

SISTEM PROTEKSI PETIR PADA STASIUN KERETA REL LISTRIK (KRL) PASAR MINGGU

¹Padmundana, ²Budiono, ³Alwi Miftakhul Khoir

¹²³Program Studi Teknik Elektro, FTL, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta

padmundana@itbu.ac.id

Abstrak

Sistem proteksi merupakan komponen inti yang wajib dimiliki oleh fasilitas operasi kereta api. Sistem ini berfungsi untuk melindungi peralatan dari gangguan petir, baik sambaran langsung, tidak langsung, tegangan induksi, maupun tegangan lebih. Salah satu area yang menjadi perhatian adalah *equipment room* baru di Stasiun KRL Pasar Minggu dan tower *monopole* telekomunikasi baru yang memiliki ketinggian lebih tinggi dari bangunan *equipment room* tersebut. Kondisi ini berpotensi meningkatkan risiko terhadap sambaran petir. Kedua bangunan tersebut telah dilengkapi dengan sistem proteksi petir masing-masing serta sistem grounding yang diinstalasi secara terpisah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan sistem proteksi petir yang telah dibangun pada peralatan di area Stasiun KRL Pasar Minggu, sehingga hasilnya dapat dimanfaatkan sebagai penunjang dalam pelaksanaan mitigasi risiko di bidang keselamatan perkeretaapian. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis kuantitatif, dengan perhitungan yang mendukung proses analisis. Perhitungan meliputi identifikasi area perlindungan sistem proteksi petir untuk peralatan fasilitas operasi kereta api, perhitungan kenaikan tegangan listrik akibat sambaran petir, serta analisis kemampuan sistem proteksi internal dan eksternal terhadap standar sistem proteksi petir yang berlaku. Adapun hasil yang diperoleh bahwa sistem proteksi eksternal yang telah terpasang pada bangunan *equipment room* dan tower *monopole* telekomunikasi pada Stasiun KRL Pasar Minggu telah mencukupi area luasan perlindungan petir untuk kedua bangunan tersebut hanya dengan luasan perlindungan dari sistem proteksi petir eksternal dari tower *monopole*. Selain itu penggunaan *early streamer emission* pada sistem proteksi petir *equipment room* mampu memperluas area perlindungan petir pada *equipment room*.

Kata Kunci : *Equipment Room*, Tower *Monopole*, Sistem Proteksi Petir, Kenaikan Tegangan Listrik, Karakteristik Petir.

1. PENDAHULUAN

Stasiun Pasar Minggu (PSM) merupakan stasiun kereta api kelas I yang terletak di Kelurahan Pejaten Timur, Kecamatan Pasar Minggu, Kota Jakarta Selatan. Stasiun yang terletak pada ketinggian +36 meter ini hanya melayani rute KRL Commuter Line dengan jarak 18,3 km arah selatan dari Jakarta Kota pada lintas Jakarta – Bogor S [1]. Stasiun Pasar Minggu termasuk salah satu stasiun yang menjadi lingkup dari Project Pekerjaan Peningkatan Sistem Persinyalan dan Telekomunikasi Perkeretaapian pada Lintas Jatinegara – Bogor dan Menggarai – Jakartakota (MYC 2020 - 2023), dimana di dalam pekerjaan tersebut terdapat perubahan sistem persinyalan termasuk peralatan luar ruangan (Outdoor) Fasilitas Operasi Kereta Api. Terdapat pekerjaan pembangunan *equipment room* baru dan tower *monopole* telekomunikasi untuk menyesuaikan kebutuhan peralatan Fasilitas Operasi Kereta Api sehingga dibutuhkan ruangan dengan kapasitas yang lebih besar yang dapat mengakomodir kebutuhan tersebut [2]. Bangunan *equipment room* merupakan

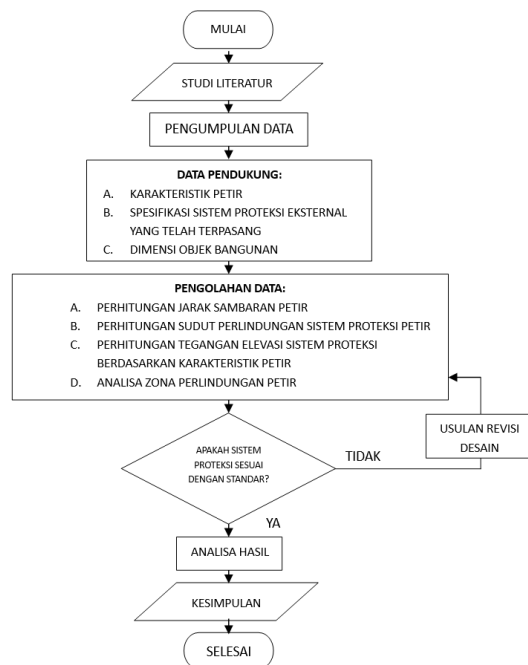
bangunan yang berisikan instalasi peralatan Fasilitas Operasi Kereta Api *indoor* elektrik sebagai rumah kontrol untuk mengontrol peralatan Fasilitas Operasi Kereta Api di lintas jalur kereta api maupun peralatan yang ada di dalam stasiun KRL Pasar Minggu. Kehandalan sistem proteksi pada kedua bangunan tersebut harus dapat melindungi peralatan di dalamnya mencakup perlindungan yang aman. Kondisi bangunan *equipment room* baru dibangun pada area belakang stasiun KRL Pasar Minggu dan tower *monopole* telekomunikasi baru di samping *equipment room* baru yang dibangun ketinggian lebih tinggi dari bangunan *equipment room* baru.

Sistem proteksi merupakan sistem inti yang harus dimiliki setiap peralatan dimana sistem tersebut berfungsi sebagai pelindung peralatan pendukung Fasilitas Operasi Kereta Api dari gangguan petir yang meliputi sambaran langsung maupun sambaran tidak langsung atau tegangan induksi serta tegangan berlebih [3]. Petir adalah suatu peristiwa elektrifikasi yang diakibatkan dari proses muatan induksi bertegangan tinggi yang

dibuang atau dikeluarkan oleh awan Cumulonimbus [4].

2. METODOLOGI

Jenis penelitian yang digunakan adalah kuantitatif. Tujuannya untuk mengetahui kemampuan sistem proteksi petir yang telah dibangun pada peralatan di area Stasiun KRL Pasar Minggu, sehingga hasilnya dapat dimanfaatkan sebagai penunjang dalam pelaksanaan mitigasi risiko di bidang keselamatan perkeretaapian.



Gambar 1. Diagram Alir

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Ketika petir menyambar dimana *stepped leader* bergerak menuju titik sambaran di permukaan tanah akan mengakibatkan peningkatan medan listrik, jarak antara *stepped leader* terdekat dengan titik sambaran di permukaan tanah disebut dengan jarak sambaran (*Striking Distance*). Jarak sambaran petir ini berbentuk seperti bola gelinding yang dapat digunakan untuk menganalisa bagian bangunan atau objek yang dimungkinkan tersambar petir. Jarak sambaran petir menggunakan persamaan berikut [5] [6]:

$$R_s = 6,7 \cdot I^{0,8} \dots\dots\dots (1)$$

$$\Delta L = v \times \Delta t \dots\dots(2)$$

$$R_{se} = R_s + \Delta L \dots\dots\dots(3)$$

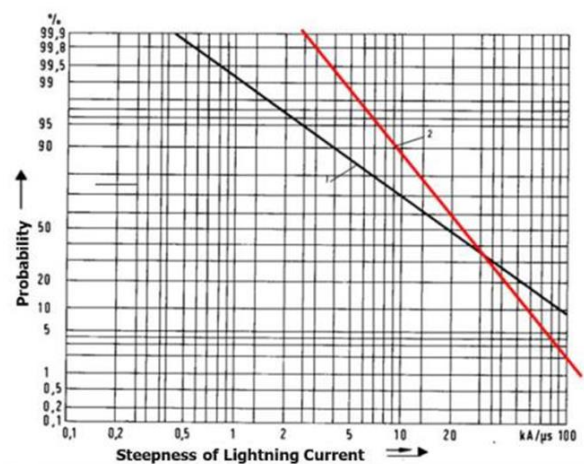
Sedangkan perhitungan sudut perlindungan petir menggunakan persamaan dibawah 6]:

$$\alpha = \sin^{-1}(1 - (h/R_s)) \dots\dots\dots(4)$$

Untuk mengetahui kemungkinan elevasi tegangan yang dihasilkan dari sambaran petir terhadap suatu objek [7]:

$$V_{\max} = I \times R + L(di/dt) \dots\dots\dots(5)$$

Penelitian petir tropis yang dilakukan oleh Prof. Reynaldo Zoro dilakukan di Indonesia yaitu di gunung Tangkuban Perahu dan area Jawa Barat. Parameter ini menjadi salah satu dasar di wilayah iklim tropis. Nilai parameter hasil penelitian Prof. Reynaldo Zoro disajikan pada gambar 2 dan tabel 1 [8].



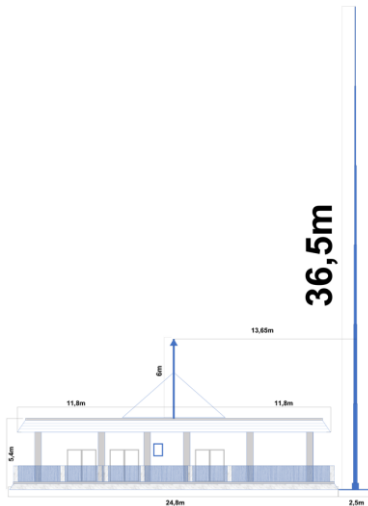
Gambar 2. Kecuraman Arus Petir sub-tropis (hitam) diukur oleh Prof. Berger dan tropis (merah) diukur oleh Prof. Zoro[9]

Tabel 1 Parameter Petir Tropis oleh Prof. Reynaldo Zoro [8]

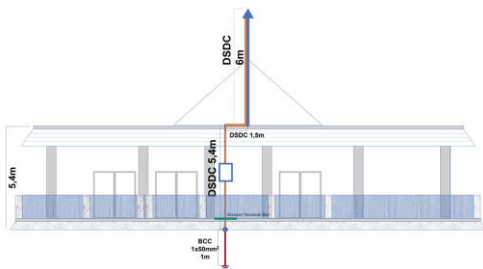
Karakteristik Petir			Petir Positif	Petir Negatif
Arus Puncak (i)	Maksimal	Tangkuban Perahu	280 kA	298 kA
		Jawa Barat	335 kA	392 kA
	Probabilitas 50%		40 kA	18 kA
	Rata-rata		41 kA	30 kA
Kecuraman Arus (di/dt)	Maksimal		119 kA/μs	120 kA/μs
	Probabilitas 50%		30 kA/μs	20 kA/μs
Intensitas Sambaran (Sambaran/km ² /tahun)			4,1-12,4 kA/μs	1,5-3,8 kA/μs
Total Intensitas Sambaran (Sambaran/km ² /tahun)			7,9-15,5 kA/μs	

Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 3. Tinggi dan Jarak Instalasi Peralatan Proteksi Petir
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian



Gambar 4. Panjang Instalasi Konduktor Proteksi Petir *Equipment Room*
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Tabel 2 Data Karakteristik Petir Area Stasiun KRL Pasar Minggu

Iklim	Tropis
Arus Puncak Petir (i) (Probabilitas 50%)	40 kA
Kecuraman Arus Petir (di/dt)	30 kA/ μ s

Berdasarkan data yang diperoleh pada Tabel 2 dimana wilayah Stasiun KRL Pasar Minggu termasuk ke dalam iklim tropis karena berada di Indonesia, maka digunakan rumus Amstrong & Whitehead (Tropis) yaitu:

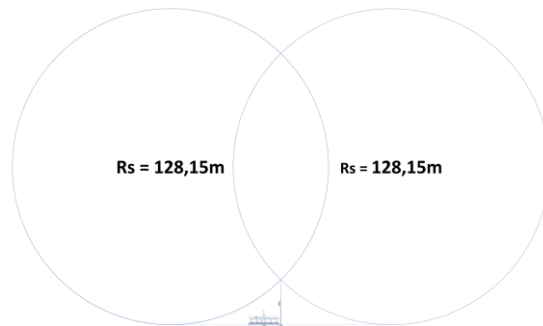
$$R_s = 6,7 \cdot I^{0,8}$$

Maka jarak sambaran berdasarkan persamaan (1):

$$R_s = 6,7 (40)^{0,8}$$

$$R_s = 128,15 \text{ m}$$

Perhitungan di atas menunjukkan bahwa jarak sambaran petir dengan kondisi Arus Puncak $I = 40$ Ka menghasilkan jari-jari bola gelinding sebesar 128,15m atau diameter bola gelinding sebesar 256,3 m.



Gambar 5. Analisa Jarak Sambaran Petir
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Maka dapat dihitung sudut perlindungan petir pada masing-masing sistem proteksi antara *equipment room* rumus dan tower *monopole*.

Jarak sambaran ESE berdasarkan persamaan (2):

$$\Delta L = v \times \Delta t$$

$$\Delta L = (1,4) (60)$$

$$\Delta L = 84 \text{ m}$$

Jarak sambaran total berdasarkan persamaan (3):

$$R_{se} = R_s + \Delta L$$

$$R_{se} = 128,15 + 84$$

$$R_{se} = 212,15 \text{ m}$$

Sudut perlindungan berdasarkan persamaan (4):

$$\alpha = \sin^{-1}(1 - (h/R_{se}))$$

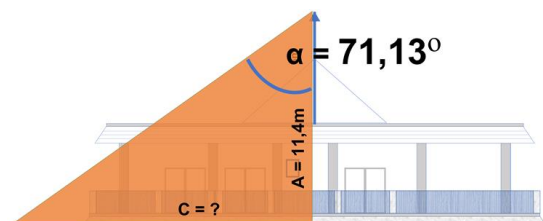
$$\alpha = \sin^{-1}(1 - (11,4/212,15))$$

$$\alpha = \sin^{-1}(1 - 0,05373556445910912090502003299552)$$

$$\alpha = \sin^{-1}(0,94626443554089087909497996700448)$$

$$\alpha = 71,131701406258315310811502528121^\circ$$

$$\alpha = 71,13^\circ$$

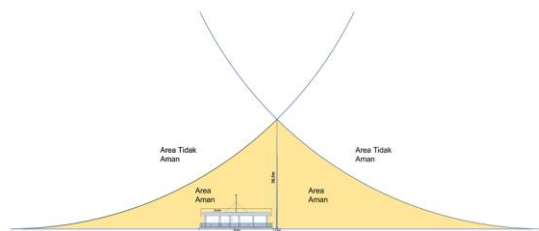


Gambar 6. Informasi untuk Perhitungan Jari-Jari Alas Kerucut *Equipment Room*
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

Berdasarkan persamaan (5) maka dapat dihitung elevasi tegangan.

$$\begin{aligned} V_{\max} &= I \times R + L(di/dt) \\ V_{\max} &= 40 \times 0,54 + ((0,026 \times 17,2) + (1 \times 1))(30) \\ V_{\max} &= 21,6 + (0,4472 + 1)(30) \\ V_{\max} &= 21,6 + (1,4472)(30) \\ V_{\max} &= 21,6 + 43,416 \\ V_{\max} &= 65,016 \\ V_{\max} &= 65,02 \text{ kV} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan radius jarak sambaran petir sebesar $R_s = 128,15\text{m}$ dimana bangunan *equipment room* dan tower *monopole* masih berada di dalam area terlindungi oleh sistem proteksi tower *monopole* yang ditunjukkan dengan area berwarna kuning, sedangkan area berwarna putih menunjukkan area yang terkena radius sambaran petir.



Gambar 7. Analisa Jarak Sambaran Petir
Sumber Data : Hasil Olahan Data Penelitian

4. KESIMPULAN

Hasil identifikasi area perlindungan petir pada *equipment room* dan tower *monopole* telekomunikasi Stasiun KRL Pasar diketahui bahwa dengan mengaplikasikan metode bola gelinding dari metode *rollingsphere*, bangunan *equipment room* sudah aman dari jarak sambaran petir dengan $R_s = 128,15 \text{ m}$ dikarenakan sudah terlindungi oleh sistem proteksi petir eksternal dari tower *monopole* telekomunikasi yang telah terpasang pada ketinggian 36,5 m. Maka untuk membantu perlindungan area yang aman dari jarak sambaran petir tersebut terdapat sistem proteksi eksternal pada masing-masing bangunan dimana pada *equipment room* dilengkapi dengan sistem proteksi petir konvensional metode Franklin yang dipasang di titik tengah bangunan menggunakan *early*

streamer emission pada ketinggian 6 m dari atap *equipment room* yang memiliki ketinggian 5,4 m, sedangkan pada tower *monopole* telekomunikasi dilengkapi dengan sistem proteksi petir konvensional metode Franklin saja yang dipasang di ujung atas tower dengan ketinggian 36,5 m. Penggunaan *early streamer emission* (ESE) terbukti mampu memperluas radius perlindungan petir bangunan *equipment room* dengan radius atau jari-jari alas kerucut sebesar 33,35 m dengan sudut perlindungan $\alpha = 71,13^\circ$.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wikipedia, "Stasiun Pasar Minggu," 2025. [Online]. Available: https://id.wikipedia.org/wiki/Stasiun_Pasar_Minggu. [Accessed: 22-Mar-2025].
- [2] D. J. P. Kementerian Perhubungan, "Bidang peningkatan fasilitas operasi kereta api jabodetabek," *J. Perkeretaapi. Indones.*, p. 4, 2022.
- [3] D. J. P. Kementerian Perhubungan, "Peraturan Menteri Perhubungan Nomer 44 Tahun 2018 Tentang PERSYARATAN TEKNIS PERALATAN PERSINYALAN PERKERETAAPIAN," *Menteri Perhub. Republik Indones.*, p. 50, 2018.
- [4] J. A. I. Paski, Y. H. Permana, and A. S. Pertiwi, "Analisis Sebaran Petir Cloud To Ground (Cg) Di Wilayah Jabodetabek Pada Tahun 2016," no. January 2017, pp. SNF2017-EPA-65-SNF2017-EPA-72, 2017.
- [5] S. Committee IEEE, *IEEE Std 998 Guide for Direct Lightning Stroke Shielding of Substations*, vol. 1996, no. April. 2002.
- [6] R. Zoro and F. Pambudi, *Lightning Protection System Analysis on Palembang Light Rail Transit Station*. IEEE, 2019.
- [7] R. Zoro, G. K. M. Atmajaya, and B. Denov, "Lightning Protection System for High Voltage Transmission Line in Indonesia," *Proc. 2nd Int. Conf. High Volt. Eng. Power Syst. Towar. Sustain. Reliab. Power Deliv. ICHVEPS 2019*, no. November 2021, 2019.
- [8] I. Hendratama, B. Denov, and R. Zoro,

- “Lightning Protection System Standardization on Indonesian Railway Transportation Facilities.”
- [9] R. Zoro, “Tropical Lightning Current Parameters and Protection of Transmission Lines,” *Int. J. Electr. Eng. Informatics*, vol. 11, pp. 506–514, 2019.