

Studi Simulasi Kapasitas Gardu Traksi Cipete Raya Guna Memaksimalkan Headway Kereta Lintas Cipete Raya-ASEAN

Bayu Galih Pangestu¹, Edy Sumarno², Hedy Aditya Baskhara³, Angga Septian MN⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang

^{1,2,3,4}Jln. Puspiptek Raya No. 46 Buaran, Setu, Kec. Tangerang Selatan, Banten 15310, Indonesia

¹bayug8797@gmail.com

²dosen00591@unpam.ac.id

³dosen00547@unpam.ac.id

⁴dosen01727@unpam.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

diajukan : 24-04-2026
revisi : 20-05-2026
diterima : 22-05-2026
dipublish : 30-06-2026

ABSTRAK

Transportasi berbasis rel merupakan solusi utama dalam mengatasi kemacetan di wilayah perkotaan, khususnya di DKI Jakarta. Sistem MRT Jakarta menggunakan sistem elektrifikasi 1500 VDC yang disuplai oleh gardu traksi. Peningkatan frekuensi perjalanan kereta untuk memperkecil headway berdampak pada meningkatnya kebutuhan daya listrik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kapasitas Gardu Traksi Cipete Raya dalam memenuhi kebutuhan daya operasional pada lintas Cipete Raya – ASEAN dengan variasi headway. Metode penelitian yang digunakan adalah simulasi perhitungan beban daya berdasarkan variasi headway yaitu 10 menit, 5 menit, 3 menit, 2 menit, dan 1 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beban maksimum berturut-turut sebesar 3.886 kW, 6.325 kW, 9.989 kW, 13.997 kW, dan 25.419 kW. Persentase pembebanan terhadap kapasitas gardu menunjukkan bahwa sistem masih optimal pada headway 5–10 menit, namun pada headway 3 menit, beban telah melampaui kapasitas nominal, namun masih berada dalam batas overload sementara 150% sehingga hanya dapat dioperasikan dalam durasi terbatas, bukan untuk operasi kontinu. Kesimpulan penelitian menunjukkan bahwa pemadatan headway harus mempertimbangkan kapasitas gardu traksi agar tidak terjadi overload yang dapat mengganggu operasional kereta.

Kata kunci: gardu traksi; MRT Jakarta; headway kereta; simulasi daya; sistem traksi 1500 VDC.

PENDAHULUAN

Badan Pusat Statistik (BPS) DKI Jakarta mencatat kenaikan signifikan jumlah pengguna angkutan umum. Penumpang MRT Jakarta pada Juni 2024 mencapai 3.474.541 orang, mengalami kenaikan sebesar 28,22% dibandingkan Juni 2023 (BPS DKI Jakarta, 2024). DKI Jakarta merupakan provinsi dengan kepadatan penduduk yang sangat besar, sehingga kebutuhan transportasi publik yang mampu menampung penumpang dalam jumlah besar menjadi sangat mendesak.

PT MRT Jakarta (Persero) mencatat total 326.372 pelanggan menggunakan layanan MRT pada perayaan tahun baru 2026, dengan kenaikan 7,59% dari tahun sebelumnya (PT MRT Jakarta, 2026). Lonjakan penumpang ekstrem juga terjadi pada momen-momen khusus, seperti pertandingan sepakbola timnas dan konser musik. Sebagai contoh, pada saat konser Blackpink di Stadion GBK pada Maret 2023, total penumpang MRT selama dua hari konser mencapai 174.467 orang, jauh melampaui rata-rata harian normal 50.000–54.000 penumpang (PT MRT Jakarta, 2023).

Perbandingan dengan MRT Singapura menunjukkan kesenjangan yang signifikan dalam hal headway operasional. MRT Singapura mampu beroperasi dengan headway 2–3 menit pada jam sibuk dan 5–7 menit di luar jam sibuk, sedangkan MRT Jakarta beroperasi dengan headway 5 menit pada jam sibuk dan 10 menit di luar jam sibuk (PT MRT Jakarta, 2025). Semakin singkat headway, semakin baik pelayanan yang diberikan kepada penumpang.

Kepadatan penumpang yang berulang menunjukkan ketidakseimbangan antara kapasitas angkut dan permintaan

layanan. Upaya pemadatan headway sebagai solusi operasional berimplikasi langsung pada peningkatan beban listrik sistem traksi. Tanpa evaluasi kapasitas gardu traksi, kebijakan ini berpotensi menimbulkan risiko teknis berupa overload dan penurunan kualitas suplai daya.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengetahui pengaruh headway terhadap kebutuhan daya gardu traksi; (2) menghitung beban puncak yang diterima gardu traksi pada lintas uptrack dan downtrack berdasarkan headway yang disimulasikan; dan (3) mengevaluasi apakah kapasitas gardu traksi eksisting masih mencukupi untuk mendukung pemadatan headway tanpa melampaui batas teknis yang diizinkan.

TEORI

Kereta MRT Jakarta

Sarana MRT Jakarta menggunakan jenis kereta listrik MRTJ1000 yang diproduksi oleh Nippon Sharyo. Satu trainset terdiri dari 6 kereta, yaitu 2 Trailer Car (Tc) dan 4 Motor Car (M). Trailer Car berfungsi sebagai kabin masinis dan ditempatkan di ujung sarana, sedangkan Motor Car terletak di antara Trailer Car. Spesifikasi teknis kereta MRT Jakarta ditunjukkan pada Tabel.

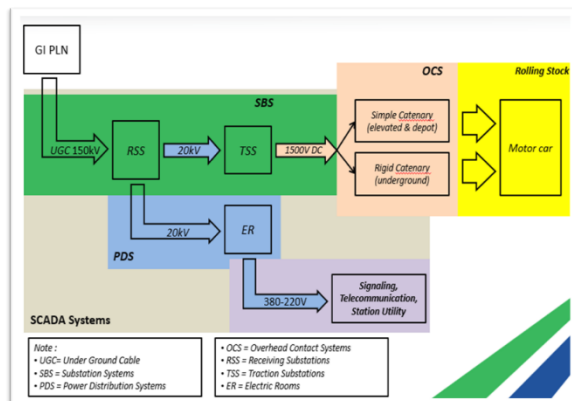
Tabel 1. Spesifikasi Kereta MRT Jakarta.

No	Item	Spesifikasi
1	Jumlah kereta per trainset	6 car/trainset
2	Kecepatan maksimum viaduct	100 km/h
3	Kecepatan maksimum tunnel	80 km/h
4	Beban gandar maksimum	14 ton

5	Akselerasi	0,92 m/s ²
6	Material bahan kereta	Stainless steel

Setiap Motor Car dilengkapi dengan 4 unit traction motor (TM) dengan daya kontinu 126 kW per motor. Total daya propulsi untuk 1 trainset adalah 2.016 kW. Ditambah beban auxiliary sebesar 595,5 kW, maka total daya 1 trainset adalah 2.611,5 kW.

Sistem Distribusi Kelistrikan Kereta MRT Jakarta



Gambar 1. Sistem Distribusi Kelistrikan MRT Jakarta.

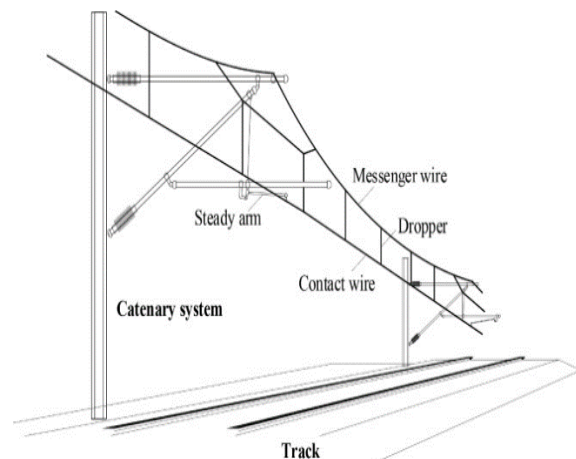
Sistem kelistrikan MRT Jakarta mengikuti alur dari jaringan PLN 150 kV yang masuk ke Receiving Substation (RSS) di Taman Sambas. Di RSS, tegangan diturunkan menjadi 20 kV AC, kemudian didistribusikan ke Traction Substation (TSS) dan Electric Room (ER). Di dalam TSS, tegangan 20 kV AC diturunkan lebih lanjut oleh rectifier transformer menjadi 1.200 V AC, kemudian disearahkan oleh silicon rectifier menjadi 1.500 VDC untuk menyuplai sistem catenary overhead. Kereta mengambil daya dari sistem catenary melalui pantograph, dan arus kembali melalui rel.

Peralatan utama dalam TSS meliputi: (1) 20 kV AC Switchgear untuk

menerima dan mendistribusikan tegangan 20 kV; (2) Rectifier Transformer dengan kapasitas 4.850/2x2500 kVA, tegangan primer 20 kV dan sekunder 1.180 V; (3) Silicon Rectifier (SR) dengan kapasitas daya rata-rata 4.500 kW, tegangan output 1.500 VDC, menggunakan dioda 12 pulsa; (4) 1.500 VDC Switchgear dengan High Speed Circuit Breaker (HSCB) untuk mendistribusikan arus ke sistem OCS; dan (5) Negatif panel yang menghubungkan sisi negatif rectifier dengan rel.

Overhead Contact System (OCS)

Overhead Contact System atau sistem catenary adalah saluran konduktor listrik yang mentransmisikan dan menyuplai daya dari gardu traksi ke motor kereta melalui pantograph. Komponen utama OCS meliputi feeder wire sebagai jalur utama penyalur tegangan 1.500 VDC, contact wire sebagai titik kontak dengan pantograph, messenger wire sebagai penopang kawat kontak, hanger penghubung messenger dan contact wire, serta Automatic Tensioning Device (ATD) untuk menjaga ketegangan kawat kontak.



Gambar 2. Overhead Contact System.

Headway Kereta

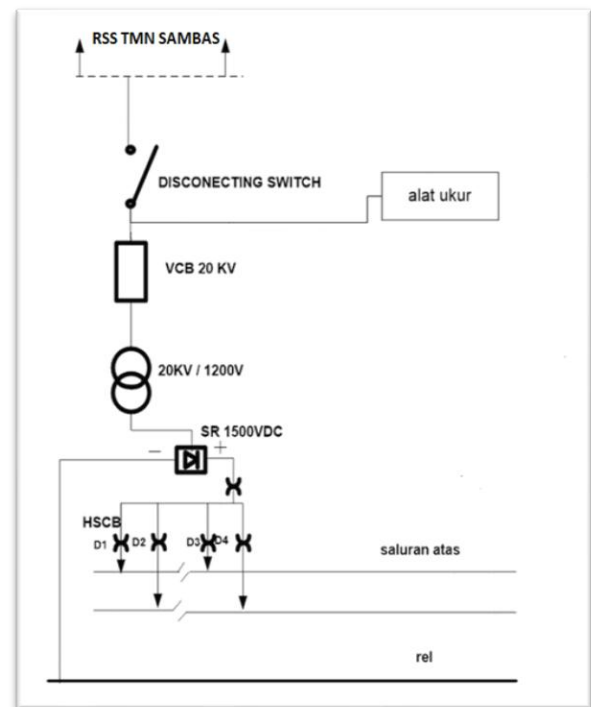
Headway adalah selang waktu minimum antara dua kereta yang berurutan yang melewati suatu titik tertentu. Semakin kecil nilai headway, semakin tinggi frekuensi operasi kereta, sehingga kapasitas layanan

meningkat. Namun demikian, peningkatan frekuensi kereta secara langsung meningkatkan kebutuhan daya pada sistem traksi, karena lebih banyak kereta yang beroperasi secara bersamaan dalam satu zona suplai gardu traksi.

Gardu Traksi

Berdasarkan pengertian pada Permenhub nomor 50 tahun 2018 tentang Persyaratan Teknis Instalasi Listrik Kereta (Permenhub No. 50 Tahun 2018, 2018), catu daya listrik berfungsi mensuplai tenaga listrik untuk prasarana dan sarana berpengerak tenaga listrik. Gardu traksi inilah yang menyalurkan tenaga listrik dari sumber listrik seperti yang disuplai dari PT PLN (Persero), menuju KRL dan juga prasarana perkeretaapian persinyalan lainnya dan fasilitas seperti telekomunikasi (Asrar & Adhari, 2022).

Sistem elektrifikasi yang digunakan KRL menggunakan tegangan 1500VDC melalui jaringan catenary yang mendapatkan suplai dari gardu traksi. Gardu traksi sebelum menghasilkan tegangan 1500 VDC harus melewati beberapa tahapan karena gardu traksi sendiri mendapatkan suplai tegangan dari PLN sebesar 20 kV. Sistem penyuplaian daya gardu traksi untuk jaringan catenary menggunakan sistem penyuplaian dua sisi, yaitu suplai daya KRL didapat dari 2 gardu traksi yang bersebelahan untuk satu petak jalan (Utomo & Umar, 2022).



Gambar 3. Single Line TSS MRT Jakarta.

Peralatan di gardu traksi:

1. 20Kv AC switchgear

Berfungsi menerima tegangan 20 kVAC dari RSS kemudian didistribusikan ke gardu-gardu/TSS sebelah melalui feeder cable 20 kV. 20 kV Switchgear terdiri atas VCB incoming 20 kV, VCB outgoing 20 kV, VCB bus section 20 kV, dan DS.

2. Rectifier transformer

Berfungsi menurunkan tegangan 20 kVAC menjadi 1500 VDC. Berikut spesifikasi teknis rectifier transformer di PT MRT Jakarta.

Tabel 2. Standar Pembebanan Transformator.

No	Pembebanan	Waktu
1	100 %	Terus-menerus
2	150 %	2 Jam
3	200 %	5 Menit
4	300 %	1 Menit

3. Silicon rectifier

Silicon Rectifier (SR) adalah peralatan didalam TSS yang berfungsi sebagai penyearah tegangan dari Rectifier Transformer 1200 VAC menjadi 1500 VDC. Didalam SR terdapat penyearah yang disebut dioda, dioda merupakan jenis penyearah tak terkendali. Dioda sering digunakan pada gardu traksi perkeretaapian karena sifatnya yang ketika bekerja tidak membutuhkan waktu pemanasan seperti penyearah jenis thyristor. Tegangan DC yang keluar dari rectifier memiliki nilai positif dan negatif, nilai positifnya akan menuju jaringan transmisi dan tegangan negatifnya menuju rel sehingga ketika KRL berada di lintas akan terjadi peristiwa looping.

4. 1500 VDC switchgear

Secara umum Switchgear adalah panel distribusi yang mendistribusikan beban kepanel-panel yang lebih kecil kapasitasnya. DC Switchgear 1500 V DC disini berfungsi untuk mendistribusikan arus listrik ke Jaringan Listrik Aliran Atas yang digunakan sebagai energi untuk menjalankan Kereta Listrik. DC Switchgear Terdiri atas HSCB, digunakan untuk memutus rectifier DC dari feeder incoming dan outgoing ke sistem OCS. DC Switchgear dengan fungsi yang dibutuhkan untuk control dan indikasi di SCADA.

5. Negatif panel

Negatif panel merupakan panel yang menghubungkan sisi negatif silicon rectifier dengan rel dan dilengkapi dengan disconnecting switch sebagai pemutus saat dilakukan pemeliharaan.

Kapasitas daya gardu traksi

Untuk pengoperasian KRL, gardu traksi harus memenuhi sejumlah

persyaratan, salah satunya adalah kapasitas daya pada gardu traksi harus cukup menanggung beban KRL yang direncanakan. Oleh karena itu, perhitungan kapasitas daya masuk ke dalam perhitungan perencanaan operasional KRL. Perhitungan kapasitas daya listrik pada gardu traksi KRL yang dibutuhkan untuk menyuplai operasional KRL dilakukan dengan pendekatan empiris (Dwiatmoko, 2016). Untuk mencari kapasitas daya gardu traksi digunakan rumus sebagai berikut:

1. Beban maksimum

$$Y = C \times D \left(\frac{60}{H} \right) \times N \times P \times \left(\frac{W}{1000} \right)$$

Y = Beban maksimum dalam satu jam (kW)

C = Susunan rangkaian kereta (set)

D = Jarak Pengisian gardu listrik (km)

H = Headway/Interval (menit)

N = Jenis track, tunggal/single atau ganda/double

P = Rasio konsumsi listrik KRL (50Wh/ton km atau 0.05kWh/ton km)

W = Massa total KRL + Berat Penumpang dengan kapasitas 200% (ton).

2. Massa total KRL

Perhitungan massa KRL dapat dilakukan dengan rumus berikut:

$$W = \text{total berat kosong} + (200\% \times \text{massa penumpang})$$

Massa total penumpang dihitung dari kapasitas penumpang total pada kereta lalu dikalikan dengan massa penumpang, dengan asumsi massa rata-rata penumpang adalah 60kg/ orang.

3. Beban puncak berdasarkan headway (Z₁)

$$Z_1 = Y + C_m \times \sqrt{Y}$$

Z_1 = Beban puncak sesaat berdasarkan headway

C_m = Faktor elektrifikasi untuk tegangan DC ($1,7 \times \sqrt{I_{max}}$)

4. Beban puncak berdasarkan arus maksimum (Z_2):

$$Z_2 = 1.500 \times 2 \times I_m \times (1 - \alpha)$$

Z_2 = Beban puncak sesaat berdasarkan arus maksimum.

I_m = Arus maksimum (*total daya/tegangan nominal*)

α = Rasio pembagian arus (digunakan angka 0,08 (Eri & Utama, 2019).

5. Kapasitas daya yang dibutuhkan Z_n
 $Z_n = Z_1 / 2,5$ (jika $Z_1 > Z_2$)
 $Z_n = Z_2 / 2,5$ (jika $Z_2 > Z_1$)

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode simulasi perhitungan beban daya berdasarkan variasi headway. Data teknis gardu traksi Cipete Raya dan pola operasional kereta MRT Jakarta digunakan untuk menghitung kebutuhan daya dan membandingkannya dengan kapasitas gardu yang tersedia. Penelitian dilakukan di area operasional PT. MRT Jakarta, khususnya dengan pengambilan data dari Depo MRT Jakarta.

Pengumpulan data dilakukan dengan tiga cara: (1) studi dokumen teknis dari perusahaan; (2) pengukuran langsung di area gardu traksi PT. MRT Jakarta; dan (3) wawancara dengan departemen maintenance power MRT Jakarta. Data primer yang dikumpulkan meliputi jarak antar gardu dan headway kereta aktual, sedangkan data sekunder mencakup spesifikasi gardu traksi, spesifikasi kereta, dan GAPEKA 2025.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Transformator pada gardu traksi berfungsi untuk menurunkan tegangan dari

sistem distribusi 20 kV AC menjadi tegangan yang sesuai untuk proses penyearahan sebelum disuplai ke sistem traksi 1500 V DC. Besarnya daya yang disuplai oleh transformator dipengaruhi oleh beberapa faktor yang berkaitan dengan kondisi operasional kereta serta karakteristik sistem catu daya traksi. Peningkatan kebutuhan daya pada transformator umumnya disebabkan oleh faktor-faktor berikut:

Jarak antar gardu

Tabel 3. Jarak Antar Gardu

Gardu Traksi	Petak Jalan yang disuplai	Panjang Pengisian (km)	Jarak Total Pengisian (km)
GT. Lebak Bulus	LBB – DEP	0,229	2,157
	LBB – CPR	1,928	
GT. Cipete Raya	CPR – LBB	1,928	4,14
	CPR – ASN	2,213	
GT. Asean	ASN – CPR	2,213	4,947
	ASN – DKA	2,734	
GT. Dukuh Atas	DKA – ASN	2,734	3,728
	DKA – BHI	0,994	

Total berat kereta

Tabel 4. Berat kereta.

No		Total (Ton)
1	AW 1	205
2	AW 2	253,36
3	AW 3	322,12

Catatan:

AW= Average Weight (Berat kereta), AW1= Tanpa penumpang dan siap untuk operasi, AW2= AW1 + penumpang duduk + penumpang berdiri dengan kepadatan 3 orang/m², dan AW3= AW1 + penumpang duduk + penumpang berdiri dengan kepadatan 8 orang/m².

Variable perhitungan

Tabel 5. Variable Perhitungan.

Simbol	Keterangan	Nilai / Satuan
C	Susunan rangkaian kereta (set)	6 set/trainset
D	Jarak pengisian gardu listrik	km
H	Headway	menit
N	Jenis jalur (double/single track)	2 (double track)
P	Rasio konsumsi kereta	50 kWh/1000 ton-km
W	Berat total kereta + penumpang	322,12 ton
Im	Arus maksimum kereta	1.741 A
α	Rasio pembagian arus (DC)	0,08

Tabel 6. Perhitungan Beban Kereta

No	Headway	Y (kW)	Z1 (kW)	Z2 (kW)
1	1 Menit	48.008	63.549	4.805
2	2 Menit	24.004	34.993	4.805
3	3 Menit	16.002	24.974	4.805
4	5 Menit	9.601	15.813	4.805

No	Headway	Y (kW)	Z1 (kW)	Z2 (kW)
5	10 Menit	4.800,8	9.715	4.805

Tabel 7. Perhitungan Kapasitas Daya.

No	Headway	Existing	Perhitungan Zn (kVA)	Persentase (%)
1	1 Menit	9.700	28.243	291,17
2	2 Menit	9.700	15.552	160,33
3	3 Menit	9.700	11.098	114,41
4	5 Menit	9.700	7.027	72,44
5	10 Menit	9.700	4.317	44,51

Tabel 8. Perhitungan Kapasitas Rectifier.

No	Headway	Existing	Perhitungan Zn (kW)	Persentase (%)
1	1 Menit	9.000	25.419	282,43
2	2 Menit	9.000	13.997	115,52
3	3 Menit	9.000	9.989	110,99
4	5 Menit	9.000	6.325	70,28
5	10 Menit	9.000	3.886	43,18

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 6, Tabel 7, dan Tabel 8 analisis terhadap kemampuan peralatan gardu traksi Cipete Raya dapat dijabarkan sebagai berikut:

Pada headway 10 menit, beban rectifier sebesar 3.886 kW (43,18% dari kapasitas 9.000 kW). Kondisi ini sangat aman dan jauh dari batas kapasitas operasional. Gardu traksi mampu melayani operasional secara terus-menerus tanpa batasan.

Pada headway 5 menit, beban rectifier sebesar 6.325 kW (70,28%). Kondisi ini masih berada di bawah kapasitas nominal (100%), sehingga gardu traksi mampu melayani operasional secara kontinu. Ini merupakan kondisi operasional aktual MRT Jakarta pada jam sibuk.

Pada headway 3 menit, beban rectifier sebesar 9.989 kW (110,99%). Beban ini melampaui kapasitas nominal namun masih di bawah batas overload 150%, sehingga peralatan masih dapat beroperasi hingga 120 menit. Artinya, operasional dengan headway 3 menit secara teknis masih dapat dilakukan dalam kondisi normal, namun tidak dapat dipertahankan secara terus-menerus tanpa batas waktu.

Pada headway 2 menit, beban rectifier sebesar 13.997 kW (139,97%). Beban ini mendekati batas overload 150% (selama 120 menit). Operasional dengan headway ini sangat berisiko dan tidak disarankan untuk kondisi normal maupun saat ada gangguan pada salah satu gardu.

Pada headway 1 menit, beban rectifier mencapai 25.419 kW (282,43%). Beban ini melampaui batas overload 200% (selama 5 menit) dan mendekati batas overload 300% (selama 1 menit). Kondisi ini hanya dapat ditoleransi oleh peralatan selama kurang dari 1 menit sebelum proteksi akan memutus aliran daya.

KESIMPULAN

Semakin kecil nilai headway, kebutuhan daya gardu traksi semakin meningkat secara signifikan. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya kemungkinan operasi kereta secara simultan dalam satu zona suplai daya, sehingga beban puncak sistem meningkat. Pada headway 1 menit, beban puncak mencapai 6,5 kali lipat beban pada headway 10 menit.

Beban maksimum yang diterima oleh rectifier gardu traksi Cipete Raya dari masing-masing skenario headway adalah: headway 10 menit = 3.886 kW (43,18%); headway 5 menit = 6.325 kW (70,28%); headway 3 menit = 9.989 kW (110,99%); headway 2 menit = 13.997 kW (139,97%); dan headway 1 menit = 25.419 kW (282,43%).

Gardu Traksi Cipete Raya masih mampu melayani operasional kereta secara kontinu dan optimal pada headway 5 menit hingga 10 menit. Pada headway 3 menit, gardu masih dapat beroperasi hingga 120 menit (batas overload 150%). Sedangkan pada headway 2 menit dan 1 menit, kapasitas gardu melampaui batas operasional aman dan hanya dapat bertahan dalam durasi sangat terbatas sesuai karakteristik overload peralatan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing atas bimbingan dan masukan selama penyusunan artikel ini. Apresiasi juga disampaikan kepada pimpinan Fakultas, Program Studi, serta seluruh dosen Universitas Pamulang atas dukungan akademik dan fasilitas yang diberikan sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Asrar, L. D., & Adhari, F. (2022). KAPASITAS GARDU TRAKSI MENGURANGI HEADWAY OPERASIONAL KRL JALUR YOGYAKARTA LINTAS SOLO-KLATEN. *ISMETEK*, 13(1).
- Idris, F. (2023). ANALISIS KAPASITAS DAYA PADA GARDU TRAKSI TERHADAP PENYEMPITAN HEADWAY KERETA COMMUTER LINE RUTE BEKASI TIMUR-CIKARANG DI PT KAI

- (Persero) (Doctoral dissertation, Universitas Nasional).
- Nashiruddin, A., Agustin, I. W., & Firdausiyah, N. (2021). Evaluasi Kinerja Angkutan Umum Lyn C Kabupaten Bojonegoro Sebelum Pandemi Covid-19. *Planning for Urban Region and Environment Journal (PURE)*, 10(4), 181-192.
- Puspitasari, M. D., & Putra, F. W. (2019). Perhitungan Efektivitas Gardu Traksi Bojong Gede Pada Lintas Manggarai-Bogor. *Jurnal Perkeretaapian Indonesia Volume III Nomor 2 November 2019*.
- Sugianto, S., Alfiansyah, H. A., & Oetomo, P. (2023). Studi Tentang Kelistrikan Pada Sistem Kereta Rel Listrik. *SINUSOIDA*, 25(1), 63-74.
- Sugianto, S., Alfiansyah, H. A., Hadi, V., & Ariman, A. (2023). ANALISA PERHITUNGAN KAPASITAS DAYA GARDU TRAKSI PADA KERETA REL LISTRIK. *Presisi*, 25(2), 1-15.
- Suryanto, S., Suharyanto, I., & Umam, A. U. (2023). Identifikasi Resiko Kecelakaan Perlintasan Sebidang Di Jalan Sorowajan Baru, Kota Yogyakarta. *CivETech*, 5(1), 47-64.
- Utomo, A. W., & Umar, U. (2022). Analisis Efektivitas Kapasitas Daya Gardu Traksi Terhadap Kebutuhan KRL Jalur Yogyakarta-Solo. *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, 22(1), 1-7.
- Wibowo, R. S., & Haryatmi, E. (2022). Analisis kapasitas daya pada gardu traksi lintas Bojonggede–Bogor menggunakan kereta rel listrik seri EA 203. *Jurnal Perkeretaapian Indonesia (Indonesian Railway Journal)*, 6(1), 1-13.
- Wicaksono, C., & Putri, A. (2018). Analisa daya dukung gardu traksi kranji pada pengoperasian kereta bandara soekarno–hatta. *J. Perkeretaapi. Indones*, 2(1), 76-82.