Mars: Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Ilmu Komputer
Volume 3 Nomor 2, April 2025
e-ISSN : 3031-8742, p-ISSN 3031-8750 Hal. 01-15
DOI: https://doi.org/10.61132/mars.v3i2.747
Available online at: https://journal.arteii.or.id/index.php/Mars

Studi Perencanaan Proteksi Tegangan Lebih Eksternal Petir pada Gedung Rumah Sakit Universitas Tanjungpura

Muhammad Reky Alamsyah[1*], Managam Rajagukguk [2], Danial[2]
[1,2,3] Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura, Indonesia

Jl. Prof.Dr.H.Hadari Nawawi / Jendral Ahmad Yani, Pontianak - Kalimantan Barat (78124)
Korespondensi penulis: rekyalamsyah160109@student.untan.ac.id

Abstract. *The Tanjungpura University Hospital building is located in the city of Pontianak, which is situated on the equator and often faces the potential of lightning strikes, thus requiring the installation of an external lightning surge protection system. This study aims to design an external lightning surge protection system capable of protecting the Tanjungpura University Hospital building using the rolling sphere method. In the rolling sphere method, calculations will be made for the lightning strike distance (R), protection radius (Rp), protection area (Ax), and determination of protection angle (α). The University Tanjungpura Hospital building is at protection level IV, with a current strength of I = 16 kA and a lightning strike distance to the ground of 60.63 meters. The results obtained for using finials with the same height, hp = 1 meter, require hundreds of finials, while using a combination of finials and towers requires 68 finials. In the case of tower finials with a height hp = 10 meters, additional conductor wires are added or the catenary method is used with 14 conductor wires connecting 28 tower finials with a height of 10 meters, due to the areas outside the protection zone between these 28 final towers, necessitating the addition of conductor wires to expand the protection area of the rolling sphere method to protect the areas of the Tanjungpura University Hospital building.*

Keywords*: Catenary Method; Conductor Wire; Finial; Lightning Surge Protection; Rolling Sphere Method*

Abstrak. Gedung Rumah Sakit Universitas Tanjungpura terlekak di Kota Pontianak yang berada di lintasan khatulistiwa dan sering menghadapi potensi sambaran petir, sehingga perlu dipasang sistem proteksi tegangan lebih eksternal petir. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain sistem proteksi tegangan lebih eksternal petir agar mampu memproteksi Gedung Rumah Sakit Universitas Tanjungpura mnggunakan metode bola bergulir. Pada metode bola bergulir akan dilakukan perhitungan jarak sambaran petir (*R*), radius proteksi (*Rp*), luas daerah proteksi (*Ax*), dan penentuan sudut proteksi (α). Gedung Rumah Sakit Universitas Tanjungpura berada pada tingkat level proteksi IV, dimana memiliki kuat arus sebesar I = 16 kA dan jarak sambaran petir ke bumi sebesar 60,63 meter. Hasil yang diperoleh untuk penggunaan finial dengan tinggi yang sama yaitu *hp* = 1 meter, memerlukan ratusan finial, sedang jika menggunakan kombinasi finial dan tower, maka jumlah finial yang digunakan sebanyak 68 finial. Dimana pada finial tower dengn tinggi *hp* = 10 meter dilakukan penambahan kawat penghantar atau menggunakan metode cartenary sebanyak 14 kawat penghantar yang menghubungkan 28 finial tower setinggi 10 meter, dikarenakan pada daerah gedung yang berada di luar daerah proteksi yang terdapat di antara 28 tower final tersebut sehingga diperlukan penambahan kawat penghantar agar dapat memperluas daerah proteksi dari metode bola bergulir agar mampu memproteksi daerah pada Gedung Rumah Sakit Universitas Tanjungpura.

Kata kunci: Finial; Kawat Penghantar; Metode Bola Bergulir; Metode Catenary; Sistem Proteksi

1. LATAR BELAKANG

Petir adalah gejala alam yang merupakan peluahan muatan listrik statis di antara awan ke awan atau awan ke tanah. Petir memiliki bahaya sambaran terutama terhadap manusia, terhadap benda-benda, dan terhadap bangunan. Selain itu, sambaran petir juga dapat menyebabkan kerusakan termis berupa kebakaran maupun kerusakan mekanik seperti struktur bangunan retak, bahkan lebih parahnya dapat menyebabkan kematian manusia yang ada di sekitar gedung. Usaha untuk melindungi dan mengurangi dampak kerusakan akibat sambaran petir maka di pasang sistem pengaman pada gedung. Sistem pengaman ini salah satunya berupa sistem penangkal petir meliputi: terminasi udara, penghantar, dan pembumian. Pemasangan

Received: Februari 15, 2025; Revised: Februari 28, 2025; Accepted: Maret 16, 2025; Online Available: Maret 18, 2025

sistem penangkal petir tersebut berlandaskan dari resiko sambaran petir di daerah di mana gedung tersebut berada. Resiko tersebut memiliki standar untuk menentukan kebutuhan pemasangan sistem penangkal petir gedung tersebut. Pada buku Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan (1983) yang berjudul "Peraturan Umum Instalasi Penangkal Petir (PUIPP)" berisi standar untuk menentukan resiko tersambarnya petir sebuah gedung di suatu wilayah berdasarkan hari guruh dengan parameter dimensi gedung (Adrian dkk., 2021)

Rumah sakit merupakan lembaga pelayanan kesehatan yang menyelenggarakan kegiatan pelayanan kesehatan serta dapat dimanfaatkan untuk pendidikan tenaga kesehatan dan penelitian. Rumah Sakit Universitas Tanjungpura (Rumah Sakit Untan) mulai dibangun dan diresmikan pada tanggal 20 Mei 2013 oleh Menteri Pendidikan Dan Kebudayaan (Untan, t.t.). Bangunan gedung baru Rumah Sakit Universitas Tanjngpura memiliki tinggi bangunan yang terdari dari 9 lantai dan memiliki nilai indeks bahaya gedung yang sangat besar yaitu, sebesar Ri = 16. Sehingga pemasangan sistem proteksi tegangan lebih petir eksternal sangat diperlukan. Agar dapat menjalankan aktivitas rumah sakit dengan aman dan nyaman terlepas dari gangguan sambaran petir, diperlukan suatu sistem proteksi yang digunakan untuk melindungi bangunan dari gangguan sambaran petir yang terjadi. Penelitian yang akan dilakukan adalah studi perencanaan proteksi tegangan lebih eksternal petir pada Gedung Rumah Sakit Universitas Tanjungpura. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari perencanaan proteksi petir pada Gedung Rumah Sakit Universitas Tanjungpura tersebut, guna memproteksi bangunan tersebut dari bahaya sambaran petir. Perencanaan proteksi petir pada Gedung Rumah Sakit Universitas Tanjungpura ini dilakukan dengan memperhatikan kondisi eksisting bangunan. Kebutuhan bangunan akan proteksi petir ditentukan dengan menggunakan Berdasarkan Badan Standar Nasional Indonesia (SNI 03-7015-2004).

2. KAJIAN TEORITIS

Pada penelitian ini, digunakan teori-teori yang berasal dari penelitian terdahulu yang berhubungan dengan perencanaan proteksi tegangan lebih eksternal petir. Berikut merupakan beberapa hasil penelitian yang berkaitan dengan penelitian ini.

Rahmadhani Zaelanilluddin (2021) dalam penelitiannya yang berjudul "Analisis Sistem Proteksi Petir Eksternal Pada Apartemen Saumata Suites Tangerang" menemukan bahwa hasil yang didapatkan pada tinggi gedung 120 m setelah perhitugan adalah rata-rata sambaran petir sebesar 11,4012 sambaran/tahun dengan nilai efisiensi 0,99 yang berarti tingkat kebutuhan proteksi berada pada level I sehingga dibutuhkan sistem proteksi petir yang maksimal dengan nilai arus puncak 200 kA. Kemudian dengan menggunakan metode bola bergulir, nilai jarak

sambaran petir diperoleh sebesar 313,0902 m dan radius daerah proteksi sambaran petir sebesar 247,180 m yang berarti sistem proteksi petir sudah mampu melindungi bangunan. (Zaelanilluddin, 2021)

Zainul Hakim (2015) dalam penelitiannya yang berjudul "Perancangan Instalasi Penangkal Petir Masjid Raya Mujahidin menggunakan Metode Bola Berguli (Rolling Sphere Method)" menemukan bahwa Masjid Raya Mujahidin memiliki struktur bangunan yang cukup tinggi (62 meter) di wilayah Kota Pontianak dan berdasarkan data dari SNI 03-7015-2004 bahwa untuk wilayah Kota Pontianak memiliki hari guruh yang sangat tinggi, yaitu (219 hari), maka dari itu perlu adanya proteksi petir untuk mengurangi dampak dari sambaran petir tersebut. Berdasarkan tabel indeks PUIPP bahwa Masjid Raya Mujahidin sangat rentan akan sambaran petir, sehingga proteksi petir eksternal sangat diperlukan pada bangunan ini. Masjid Raya Mujahidin memiliki struktur bangunan yang cukup rumit, maka dari itu metode yang tepat dalam menentukan proteksi petir tersebut adalah metode bola bergulir (Rolling Sphere Method). Setelah melakukan simulasi dengan menggunakan metode bola bergulir dan teknik proteksi petir konvesional dengan radius bola 20 m untuk arus petir 3 kA telah didapatkan jumlah finial yang dibutuhkan adalah sebanyak 5 buah dengan tinggi 2 m. Material yang dipakai pada 5 terminasi udara, konduktor penyalur, maupun pembumian adalah tembaga dengan luas penampang 35 mm^2. Tahanan tanah pada lokasi Masjid Raya Mujahidin cukup rendah yaitu berkisar 0,6 – 1,2 Ω (Ohm), hal ini memudahkan petir untuk cepat masuk ke bumi. Sistem pembumian (grounding system) yangdirencakan adalah sebanyak 5 titik pembumian yang tersebar di sekeliling bangunan Masjid, dengan tujuan agar arus petir masuk ke dalam bumi bisa berlangsung dengan cepat. (Hakim dkk., 2017)

Dio Suseno Wongso (2022) dalam penelitiannya yang berjudul "Studi Perencanaan Proteksi Tegangan Lebih Eksternal Petir di PLTS 1,5 MW Universitas Tanjungpura" dengan tujuan untuk mendesain sistem proteksi eksternal petir agar mampu memproteksi PLTS 1,5 MW Universitas Tanjungpura hingga kuat arus 3 kA menggunakan metode bola bergulir dan metode Early Streamer Emission (ESE). Perhitungan metode bola bergulir pada sistem proteksi eksternal petir tertinggi berdasarkan BS EN/IEC 62305, yakni dengan kuat arus petir (I) 3 kA didapatkan jarak sambaran petir (*R*) sebesar 20,4234 m, sudut proteksi (α) yang menyinggung tiang terminasi udara dan bola bergulir sebesar 9,6483° dengan radius proteksi *(Rp*) dihasilkan sebesar 20,1344 m, menghasilkan luas daerah proteksi (*Ax)* sebesar 1273,5891 m^2. Sedangkan perhitungan metode Early Streamer Emission (*ESE*) akan digunakan 2 terminasi udara ESE yang memiliki spesifikasi yang berbeda sebagai perbandingan sistem proteksi eksternal petir, dengan kuat arus petir (*I*) 3 kA atau tingkat proteksi I berdasarkan BS EN/IEC 62305.

Menggunakan terminasi udara Pulsar 60 didapatkan jarak tambahan dari ESE (ΔL) 60 m dengan radius proteksi (Rp) yang dihasilkan sebesar 80,3505 m, menghasilkan luas daerah proteksi (Ax) sebesar 20282,7596 m^2 . (Wongso dkk., 2022)

Nurwina Ariana dan Elfira Riani (2019) dalam penelitiannya yang berjudul "Analisis Sistem Penangkal Petir Pada BTS Di PT. Daya Telekomunikasi (MitraTel)" yang bertujuan mengetahui tingkat kebutuhan bangunan BTS akan pengkal petir, mengetahui luas daerah yang dapat diproteksi oleh sistem panangkal petir, untuk mengetahui sistem pentanahan pada BTS. Hasil yang didapatkan dari penelitian ini yakni nilai rata-rata sambaran petir sebesar 1,08 sambaran/tahun dengan nilai efisiensi sebesar 0,9 yang berarti tingkat kebutuhan proteksi minimum berasa pada level III. Dengan menggunakan metode bola bergulir didapatkan radius proteksi sebesar 144,9 m dengan luas 65.927,4714 m^2. (Ariana & Riana, 2019)

Dari beberapa kajian terdahulu yang telah dipaparkan, maka dalam penelitian ini akan dilakukan studi perencanaan kebutuhan proteksi ekternal petir terutama bagian terminasi udara pada Rumah Sakit Universitas Tanjungpura menggunakan metode bola bergulir serta akan dilakukan desain 3 dimensi daerah yang dapat diproteksi dari sistem proteksi eksternal petir dengan menggunakan SketchUp Pro.Bagian ini menguraikan teori-teori relevan yang mendasari topik penelitian dan memberikan ulasan tentang beberapa penelitian sebelumnya yang relevan dan memberikan acuan serta landasan bagi penelitian ini dilakukan. Jika ada hipotesis, bisa dinyatakan tidak tersurat dan tidak harus dalam kalimat tanya.

3. METODE PENELITIAN

Adapun langkah perhitungan kebutuhan bangunan akan level proteksi berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI 03-7015-2004) adalah sebagai berikut:

a) Untuk menentukan level sistem proteksi tegangan lebih eksternal dimulai dengan mencari luas daerah cakupan ekivalen dengan persamaan:

$$A_e = ab + 6h(a + b) + 9h2 \quad (1)$$

Dimana Ae adalah Daerah cakupan ekivalen (m2); a adalah Panjang bangunan (meter); b adalah Lebar bangunan (meter) dan *h* adalah tinggi bangunan yang akan dilindungi tanpa finial (meter)

b) Setelah didapatkan nilai daerah cakupan ekivalen (A_e), selanjutnya menentukan frekuensi rata-rata tahunan sambaran petir langsung (N_d) ke bangunan dengan persamaan:

$$N_d = N_g x A_e x 10^{-6} \text{ (sambaran/tahun)} \quad (2)$$

Di mana N_d adalah Frekuensi rata-rata tahunan sambaran petir (sambaran/tahun); N_g adalah jumlah kerapatan sambaran petir ke bumi dalam satu tahun (sambaran/km^2/tahun)

Nilai kerapatan sambaran petir (N_g) diperoleh dari penelitian terdahulu, berikut nilai kerapatan sambaran petir yang dimuat pada Tabel 1:

Tabel 1. Kerapatan Sambaran Petir (N) Kota Pontianak Sekitarnya

No	Kecamatan	Kerapatan Sambaran Petir (sambaran/km^2/tahun)
1	Pontianak Barat	10,3
2	Pontianak Utara	12,54
3	Pontianak Kota	14,57
4	Pontianak Selatan	7,70
5	Pontianak Tenggara	6,67
6	Pontianak Timur	10,36
7	Rasau Jaya	7,67
8	Sungai Raya	7,75

Sumber: (Misael Septian Tanalepy, 2022)

c) Selanjutnya efisiensi sebuah sistem proteksi tegangan lebih eksternal dapat ditentukan dengan persamaan berikut:

$$E = 1 - \frac{Nc}{Nd}(\%) \quad (3)$$

Di mana E adalah Efisiensi sistem proteksi eksternal (%) dan N_c adalah Frekuensi sambaran tahunan yang diperbolehkan (sambaran/tahun). Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-7015-2004, besar frekuensi sambaran tahunan (Nc) yang diperbolehkan adalah sebesar 10^{-1} sambaran/tahun.

d) Level sistem proteksi tegangan lebih dapat diketahui dari Tabel 2, dengan menyesuaikan hasil perhitungan efisiensi sistem proteksi tegangan lebih eksternal yang telah diperoleh:

Tabel 2. Efisiensi Sistem Proteksi Tegangan Lebih Eksternal Berdasarkan Level Proteksi

Level Proteksi	Efisiensi Sistem Proteksi Tegangan Lebih Eksternal (%)
I	0.98
II	0.95
III	0.90
IV	0.80

Sumber: (SNI 03-7015-2004)

Selain menentukan Level proteksi, perlu juga ditentukan penempatan terminasi udara yang sesuai degan tingkat proteksinya. Penempatan proteksi petir suatu bangunan yang disesuaikan dengan tingkat proteksi memperhatikan tabel berikut:

Tabel 3. Penempatan Terminasi Udara Berdasarkan Tingkat Proteksi

Tingkat Proteksi	H(m) / R(m)	20	30	45	60	Lebar Mata Jala (m)
I	20	25	*	*	*	5
II	30	35	25	*	*	10
III	45	45	35	25	*	10
IV	60	55	45	35	25	20
*Hanya menggunakan metode bola bergulir dan jala pada kasus ini						

Sumber: (SNI 03-7015-2004)

Tabel 4. Besar Arus Petir Berdasarkan Level Proteksi Tegangan Lebih Eksternal

Level Proteksi	Arus Petir (kA)
I	3
II	5
III	10
IV	16

Melakukan perhitungan daerah proteksi dan radius proteksi terminasi udara dengan metode bola bergullir, dengan langkah sebagai berikut :

a) Menghitung jarak sambaran petir (R) dengan persamaan E.R. Lovez

$$R = 10 \times I^{0,65} \text{ (m)} \quad (4)$$

Dimana R adalah Jarak sambaran petir (meter) dan *I* adalah kuat arus petir (kA).

b) Mencari sudut proteksi

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{x}{h}\right)(°) \quad (5)$$

Dimana α adalah sudut proteksi (°); *x* adalah jarak horinzontal (meter); *H* adalah tinggi finial dari permukaan bumi (meter).

c) Menghitung radius proteksi (R_p)

$$R_p = \sqrt{Hx(2R - H)}\ (m) \quad (6)$$

Dimana R_p merupakan Radius Proteksi (meter)

d) Mencari luas area proteksi (A_x)

$$A_x = \pi\ x\ {R_p}^2\ (m^2) \quad (7)$$

Dimana *Ax* adalah luas daerah proteksi (meter^2)

Tahap terakhir dari penelitian ini, membuat desain 3 dimensi dari sistem proteksi eksternal petir mode bola bergulir menggunakan SketcUp Pro, berdasarkan hasil perhitungan dari metode bola bergulir. Desain ini berfungsi untuk melihat apakah proteksi sudah mampu memproteksi objek atau belum.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Resiko Bahaya Petir dan Penentuan Level Sistem Proteksi Tegangan Lebih Eksternal pada Gedung Rumah Sakit Universitas Tanjungpura

Analisis resiko sambaran petir pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa jauh resiko kerusakan yang dapat disebabkan oleh sambaran petir pada Gedung Rumah Sakit Universitas Tanjungpura, yang meliputi perhitungan daerah cakupan ekivalen (Ae), dimana daerah ini merupakan daerah yang dianggap memiliki resiko tersambar oleh petir, kemudian dilanjutkan dengan perhitungan frekuensi sambaran petir langsung (Nd) tahunan pada suatu gedung.

Luas daerah cakupan ekivalen (Ae) pada Gedung Perpustakaan Universitas Tanjungpura yang memiliki panjang gedung (a) sebesar 142,5 meter, lebar (b) sebesar 65,3 meter dan tinggi (h) sebesar 47,5 meter, dapat dihitung dengan Persamaan (1), sebagai berikut:

$A_e = ab + 6h(a + b) + 9h2$

Ae = (142,5 × 65,3) + (6× 47,5 × (142,5 + 65,3)) +(9 × 47,5 × 2) m^2

Ae = 69.393,25 m^2

Jumlah frekuensi rata-rata tahunan sambaran petir langsung ke bangunan (Nd) dapat dihitung dengan Persamaan (2), di mana nilai kerapatan sambaran petir ke bumi per tahun (Ng) diperoleh dari Tabel 1 yaitu sebesar 6,67 sambaran/tahun.

N_d = N_g ×Ae ×10−6 sambaran/tahun

N_d = 6,67 × 69.393,25× 10−6 sambaran/tahun

N_d = 0,46 sambaran/tahun

Berdasarkan pada data yang diperoleh dari Tabel 2 diperoleh nilai frekuensi sambaran tahunan yang diperbolehkan (Nc) adalah sebesar 0,1 sambaran/tahun. Maka dengan Persamaan (3), nilai efisiensi dari sistem proteksi tegangan lebih eksternal dapat dicari sebagai berikut:

$E = 1 - \frac{N_c}{N_d} = 1 - \frac{0.1}{0.46}$ = 0,78 %

Berdasarkan hasil perhitungan efisiensi sistem proteksi tegangan lebih didapatkan nilai efisiensi sebesar 0,78 %, berdasarkan SNI 03-7015-2004 (Standar Nasional Indonesia yang ditunjukkan pada Tabel 2 didapatkan bahwa level sistem proteksi tegangan lebih pada Gedung Rumah Sakit Universitas Tanjungpura berada pada level proteksi IV, dengan nilai efisiensi pendekatan 0,80 %.

Tabel 5. Hasil Perhitunngan Analisis resiko pada Gedung Rumah Sakit Universitas Tanjungpura

(N_g) (sambaran/km^2/tahun)	(A_e) [$m2$]	(N_d) [Sambaran / tahun]	(N_c) [sambaran / tahun]	(E) [%]	Level proteksi
6,67	69.393,25	0,46	0,1	0,78	IV

Perhitungan dan Penentuan Daerah Bidang Sambaran Sistem Proteksi Tegangan Lebih Eksternal Petir Tipe Konvensional Menggunakan Metode Bola Bergulir pada Rumah Sakit Universitas Tanjungpura.

Metode ini memanfaatkan finial dari permukaan bumi, serta jarak sambaran petir untuk menghasilkan bidang sambar. Adapun perhitungan akan dilakukan pada sejumlah finial dengan ketinggian yang bervariasi, dengan tinggi minimum 1 meter dan tinggi maksimum 10 meter, sesuai dengan kebutuhan gedung. Perlu diketahui bahwa pada metode bola bergulir semakin tinggi finial dari permukaan bumi, maka semakin besar radius proteksinya dan jumlah finial yang digunakan pun semakin sedikit.

Untuk mengetahui nilai dari luas daerah proteksi dan radius proteksi pada Gedung Rumah Sakit Universitas Tanjungpura yang memiliki tingkat level proteksi IV yang dimana pada tabel 4 kuat arus petirnya (I) sebesar 16 kA serta menggunakan finial dengan tinggi 1 m dan 10 m, menggunakan metode bola bergulir maka menggunakan persamaan E.R. Lovez untuk mencari jarak sambaran petir (R). Perhitungan jarak sambaran petir (R) menggunakan persamaan (4), sebagai berikut:

$$R = 10 \text{ x } I^{0,65} = 10 \text{ x } 16^{0,65} = 60,63 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan yang didapatkan bahwa jarak sambaran petir (R) level proteksi IV pada kuat arus petir (I) 16 kA adalah 60,63 m

Perhitungan untuk mencari sudut proteksi (α) :

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{x}{H}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{15,64}{51,5}\right) = 15,64\ ^\circ$$

Perhitungan radius proteksi (R_p) metode bola bergulir dari tiap finial dapat dilakukan dengan persamaan (6), sebagai berikut:

$$R_p = \sqrt{H \text{ x } (2R - H)} = \sqrt{51,5 \text{ x } (2 \text{ x } 60,63 - 51,5)} = 59,94 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan di atas didapatkan bahwa radius proteksi (R_p) tiap finial dapat mencapai 59,94 m.

Sedangkan untuk mencari luas daerah proteksi (A_x) metode bola bergulir dari tiap finial dapat menggunakan persamaan (7), yakni:

$$A_x = \pi \ x \ R_p^2 = \pi \ x \ (59,94)^2 \text{ m}^2 = 11.281,40 \text{ m}^2$$

Dari hasil perhitungan di atas didapatkan bahwa luas daerah proteksi (A_x) yang dilakukan maka didapatkan luas daerah yang dapat diproteksi tiap finial adalah seluas 11.281,40 $m^{2.}$

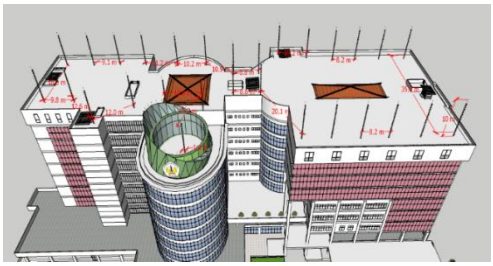
Dengan rumus yang sama pada ketinggian yang berbeda di Gedung Rumah Sakit Universitas Tanjungpura didapatkan hasil perhitungan seperti pada Tabel berikut.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Radius Proteksi, Luas Daerah Proteksi dan Penentuan Sudut Proteksi, Menggunakan Metode Bola Bergulir pada Gedung Rumah Sakit Universitas Tanjungpura.

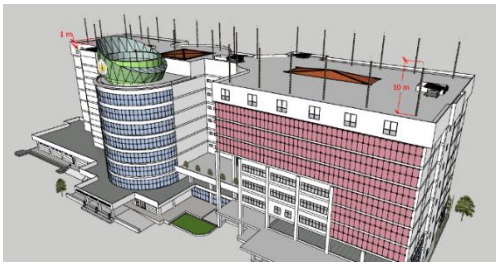
No	R (m)	h (m)	h_p (m)	x (m)	H (m)	α (°)	R_p (m)	A_x (m^2)
1	60,63	41,8	1	15,41	42,8	19,80	57,48	10.374,40
2		42,5	1	15,38	43,5	19,29	57,69	10.450,35
3		42,7	1	15,35	43,7	19,29	57,74	10.468,47
4		43,4	1	15,29	44,4	18,77	57,94	10.541,12
5		44,5	1	15,19	45,5	18,26	58,22	10.643,24
6		45,1	1	15,12	46,1	18,26	58,37	10.698,16
7		45,3	1	15,10	46,3	18,26	58,42	10.716,50
8		45,8	1	15,07	46,8	17,74	58,53	10.756,89
9		45,9	1	15,04	46,9	17,74	58,55	10.764,24
10		46,4	1	14,97	47,4	17,74	58,66	10.804,73
11		46,5	1	14,96	47,5	17,22	58,68	10.812,10
12		46,9	1	14,90	47,9	17,22	58,77	10.845,29
13		47	1	14,89	48	17,22	58,79	10.852,67
14		47,2	1	14,68	48,2	16,70	58,83	10.867,44
15		47,3	1	14,85	48,3	17,22	58,85	10.874,83
16		47,4	1	14,84	48,4	17,22,	58,87	10.882,23
17		47,5	1	14,83	48,5	17,22	58,89	10.889,62
18		35,5	10	15,19	45,5	18,26	58,22	10,643,24
19		41,5	10	14,32	51,5	15,64	59,94	11.281,40

Desain Sistem Proteksi Tegangan Lebih Eksternal Petir Pada Gedung Rumah Sakit Universitas Tanjungpura.

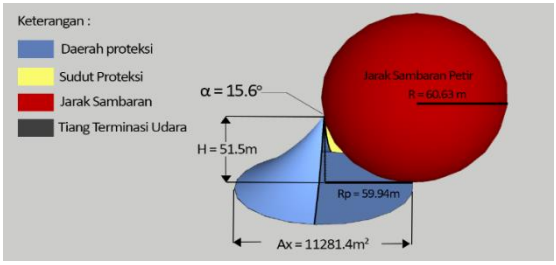
Adapun desain 3 dimensi proteksi tegangan lebih eksternal petir pada Rumah Sakit Universitas Tanjungpura, yang didapatkan dari perhitngan berdasarkan metode bola bergulir, seperti di bawah ini:



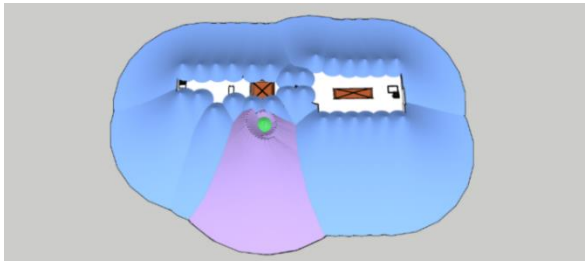
Gambar 1. Tampak Atas Letak Finial Serta Jarak Finial pada Gedung



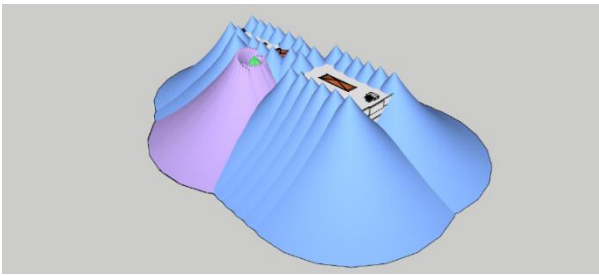
Gambar 2. Tampak Samping Letak Finial Serta Tinggi Finial pada Gedung



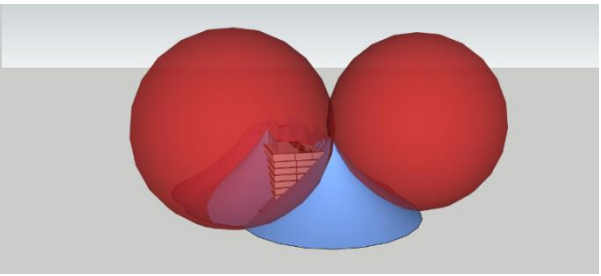
Gambar 3. Keterangan Pada Metode Bola Bergulir Pada Kuat Arus Petir 16 kA



Gambar 4. Tampak Atas Daerah Proteksi Metode Bola Bergulir Gedung

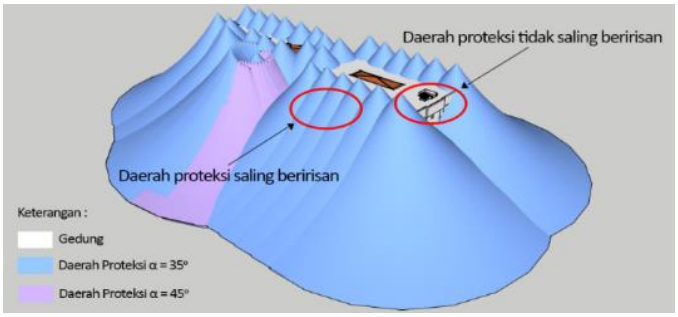


Gambar 5. Tampak Samping Daerah proteksi Metode Bola Bergulir pada Rumah Sakit Universitas Tanjungpura.



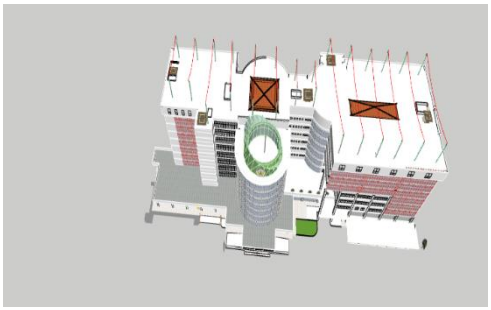
Gambar 6. Tampak Samping Daerah Proteksi Metode Bola Bergulir pada Rumah Sakit Universitas Tanjungpura & Jarak Sambaran Petir.

Dari hasil desain 3 dimensi berdasarkan hasil perhitungan yang telah didapatkan terhadap jarak sambaran petir (R), radius proteksi (R_p), dan luas daerah proteksi (A_x) menggunakan metode bola bergulir dengan menggunakan finial dengan tinggi 1 m dan tinggi 10 m menggunakan tower, diperlihatkan bahwa sistem proteksi tegangan lebih eksternal petir yang dipasang dengan finial tinggi 1 m sebanyak 39 finial, dan dengan ketinggian 10 m menggunakan tower dipasang sebanyak 29 finial. Alasan pemasangan finial dengan jumlah tersebut merupakan desain paling optimum pada Gedung Rumah Sakit Universitas Tanjungpura, dikarenakan daerah proteksi masih saling beririsan di antara finial. Apabila finial kurang maka dapat menimbulkan daerah proteksi yang tidak saling beririsan, sehingga menyebabkan daerah tersebut tidak terproteksi seperti yang di tunjukan gambar di bawah.

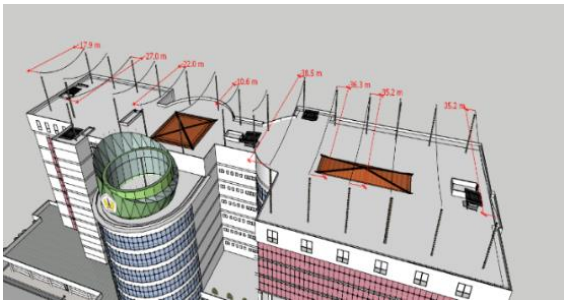


Gambar 7. Model Kurangnya Finial Menyebabkan erdapatnya Daerah Tidak Terproteksi.

Penggunaan 28 finial dengan tower setinggi 10 m belum mampu melindungi seluruh area Gedung Rumah Sakit Universitas Tanjungpura dari sambaran petir. Gambar 4 dan 5 menunjukkan masih ada bagian gedung di luar area proteksi, sementara Gambar 6 memperlihatkan area yang masih terkena jarak sambaran petir (R). Untuk memperluas perlindungan, diperlukan metode proteksi petir Catenary dengan menambahkan kawat penghantar di atas finial yang menghubungkan satu sama lain (Gambar 6). Penambahan ini bertujuan meningkatkan cakupan proteksi metode bola bergulir. Hasil desain 3D dengan metode ini ditampilkan di bawah.

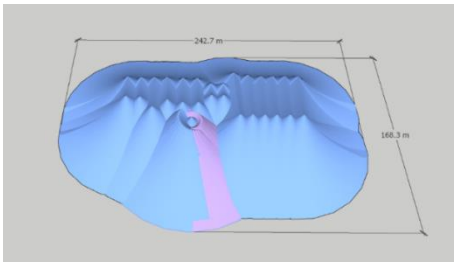


Gambar 8. Tampak Atas Letak Finial & Kawat Penghantar Antar Finial pada Rumah Sakit Universitas Tanjungpura

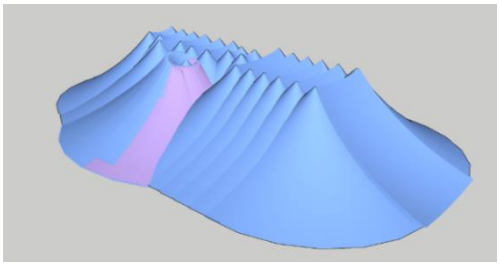


Gambar 9. Tampak Samping Letak Finial & Jarak Kawat Penghantar Antar Finial pada Rumah Sakit Universitas Tanjungpura

Desain di atas menambahkan 14 kawat penghantar yang menghubungkan 28 tower finial setinggi 10 meter. Penambahan ini diperlukan karena masih ada area gedung di luar daerah proteksi di antara 28 tower finial tersebut. Kawat penghantar memperluas cakupan metode bola bergulir agar dapat melindungi area tersebut. Panjang kawat penghantar bervariasi, yaitu: 10,6 m (menghubungkan 4 tower finial), 17,9 m (4 tower), 22 m (6 tower), 27 m (2 tower), 35,2 m (10 tower), dan 38,5 m (2 tower).

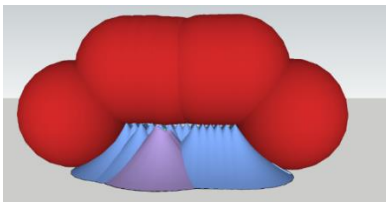


Gambar 10. Tampak Atas Daerah Proteksi Metode Bola Bergulir pada Rumah Sakit Universitas Tanjungpura Dengan Kawat Penghantar

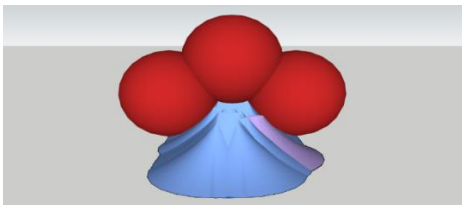


Gambar 11. Tampak Samping Daerah Proteksi Metode Bola Bergulir pada Rumah Sakit Universitas Tanjungpura Dengan Kawat Penghantar

Pada Gambar 10 di atas menunjukkan bahwa total jarak perlindungan terhadap panjang gedung Rumah Sakit Universitas Tanjungpura adalah sebesar 242,7 meter, sementara untuk jarak total perlindungan terhadap lebar gedung adalah sebesar 168,3 meter.



Gambar 12. Tampak Depan Daerah Proteksi Metode Bola Bergulir pada Gedung Rumah Sakit Universitas Tanjungpura, Jarak Sambaran Petir (*R*) & Kawat Penghantar.



Gambar 13. Tampak Samping Daerah Proteksi Metode Bola Bergulir pada Gedung Rumah Sakit Universitas Tanjungpura, Jarak Sambaran Petir (*R*) & Kawat Penghantar

Setelah dilakukan penambahan kawat penghantar, sistem proteksi tegangan lebih eksternal petir sudah dapat memproteksi seluruh daerah Gedung Rumah Sakit Universitas Tanjungpura dari sambaran petir, terutama pada bagian tengah yang sebelumnya masih terdapat daerah gedung yang berada di luar daerah proteksi yang masih terkena sambaran petir.

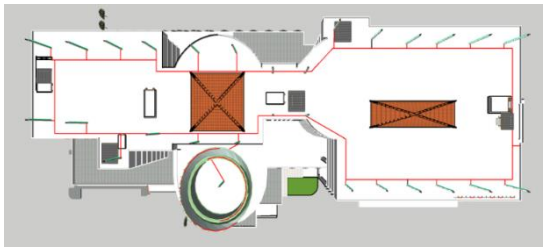
Konduktor Penyalur dan Sistem Grounding

Konduktor Penyalur

Untuk pemasangan konduktor penyalur yang berfungsi sebagai penghantar arus petir dari finial menuju sistem *grounding* dipasang menuju ke dalam tanah. Berdasarkan SNI 03-7015-2004 pemasangan konduktor penyalur menggunakan Kabel BC (*Bare Core*) 50 mm^2. Semakin besar ukuran diameter dari suatu konduktor penyalur maka semakin baik dikarenakan memudahkan arus petir mengalir dari finial menuju *grounding* serta lebih tahan dari kenaikan suhu akibat mengalirnya arus sambaran petir.

Sistem Grounding

Pada sistem grounding proteksi tegangan lebih eksternal petir di Gedung Rumah Sakit Universitas Tanjungpura, kondisi tanah harus diperhatikan karena sesuai PUIL 2000, nilai resistansi harus ≤ 5 Ω. Semakin kecil resistansi grounding, semakin mudah arus petir mengalir dari konduktor penyalur ke grounding. Sistem grounding dapat dibuat dengan menambahkan satu atau beberapa batang elektroda hingga resistansi mencapai ≤ 5 Ω untuk meningkatkan keamanan. Ilustrasi penerapan sistem grounding dengan metode bola bergulir ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 14. Model Tampak Atas Saluran Grounding Metode Bola Bergulir

Gambar 15. Model Tampak Samping Saluran Grounding Metode Bola Bergulir

Gambar di atas merupakan model perkiraan dari sistem *grounding* yang terletak pada finial dengan metode bola bergulir. Untuk melakukan desain kebutuhan dari sistem *grounding* yang sebenarnya, diperlukan peninjauan terhadap kondisi tanah pada daerah Gedung Rumah Sakit Universitas Tanjungpura sehingga bisa didapatkan nilai resitansi ≤ 5 Ω sesuai dengan standar PUIL 2000.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil dari perhitungan, pengolahan data, desain, dan analisa dari sitem proteksi tegangan lebih eksternal petir pada Gedung Rumah Sakit Universitas Tanjungpura, maka didapatkan hasil kesimpulan bahwa pada metode bola bola bergulir diketahui bahwa tingkat level proteksi pada Gedung Rumah Sakit Universitas Tanjungpura berada pada level proteksi IV dimana kuat arus sebesar I = 16 kA, dan didapat jarak sambaran petir yaitu, R = 60,63. Dimana semakin tinggi finial dari permukaan bumi (H) maka radius proteksi (Rp) dan luas daerah proteksi (Ax) yang dihasilkan semakin besar.

Penggunaan sistem proteksi tegangan lebih konvensional dengan metode bola bergulir menggunakan finial sebanyak 68 batang finial dengan tinggi finial utama yang optimal pada penelitian ini setinggi hp = 1 meter dan tinggi maksimum tower yang digunakan setinggi hp = 10 meter. Sebanyak 28 tower finial konvensional ditambah 14 buah kawat penghantar untuk

memproteksi seluruh daerah Gedung Rumah Sakit Universitas Tanjungpura dari sambaran petir.

DAFTAR REFERENSI

Adrian, S., Arsyad, M. I., & Danial. (2021). Studi perencanaan instalasi proteksi tegangan lebih petir pada gedung kantor Bupati Bengkayang. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura, 2*(1).

Amir, M., & Rahmannudin, M. F. (2019). Studi perencanaan sistem proteksi petir pada area berbahaya. *Sinusoida, 21*(2), 8–17.

Aprillia, H. (2022). Metode bola bergulir untuk analisis perancangan sistem proteksi petir gedung perkuliahan Institut Teknologi Kalimantan Happy. *SPECTA Journal of Technology, 6*(2), 179–189.

Ariana, N., & Riana, E. (2019). Analisis sistem penangkal petir pada BTS di PT. Dayamitra Telekomunikasi (Mitratel). Dalam *Universitas Muhammadiyah Makassar*.

Badan Standardisasi Nasional (BSN). (2004). *Standar Nasional Indonesia SNI 03-7015-2004: Sistem proteksi petir pada bangunan gedung*.

Darmang, Mangesa, R. T., & Nasir Malik, M. (2022). Studi sistem pembumian power house pada PT. Pelindo IV Cabang Makassar New Port. *MEDIA ELEKTRIK, 19*(3), 127–133.

Ginting, J. (2012). Analisa efek tegangan induksi karena sambaran petir pada area operasional PT. X.

Hakim, Z., Danial, D., & Rajagukguk, M. (2017). Masjid Raya Mujahidin menggunakan metode bola bergulir (Rolling Sphere Method). *Universitas Tanjungpura*, 1–7.

Hartomo, D. (2009). Evaluasi sistem proteksi instalasi penangkal petir eksternal pada bangunan gedung Departemen Kelautan dan Perikanan. Dalam *Universitas Mercu Buana*.

Hermawan, A. D. (2010). Optimalisasi sistem penangkal petir eksternal menggunakan jenis Early Streamer (Studi Kasus UPT LAGG BPPT).

Referensi dalam teks: (Adrian et al., 2021; Amir & Rahmannudin, 2019; Aprillia, 2022; BSN, 2004; Darmang et al., 2022; Ginting, 2012; Hakim et al., 2017; Hartomo, 2009; Hermawan, 2010; Sukamdi et al., 2023; Untan, n.d.; Widya, 2016; Zaelanilluddin, 2021).

Sukamdi, Dali, S. W., Wiharya, C., & Asror, A. A. (2023). Perencanaan instalasi penangkal petir pada bangunan industri furniture. *Elposys: Jurnal Sistem Kelistrikan, 9*(2), 52–57.

Untan, R. S. (n.d.). Profil Rumah Sakit Untan.

Widya, I. G. A. (2016). Pemodelan dan analisa perlindungan gardu induk dari sambaran petir langsung di PT. PLN (Persero) Gardu Induk 150 kV Sukolilo-Surabaya menggunakan perangkat lunak EMTP-RV.

Wongso, D. S., Rajagukguk, M., & Danial. (2022). Studi perencanaan proteksi tegangan lebih eksternal petir di PLTS 1,5 MW Universitas Tanjungpura. *Jurnal S1 Teknik Elektro UNTAN*, *2*(1), 113–125.

Zaelanilluddin, R. (2021). Analisis sistem proteksi petir eksternal pada apartemen Saumata Suites Tangerang. Dalam *Institut Teknologi PLN*.