangkal petir dalam ukuran *milimeter (mm)* sedangkan Pengujian yang dilakukan hanya untuk mencari sudut perlindungan maksimal terhadap suatu obyek, dan tanpa menggunakan faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi sambaran listrik.

III. KESIMPULAN

Pada selisih tinggi finial Y_1-3 dan Y_1-5 di setiap pengujian pada posisi finial 2 di P1-P5, menunjukkan sudut perlindungan yang diberikan oleh finial 1 terhadap finial 2 semakin mengecil dikarenakan finial 2 semakin mendekat terhadap finial 1. Tinggi finial 2 yang digunakan pada A4 menghasilkan sudut yg semakin kecil dari P1 sampai P5 (89,3° ---89,1° --- 89,01°--- 88,36° --- 87,35°). Dan hal yang sama terjadi juga pada percobaan dengan ketinggian finial 2 pada A5 dengan menggunakan jarak P1 sampai P5 (88,8° --- 88,6° --- 88,36°--- 87,27° --- 85,6°). Yang membuktikan bahwa finial 2 semakin aman masuk dalam daerah perlindungan finial 1.

Pengujian pada P6 sampai P9 menunjukkan hasil (89,44° -- 89,52° -- 89,58° -- 89,62°) yang berarti bahwa sebenarnya sudut perlindungan yang dapat diberikan oleh finial 1 sebesar 89,62° sesuai dengan data yang didapat. Hal ini dikarenakan pengujian dilakukan dengan menggunakan jarak dan tinggi finial sebagai penangkal petir dalam ukuran *milimeter (mm)* sedangkan Pengujian yang dilakukan hanya untuk mencari sudut perlindungan maksimal terhadap suatu obyek, dan tanpa menggunakan faktor-faktor lain yang dapat mempengaruhi sambaran listrik.

Pada pemasangan penangkal petir pada suatu bangunan baru sebaiknya dilakukan perhitungan antara tinggi dan luas bangunan yang akan dibangun agar dapat memperhitungkan berapa penangkal petir yang dibutuhkan untuk dapat melindungi bangunan tersebut.

REFERENSI

- [1] Anderson, J.G, "Transmission Line Reference", Book 345 KV & Above Electric Power Research Institute, 2nd, Ed, Chapter 12. , 1982.
- [2] Cahyadi Wijaya, "Studi Evaluasi Sistem Perlindungan Petir Eksternal dan Internal khusus gedung T di Universitas Kristen Petra", Surabaya, 2004.
- [3] Syakur, Abdul dan Yuningtyastuti, "Sistem Proteksi Penangkal Petir pada Gedung Widya Puraya", Surabaya, , 2006.
- [4] Nedi Gunawan, "Evaluasi sitem proteksi penangkal petir Eksternal gedung bandara Fatmawati Soekarno Bengkulu dengan metode Konvensional dan Elektroteometri", 2011.