

Perancangan Sistem Proteksi Eksternal pada Masjid Baitul Amin Demak

Mochamad Arif Efendi¹ dan Ida Widiastuti²

^{1,2}Universitas Islam Sultan Agung Semarang

Jl. Kaligawe Raya No.km. 4, Terboyo Kulon, kec. Genuk, Kota Semarang, Jawa tengah 50112

e-mail: 30601800060@std.unissula.ac.id

Abstrak— Petir adalah suatu bahaya dari peristiwa alamiah yang berupa peluahan muatan listrik statis yang dibangkitkan oleh badai awan, Besar arus yang mengalir pada sambaran ini berkisar antara 2.000 sampai sekitar 200.000 A, Masjid Baitul Amin sendiri merupakan bangunan yang tinggi memiliki tower tinggi 22 meter dan bangunan utama 16 meter sehingga rawan terhadap sambaran petir, Tujuan penelitian ini untuk menghitung kebutuhan proteksi petir pada masjid baitul amin menggunakan metode rolling sphere dengan 3 sistem terminasi udara ditempatkan di tiga titik bangunan masjid yang menghasilkan sudut lindung 39.29° pada bangunan menara, 47.16° pada bangunan utama. Pada sistem pentanahan menggunakan metode single rod, menggunakan rod dengan panjang 1.5 m dengan diameter 1.4 cm, dengan nilai tahanan tanah sebesar 1.50 Ω memenuhi ketentuan PUIL 2011 yaitu tahanan pentanahan harus $\leq 5 \Omega$.

Kata kunci: penangkal petir, rolling sphere, single rod, sistem pentanahan, sistem terminasi udara

Abstract—Lightning is a danger from a natural event in the form of a discharge of static electricity generated by storm clouds. The amount of current flowing in this strike ranges from 2,000 to around 200,000 A. The Baitul Amin Mosque itself is a tall building with a 22 meter high tower and the main building, 16 meters so it is prone to lightning strikes. The aim of this research is to calculate the need for lightning protection at the Baitul Amin mosque using the rolling sphere method with 3 air termination systems placed at three points of the mosque building which produces a protection angle of 39.29° for the tower building, 47.16° for the main building. . In the grounding system using the single rod method, using a rod with a length of 1.5 m with a diameter of 1.4 cm, with a ground resistance value of 1.50 Ω meets the provisions of PUIL 2011, namely the grounding resistance must be $\leq 5 \Omega$.

Keywords: lightning rod, rolling sphere, single rod, grounding system, air termination system

I. PENDAHULUAN

Masjid Baitul Amin adalah bangunan yang cukup tinggi, memiliki tinggi tower 22 meter dan kubah 16 meter. Hari guruh di wilayah sekitar Kabupaten Demak seperti Kota Semarang yang dikatakan sedang yaitu 148 hari/tahun, maka Masjid Baitul Amin cukup rentan akan sambaran petir. Masjid Baitul Amin merupakan masjid bangunan baru terutama pada 2 buah tower, sebelumnya masjid Baitul Amin ini tidak mempunyai tower, setelah dibangun 2 buah tower, maka sistem proteksi eksternal perlu di tingkat kan karena masjid Baitul Amin ini merupakan tempat ibadah dan tempat berkumpul nya orang banyak, sehingga pemasangan sistem proteksi eksternal pada masjid Baitul Amin ini sangat penting agar tidak terjadi hal yang tidak di inginkan, sehingga kegiatan yang dilakukan didalam masjid mejadi lebih aman.

Sistem Proteksi Petir (SPP) bertujuan untuk melindungi bangunan dari sambaran langsung petir maupun sambaran petir tidak langsung. Sistem proteksi terhadap

sambaran petir secara umum terbagi atas dua bagian, yaitu sistem proteksi internal dan sistem proteksi eksternal. sistem proteksi eksternal bertujuan untuk mengurangi resiko terhadap bahaya kerusakan akibat sambaran langsung pada bangunan yang dilindungi..

II. STUDI PUSTAKA

penelitian dengan judul “ Analisa dan perancangan Sistem Penangkal Petir Pada Gedung Gereja musafir Buha Manado” Perencanaan pemasangan penangkal petir di gedung gereja Musafir Buha Manado menggunakan jenis konvensional , untuk kabel penghantar dari ujung sampai pada bak control menggunakan kabel BC. Jenis ground root batang yang memiliki panjang 6 m dan diameter 8 mm. sejumlah 4 buah batang elektroda pentanahan yang ditanam pada 4 titik yang berbeda disekitar gedung Gereja , yang dihubungkan secara paralel sehingga menghasilkan nilai tahanan secara total berdasarkan perhitungan / teoritis

sebesar 5 Ohm, dengan jenis tanah berupa tanah liat/ tanah ladang. Hasil penelitian menunjukkan Gedung gereja musafir Manado perolehan sambaran petir langsung (N_d) sebanyak 0,139 per tahun, hal ini menjadi dasar bahwa Sistem proteksi pada Gedung Gereja Musafir Buha merupakan suatu kebutuhan, dimana dari hasil kalkulasi menunjukkan tingkat proteksi yang dibutuhkan berada pada level IV, menggunakan sudut proteksi 69° . [1].

Kemudian penelitian dalam jurnal “Design Technology for an External Lightning Protection System for a Telecommunications Building” membahas pentingnya sistem proteksi petir pada bangunan dan juga bahaya sambaran petir terhadap bangunan. Dan juga, jurnal ini juga membahas tentang perencanaan sistem proteksi petir eksternal [2].

jurnal tentang “Perancangan instalasi proteksi petir eksternal pada gedung bertingkat (Aplikasi Balai Kota Pariaman) sukses perencanaan sistem proteksi petir eksternal pada gedung bertingkat. Dalam perhitungan perencanaan sistem proteksi petir eksternal, pertama yang harus dilakukan yaitu menentukan tingkat proteksi berdasarkan Persamaan 2.3 menggunakan standar PUIP. Kemudian menentukan penangkal petir. Berdasarkan sistem Franklin untuk proses pemilihan penangkal petir dengan terlebih dahulu menentukan tinggi akhir 30 cm. Luas area yang terproteksi adalah 32,15 m² [3].

Kemudian jurnal yang berjudul “Analisa Kebutuhan Sistem Proteksi Sambaran Petir Pada Gedung Bertingkat” Analisa data terdiri dari perhitungan akan kebutuhan sistem proteksi petir, penentuan tingkat proteksi, menghitung frekuensi sambaran petir pertahun serta menentukan jenis terminasi dan besar penampang konduktorpenyalur yang diperbolehkan. Pada penelitian ini didapatkan tingkat kebutuhan sistem proteksi petir pada Gedung Graha Muria adalah tergolong besar dan didapatkan tingkat proteksi IV, serta frekuensi sambaran petir langsung sebesar 0,139 pertahun. Setelah melakukan perhitungan maka dibutuhkan 4 buah batang terminasi setinggi 2 meter agar seluruh area gedung terlindungi dan besar penampang konduktor penghantar yang digunakan adalah kabel BC 16 mm [4].

Kemudian jurnal yang berjudul “Analisis Pemasangan Penangkal Petir Gedung OPI Mall Jakabaring Palembang”. Pada penelitian ini menggunakan standar PUIP untuk mendapatkan prakiraan resiko, berdasarkan PUIPP gedung OPI Mall sangat perlu dipasang sistem proteksi petir. Pada penelitian ini, yang dihitung yaitu estimasi risiko sambaran petir, jumlah kebutuhan penangkal petir dan penempatan penangkal petir, ada 4 metode yaitu razevig proteksi zona, sudut proteksi, metode ESE (Early Streamer Emission) dan rolling ball [5]

Untuk penelitian saya yang berjudul “ Perancangan Sistem Proteksi Petir Eksternal Pada Masjid Baitul Amin Demak”, perlindungan terhadap sambaran petir juga harus dirancang dengan maksimal karena masji Baitul Amin memiliki tower setinggi 22 meter, untuk melindungi alat-alat elektronik yang terpasang dibangunan tersebut dan masjid Baitul Amin merupakan tempat ibadah, sehingga aktivitas yang berada dalam masjid menjadi lebih aman

III METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi penelitian

Penelitian ini berlokasi di Kabupaten Demak, di Masjid Baitul Amin, Jl. Raya guntur, Karang Sari, Kecamatan Karangtengah, Kabupaten Demak, Jawa Tengah, 59561

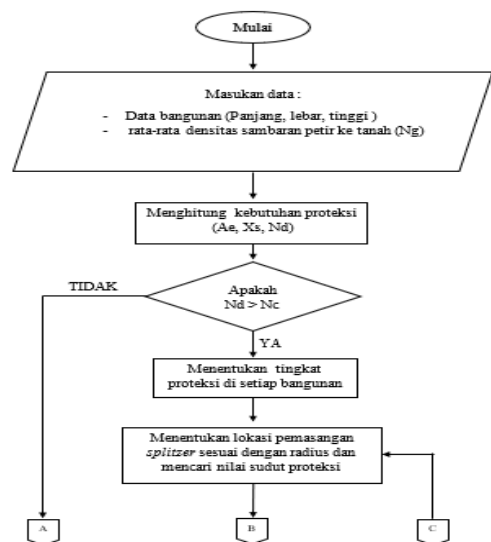
Alat dan bahan

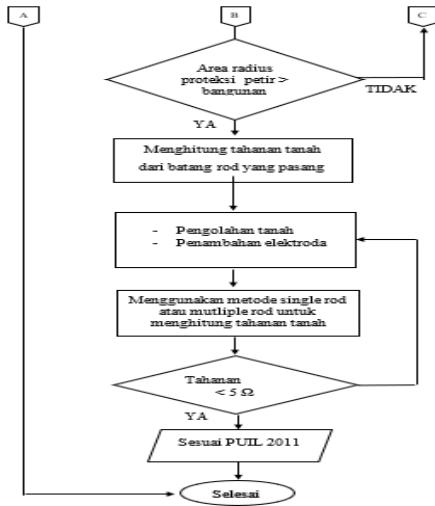
1. Meteran konvensional untuk mengukur data ukuran bangunan seperti panjang, lebar, tinggi
2. Aplikasi seperti CorelDraw X7 untuk menggambar bangunan yang ada
3. Digital Earth Resistance Tester
4. Batang rod panjang 1.5 meter ,diamter 14 mm

Berikut merupakan tahapan atau langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian

1. Memasukkan data bangunan
Mengukur panjang lebar dan tinggi bangunan, rata-rata densitas sambaran petir ke tanah (N_g)
2. Menghitung kebutuhan proteksi
Menghitung area cakupan ekivalen (a_e),
Pengaruh jarak sekitar (X_s)
rata-rata frekuensi sambaran petir langsung pertahun (N_d)
3. Apabila $N_d < N_c$ maka tidak diperlukan SPP
Apabila $N_d > N_c$, maka diperlukan sistem proteksi
Ket : Nilai frekuensi rata-rata sambaran tahunan (N_c)
rata-rata frekuensi sambaran petir langsung pertahun (N_d)

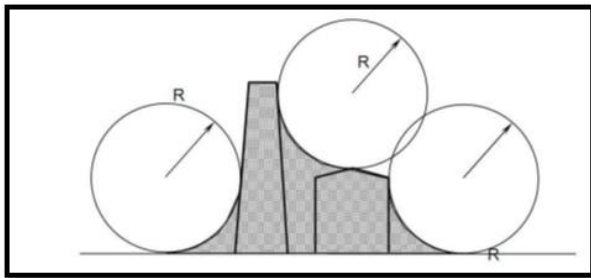
3.2 Flowchart Penelitian





3.3 Rolling Sphere method (Metode Bola Bergulir)

Metode rolling ball lebih cocok diaplikasikan pada suatu bangunan dengan bentuk atap yang cukup rumit. Dengan metode ini diibaratkan ada sebuah bola berjari-jari (R) yang menggelinding di atas tanah, mengelilingi dan melintasi ke berbagai arah sampai bertemu dengan tanah atau suatu struktur yang terhubung dengan permukaan bumi yang mampu bekerja sebagai konduktor. Titik kontak bola yang mengelilingi pada struktur merupakan titik yang dapat tersambar petir dan pada titik tersebut harus dilindungi dengan konduktor terminasi udara. Semua petir yang berjarak (R) dari ujung penangkap petir akan mempunyai peluang yang sama untuk menyambar suatu bangunan

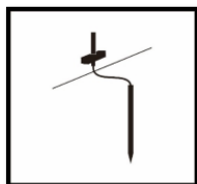


Gambar 2.7 Metode Bola Bergulir

Sumber : SNI 03-7015-2004 (2004: 26)

Metode pentanahan menggunakan single rod

Sistem pentanahan yang menggunakan satu batang rod tunggal dan ditancapkan dengan kedalaman tertentu misal 5 meter. hanya terdiri batang pelepas tunggal di dalam tanah dengan kedalaman tertentu (misalnya 6 meter). Untuk wilayah yang memiliki karakter tanah konduktif, mudah untuk mendapatkan nilai tahanan tanah dibawah 5 Ohm



Gambar 2.12 Elektroda Batang metode single rod.

Perhitungan Nilai tahanan pentanahan menggunakan metode single rod, dengan rumus [4].

$$R_p = R_R = \frac{\rho}{2\pi L_R} \left[\ln\left(\frac{4L}{a}\right) - 1 \right] \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

R_p = Tahanan pentanahan (Ohm)

R_R = Tahanan pentanahan untuk batang tunggal (Ohm)

ρ = Tahanan jenis tanah (Ohm-meter)

L_R = Panjang elektroda (meter)

a = Diameter elektroda (meter)

IV. HASIL PEMBAHASAN

Memasukkan data yang di pakai untuk mengetahui perlu tidak nya proteksi petir bagi Masjid Baitul Amin :

4.1 Data hasil pengukuran dan perhitungan

Bagian bangunan		panjang	lebar	Tinggi
Menara tower	Kanan	3 m	3 m	22 m
	Kiri	3 m	3 m	22 m
Bangunan Utama		16 m	16 m	16 m
Bangunan Serambi		11 m	16 m	12 m

4.2 Menentukan kebutuhan bangunan akan proteksi

NO	Bangunan	Indeks						Perkiraan Bahaya	Pengaman
		a	b	c	d	e	r		
1	Menara Kanan	3	2	4	0	6	15	Sangat Besar	Sangat Perlu
2	Menara Kiri	3	2	4	0	6	15	Sangat Besar	Sangat Perlu
3	Bangunan Utama	3	2	2	0	6	13	Agak Besar	Dianjurkan
4	Bangunan Serambi	3	2	2	0	6	13	Agak Besar	Dianjurkan

4.3 Perhitungan

1. Densitas sambaran petir

Diketahui : $T_d = 148$

$$Ng = 0.04 \left[T_d \right] ^{1.25}$$

$$Ng = 20.64 \left[/km \right] ^2$$

$$Ng = 0.04 \times 148^{1.25}$$

2. Menghitung Kebutuhan proteksi bangunan (Area ekivalen, Pengaruh jarak benda sekitar, Frekuensi sambaran petir ke bangunan, Efisiensi dan Sudut lindung)

➤ **Bagian menara kanan dan menara kiri :**

a. Area ekivalen (Ae)

Diketahui : a = 3 meter b = 3 meter h = 22 meter

$$Ae = (ab + 6h)(a+b) + 9\pi h^2$$

$$Ae = 3 \times 3 + 6 \times 22(3 + 3) + 9 \times 3.14 \times 22^2$$

$$Ae = 14478.84 \text{ m}^2$$

b. Pengaruh jarak benda sekitar (Xs) (dengan menara kiri)

Diketahui : d = 11 m hs = 22 m

$$x_s = \frac{d+3(hs-h)}{2}$$

$$x_s = \frac{11 + 3(22 - 22)}{2}$$

$$x_s = 5.5 \text{ m}^2$$

c. Pengaruh jarak benda sekitar (Xs) (dengan kubah serambi)

Diketahui : d = 6.5 m hs = 12 m

$$x_s = \frac{d+3(hs-h)}{2}$$

$$x_s = \frac{6.5 + 3(22 - 12)}{2}$$

$$x_s = 18.25 \text{ m}^2$$

$$x_s \text{ total} = 5.5 + 18.25 = 23.75 \text{ m}^2$$

$$Ae \text{ menara kanan} = Ae - Xs \text{ total} = 14478.84 - 23.75 = 14455.09 \text{ m}^2$$

d. Frekuensi sambaran ke bangunan (Nd)

Diketahui : Ng = 20.64 Ae = 14455.09 m²

$$Nd = Ng \times Ae \times 10^{-6}$$

$$Nd = 0.29835$$

e. Efisiensi (E)

Diketahui : Nd = 0.29835 Nc = 0.1

$$E \geq 1 - \frac{Nc}{Nd}$$

$$E \geq 1 - \frac{0.1}{0.29}$$

$$E \geq 0.66 \text{ atau } 66\%$$

f. Sudut Lindung

Diketahui : h = 22 m r = 60 m

$$a^\circ = \sin^{-1} \left(1 - \frac{h}{r}\right)$$

$$a^\circ = 39.29^\circ$$

➤ **Bagian utama masjid**

1. Bagian utama masjid :

a. Area ekivalen (Ae)

Diketahui : a = 16 meter b = 16 meter h = 16 meter

$$Ae = (ab + 6h)(a+b) + 9\pi h^2$$

$$Ae = 16 \times 16 + 6 \times 16(16 + 16) + 9 \times 3.14 \times 16^2$$

$$Ae = 256 + 3072 + 7234.56 Ae = 10562.56 \text{ m}^2$$

b. Pengaruh jarak benda sekitar (Xs) (dengan kubah serambi)

Diketahui : d = 7 m hs = 12 m

$$x_s = \frac{d+3(h-hs)}{2}$$

$$x_s = \frac{7 + 3(16 - 12)}{2}$$

$$x_s \text{ total} = 9 \text{ m}^2$$

$$Ae \text{ bagian utama masjid} = Ae - Xs \text{ total} = 10562.56 - 9 = 10553.56 \text{ m}^2$$

c. Frekuensi sambaran ke bangunan (Nd)

Diketahui : Ng = 20.64 Ae = 9487 m²

$$Nd = Ng \times Ae \times 10^{-6}$$

$$Nd = 0.2178$$

d. Efisiensi (E)

Diketahui : Nd = 0.2178 Nc = 0.1

$$E \geq 1 - \frac{Nc}{Nd}$$

$$E \geq 1 - \frac{0.1}{0.2178}$$

$$E \geq 0.541$$

e. Sudut Lindung

Diketahui : h = 16 m r = 60 m

$$a^\circ = \sin^{-1} \left(1 - \frac{h}{r}\right)$$

$$a^\circ = 47.16^\circ$$

Pada pengukuran tahanan pentanahan, metode yang diunakan adalah single rod, cpanjang batang rod 150 cm, diameter 1.4 cm, kemudian setelah dilakukan pengukuran rod terpasang di 3 titik bak kontrol menggunakan earth tester, nilai yang dapat dilihat di gambar 3.15 dan tabel 4.4. Untuk mengetahui tahanan pentanahan secara perhitungan dapat dihitung dengan persamaan (2.8)

Diketahui : $L = 150 \text{ cm}$ $\rho = 100 \ \Omega$ $a = 1.4 \text{ cm}$

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

$$R_p = \frac{100}{2 \times 3.14 \times 150} \left[\ln \left(\frac{4 \times 150}{1.4} \right) - 1 \right]$$

$$R_p = \frac{100}{942} \left[\ln (5.060) - 1 \right]$$

$$R_p = 0.106 \times 5.060$$

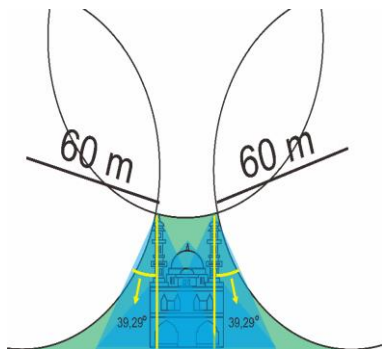
$$R_p = 0.536 \ \Omega$$

Maka tahanan pentanahan hasil perhitungan adalah 0.536 Ω

Hasil pengukuran aktual 1,5 Ohm



Hasil proteksi menggunakan CorelDraw X7



V. KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan dari hasil pengujian secara langsung dilapangan melalui perhitungan sesuai teori yang ada, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan yang ada yaitu:

1. Berdasarkan SNI 03-7015, 2004 dan PUIPP 1983, area proteksi terbaik adalah di 3 bagian bangunan masjid yang harus diproteksi yaitu bangunan menara kanan dan kiri serta bangunan utama masjid
2. Berdasarkan PUIPP taksiran resiko pada bangunan menara kanan dan menara kiri nilai nya adalah 15 (sangat besar / pengamanan sangat perlu), bangunan utama dan bangunan serambi nilainya adalah 13 (agar besar / pengamanan dianjurkan)
3. Berdasarkan standar SNI 03-715-2004 penempatan splitzer dipasang 1-1.5m lebih tinggi dari bangunan, menghasilkan sudut lindung 39.29° pada bangunan menara dan 47.16° pada bangunan utama masjid. kabel konduktor yang dipakai adalah kabel tembaga (BCC = BareCooper Cable) dengan ukuran 50 mm^2 menggunakan sistem single rod menggunakan elektroda dengan panjang 1.5 meter dengan diameter 1.4 cm yang di tanam dari permukaan tanah sampai kedalaman 1.5 meter dan menghasilkan nilai tahanan pentanahan sebesar 1.5 Ω yang telah sesuai dengan aturan PUIL.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bijang, N. L., Parassa, Y., Pairunan, T. T., Rongre, E. M., Mellolo, O., & Mappadang, J. L. (2023). Analisa Dan Perancangan Sistem Penangkal Petir Pada Gedung Gereja Musafir Buha Manado.”
2. Kitano, H., Sakai, K., Sato, H., Matsumura, H., Murao, T., & Suzuki, H. (2007). Design Technology for an External Lightning Protection System for a Telecommunications Building. NTT Technical Journal, 5(12).
3. Bandri, S. (2012). Perancangan Instalasi Penangkal Petir Eksternal Gedung Bertingkat (Aplikasi Balai Kota Pariaman). Jurnal Teknik Elektro, 1(2), 12-18.
4. Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. (1983). Peraturan Umum Instalasi Penyalur Petir (PUIPP) untuk Bangunan di Indonesia. Bandung : Departemen Pekerjaan Umum.

5. RANI, D. (2019). Pemrograman Desain Sistem Penangkal Petir Eksternal Pada Gedung Bertingkat Berbasis Java
6. M. Sukmawidjaja et al., "Analisis perancangan sistem proteksi bangunan the bellagio residence terhadap sambaran petir" vol. 12, 2015.
7. R. T. Pribadi, (2017), "Analisa Dan Perancangan Daerah Perlindungan Penangkal Petir Pada Gedung Islamic Center UIN Suska Riau".
8. SPLN. 102, (1993). tentang elektroda bumi jenis batang bulat berlapis tembaga. Jakarta: Dep. Pertamben & PLN.
9. Standarisasi Nasional, Badan,(2011). Peraturan Umum Instalasi Listrik(PUIL 2011). Jakarta: Yayasan PUIL.
10. SNI 03-7015-2004 "Sistem proteksi petir pada bangunan gedung," 2004.
11. Sumardjati, Prih, dkk, (2008). Teknik Pemanfaatan Tenaga Listrik Jilid 1. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
12. Peraturan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesian, nomor: PER.02/MEN/1989, (1989) Tentang pengawasan instalasi penyalur petir.
13. Asep Dadan Hermawan (2010),"Optimalisasi sistem penangkal petir eksternal menggunakan jenis early streamer"
14. Teten Dian Hakim, T. (2023). ANALISIS SISTEM PROTEKSI PENANGKAL PETIR EKSTERNAL DENGAN METODE BOLA BERGULIR PADA GEDUNG SOPO DEL TOWER A DAN B– JAKARTA SELATAN. Jurnal Elektro, 11(1), 1-14.
15. Karta, A., Agung, A. I., & Widyartono, M. (2020). Analisis Kebutuhan Sistem Proteksi Sambaran Petir Pada Gedung Bertingkat. Jurnal Teknik Elektro, 9(3), 773-780