

Analisis Beban Pendinginan Kereta Argo Lawu *New Generation* Menggunakan Metode *Cooling Load Temperature Difference (CLTD)*

Ferdyansah Ananta*, Trisma Jaya Saputra dan Nurmala Dyah Fajarningrum

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Tidar, Magelang
Jl. Kapten Suparman 39, Potrobangsari, Magelang Utara, Jawa Tengah 56116

*E-mail: ferdyansahananta@gmail.com

Diajukan: 28-02-2025; Diterima: 15-04-2025; Diterbitkan: 29-04-2025

Abstrak

Kereta Argo Lawu *New Generation* adalah salah satu layanan transportasi kereta api yang dioperasikan oleh PT Kereta Api Indonesia (KAI) untuk rute Solo Balapan - Gambir. Kenyamanan termal penumpang menjadi aspek penting dalam layanan ini, mengingat fluktuasi suhu eksternal yang signifikan. Sistem pendingin udara (AC) pada kereta harus mampu menjaga suhu yang nyaman selama perjalanan. Namun, perhitungan beban pendinginan yang akurat diperlukan untuk memastikan kapasitas sistem pendingin sesuai dengan kebutuhan termal dalam gerbong. Penelitian ini menggunakan metode *Cooling Load Temperature Difference (CLTD)* untuk menganalisis kebutuhan beban pendinginan pada Kereta Argo Lawu *New Generation*. Perhitungan dilakukan dengan mempertimbangkan faktor eksternal (radiasi matahari, suhu lingkungan) serta faktor internal (jumlah penumpang, peralatan elektronik, dan pencahayaan). Data yang dikumpulkan meliputi spesifikasi material gerbong, kapasitas pendinginan AC, serta parameter lingkungan seperti suhu dan kelembapan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa total beban pendinginan yang diperlukan adalah 37814,93 kkal/jam, sementara kapasitas AC yang tersedia sebesar 40000 kkal/jam. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem pendingin yang terpasang masih mampu menjaga suhu dalam batas kenyamanan termal. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa metode CLTD dapat digunakan secara efektif dalam perhitungan beban pendinginan kereta api dan dapat dijadikan acuan dalam perancangan sistem pendingin transportasi massal lainnya.

Kata kunci: AC kereta; beban pendinginan; CLTD; kenyamanan termal; transportasi massal

Abstract

The Argo Lawu *New Generation* train is one of PT Kereta Api Indonesia's (KAI) railway services operating on the Solo Balapan - Gambir route. Passenger thermal comfort is a crucial factor, considering the significant external temperature fluctuations. The train's air conditioning system must maintain a comfortable temperature throughout the journey. However, an accurate cooling load calculation is necessary to ensure the system's capacity meets the thermal requirements inside the train cabin. This study employs the *Cooling Load Temperature Difference (CLTD)* method to analyze the cooling load requirements of the Argo Lawu *New Generation* train. The calculations consider external factors (solar radiation, ambient temperature) and internal factors (number of passengers, electronic equipment, and lighting). Data collected includes the train's structural material specifications, AC cooling capacity, and environmental parameters such as temperature and humidity. The results indicate that the total required cooling load is 37814,93 kcal/h, while the installed AC system has a capacity of 40,000 kcal/h. This finding suggests that the existing cooling system is sufficient to maintain passenger thermal comfort. The study concludes that the CLTD method is an effective approach for calculating train cooling loads and can serve as a reference for designing air conditioning systems in other mass transportation applications.

Keywords: AC system; cooling load; CLTD; thermal comfort; mass transportation

1. Pendahuluan

Kereta api telah lama menjadi salah satu sarana transportasi massal yang vital di Indonesia. PT Kereta Api Indonesia (KAI) sebagai penyedia layanan transportasi kereta api di Indonesia, memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung mobilitas masyarakat [1]. Salah satunya adalah Kereta Argo Lawu *New Generation*, yang beroperasi antara Solo Balapan dan Gambir. Kereta ini dikenal sebagai salah satu kereta tercepat di jalurnya, namun di balik kecepatan tersebut, kenyamanan termal penumpang tetap menjadi perhatian utama [2]. Hal ini karena suhu dan kelembapan yang terus berubah selama perjalanan dapat mempengaruhi kenyamanan penumpang, yang dapat berdampak langsung pada pengalaman perjalanan mereka [3].

Untuk memastikan kenyamanan penumpang, sistem pendinginan udara atau *Air Conditioning* (AC) yang optimal sangat penting [4]. Sistem pendinginan ini berfungsi untuk menjaga suhu di dalam ruang gerbong tetap nyaman, terutama mengingat perbedaan suhu yang cukup besar antara lingkungan luar dan dalam gerbong kereta. Suhu luar dapat mencapai 34°C hingga 35°C pada siang hari, sementara suhu dalam ruangan perlu dijaga pada level yang sesuai dengan standar kenyamanan termal [5].

Kenyamanan termal merupakan konsep yang menggambarkan sejauh mana lingkungan di sekitar seseorang dirasakan nyaman berdasarkan faktor-faktor fisik, fisiologis, dan psikologis [6]. Beberapa faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal antara lain adalah temperatur udara, kelembapan, kecepatan angin, radiasi matahari, aktivitas fisik, dan pakaian yang dikenakan [7]. Di dalam konteks transportasi kereta api, faktor-faktor ini harus diperhatikan untuk menciptakan kondisi yang nyaman selama perjalanan, yang mana dapat dicapai dengan memastikan sistem pendingin bekerja secara efisien [8].

Untuk mengukur seberapa efektif sistem pendingin dalam mencapai kondisi yang nyaman, salah satu metode yang banyak digunakan adalah *Cooling Load Temperature Difference* (CLTD). Metode ini dirancang untuk menghitung jumlah panas yang harus dikeluarkan oleh sistem pendingin untuk mempertahankan suhu yang diinginkan di dalam ruangan [9]. CLTD mengukur perbedaan suhu antara ruangan yang dikondisikan dengan suhu luar yang dapat mempengaruhi sistem pendinginan. Beban pendinginan ini dihitung dengan mempertimbangkan berbagai faktor eksternal dan internal yang dapat mempengaruhi suhu dalam ruangan, termasuk radiasi matahari, panas yang ditransfer melalui dinding, kaca, dan atap, serta kontribusi panas dari aktivitas manusia dan peralatan dalam gerbong [10].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kebutuhan beban pendinginan pada Kereta Argo Lawu *New Generation* dengan menggunakan metode CLTD, serta untuk memastikan sistem pendingin yang digunakan dalam kereta tersebut memiliki kapasitas yang sesuai dengan kebutuhan beban pendinginan yang dihitung. Dalam penelitian ini, perhitungan CLTD akan mencakup semua faktor yang dapat mempengaruhi kondisi termal di dalam kereta, termasuk faktor eksternal dan internal, serta simulasi kondisi dinamis di dalam kereta saat beroperasi.

2. Material dan metodologi

Kereta Argo Lawu *New Generation* merupakan salah satu jenis kereta api yang dioperasikan oleh PT Kereta Api Indonesia (KAI), yang melayani rute Solo Balapan - Gambir. Kereta ini dirancang dengan berbagai fitur untuk meningkatkan kenyamanan penumpang, salah satunya adalah sistem pendinginan udara yang digunakan untuk menjaga suhu dalam ruangan tetap nyaman meskipun dalam kondisi suhu luar yang tinggi [11]. Spesifikasi teknis kereta Argo Lawu *New Generation* dapat dilihat dalam tabel 1:

Tabel 1. Data teknik gerbong KA *Stainless Steel*

No	Komponen	Dimensi
1	Panjang badan kereta	20000 mm
2	Panjang kereta maksimum termasuk alat perangkai	20920 mm
3	Lebar badan kereta	2990 mm
4	Tinggi atap dari kepala rel	3815 mm
5	Tinggi lantai kereta dari kepala rel	1000 mm
6	Material	<i>Stainless steel</i>
7	Kapasitas	50 penumpang

Sistem pengkondisian udara pada Kereta Argo Lawu *New Generation* menggunakan teknologi *Air Conditioning* (AC) yang dirancang untuk menjaga suhu di dalam ruangan tetap stabil meskipun ada fluktuasi suhu luar. Sistem AC ini

mengandalkan unit ACI-4001, yang dirancang khusus untuk digunakan di kereta [12]. Spesifikasi AC INKA ACI-4001 dapat dilihat dalam tabel 2:

Tabel 2. Spesifikasi ACI-4001

No	Spesifikasi Unit AC	AC INKA
1	Kapasitas Pendinginan	40,000 kcal/h Dengan kondisi: Temperatur <i>inlet</i> kondensor koil: 35°C Temperatur <i>outlet</i> evaporator koil: 27°C RH: 65%
2	Power Supply	Utama: 380-415V 3 fasa 50Hz
3	Power Consumption	Kontrol: 220V 1 fasa 50Hz 18.7 kW (maksimum)
4	Air Flow	Supply Air: 90 m ³ /min Return Air: 64 m ³ /min Fresh Air: 26 m ³ /min
5	Temperatur Operasi	40°C (maksimum)

Material yang digunakan dalam konstruksi Kereta Argo Lawu *New Generation* sangat berpengaruh terhadap perhitungan beban pendinginan. Setiap komponen material (seperti dinding, atap, lantai, dan jendela) memiliki koefisien perpindahan panas yang berbeda, yang memengaruhi seberapa banyak panas yang dapat masuk ke dalam ruangan [13]. Material yang digunakan dapat dilihat dalam tabel 3:

Tabel 3. Spesifikasi komponen kereta Argo Lawu *New Generation*

Komponen kereta Argo Lawu <i>New Generation</i>				
No	Komponen	Material	Tebal (mm)	Konduktivitas Termal (W/m.K)
1	Dinding	SS 400	2	248,016
		Foam	50	0,021
		GFRP	4	0,036
		Celah udara	20	
2	Atap	SS 400	2	248,016
		Foam	70	0,021
		GFRP	4	0,036
		Celah udara	20	
3	Lantai	SS 400	2	248,016
		Unitex	30	0,021
		Vinyl	6	0,169
4	Kaca	Laminasi (Kegelapan 20%)	15	0,029

Metode *Cooling Load Temperature Difference* (CLTD) adalah salah satu metode yang digunakan untuk menghitung beban pendinginan yang harus dikeluarkan oleh sistem pendingin di dalam sebuah ruangan atau kendaraan, seperti dalam hal ini, sebuah gerbong kereta. CLTD adalah selisih suhu antara suhu dalam ruangan yang dikondisikan dengan suhu luar yang mengalir melalui struktur bangunan atau kendaraan (dinding, atap, jendela, dan lainnya) yang akan mempengaruhi suhu di dalam ruangan. Beban ini kemudian dihitung untuk menentukan berapa banyak energi yang harus diserap oleh sistem pendingin untuk menjaga suhu tetap berada pada tingkat kenyamanan [14].

Langkah-langkah dalam perhitungan CLTD:

2.1 Beban Pendinginan Eksternal

Beban pendinginan eksternal berasal dari perpindahan panas yang terjadi antara interior dan lingkungan luar. Ini terjadi melalui dinding, jendela, atap, dan lantai, serta dari radiasi matahari yang diserap oleh permukaan permukaan eksterior kereta. Beban panas yang masuk melalui dinding, atap, jendela dan lantai dihitung dengan rumus [15]:

$$Q = U \times A \times CLTD_c$$

Dimana: U = Koefisien perpindahan kalor menyeluruh dinding (Btu/hr.ft².°F)

A = Luas permukaan (ft^2)

$CLTD_c$ = Cooling load temperature difference correction ($^{\circ}\text{F}$)

2.2 Beban Radiasi Matahari

Radiasi matahari merupakan salah satu faktor utama yang meningkatkan suhu di dalam ruangan, terutama melalui jendela. Untuk mengukur dampak radiasi matahari pada suhu di dalam gerbong, rumus berikut digunakan [15]:

$$Q = A \times SC \times SHGF \times CLF$$

Dimana: SC = Shading Coefficient

$SHGF$ = Solar Heat Gain Factor (Btu/hr.ft^2)

CLF = Cooling Load Factor

2.3 Beban Pendinginan Internal

Beban ini berasal dari sumber panas di dalam ruangan yang tidak terkait dengan kondisi eksternal. Sumber panas internal utama meliputi penerangan, peralatan serta penumpang [15].

$$\text{Beban penerangan : } Q = 3.41 \times n \times CLF$$

$$\text{Beban peralatan : } Q = (Q_s \times CLF)$$

$$\text{Beban penumpang : } Q = SHG \times n \times CLF$$

Dimana: SHG = Sensible Heat Gain

2.4 Beban Ventilasi dan Infiltrasi

Ventilasi dan infiltrasi udara luar yang masuk ke dalam ruangan juga mempengaruhi beban pendinginan. Udara luar yang masuk harus didinginkan sebelum dapat didistribusikan ke dalam ruangan. Beban sensibel dan laten dari ventilasi dihitung dengan rumus [15]:

$$Q_s = 1.1 \times CFM \times TD$$

$$Q_L = 0.68 \times CFM \times (W'_{OA} - W'_i)$$

Dimana: CFM = Laju volume udara infiltrasi atau ventilasi (ft^3/min)

W'_{OA} = Rasio kelembaban dalam ruang (dalam gr water/lb dry air)

W'_i = Rasio kelembaban luar ruang (dalam gr water/lb dry air)

2.5 Perhitungan Total Beban Pendinginan

Setelah menghitung semua sumber beban yang ada, total beban pendinginan diperoleh dengan menjumlahkan semua komponen, yaitu [15]:

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{Eksternal}} + Q_{\text{Internal}} + Q_{\text{Infiltrasi}} + Q_{\text{Ventilasi}}$$

Hasil perhitungan total beban pendinginan ini akan dibandingkan dengan kapasitas sistem pendingin yang terpasang untuk memastikan apakah sistem tersebut mampu mengatasi beban panas dengan efisien.

Penelitian dilakukan dengan mengukur suhu luar, kelembapan, radiasi matahari, dan kondisi dalam gerbong Kereta Argo Lawu *New Generation* selama perjalanan Solo-Gambir. Pengukuran menggunakan *hygrometer thermometer* untuk suhu dan kelembapan. Data material kereta, seperti koefisien perpindahan panas, luas permukaan, dan orientasi terhadap matahari, diolah menggunakan metode CLTD. Hasilnya dianalisis untuk menghitung total beban pendinginan yang diperlukan guna menjaga kenyamanan termal penumpang.

3. Hasil dan pembahasan

3.1. Beban pendinginan eksternal

Beban eksternal terdiri atas konduksi pada dinding, atap, lantai, dan kaca serta radiasi melalui kaca. Berikut adalah perhitungannya:

a. Beban konduksi pada dinding

$$\text{Diketahui: } U = 0,045 \text{ Btu/hr.ft}^2.\text{°F}$$

$$A = 246,22 \text{ ft}^2$$

$$\text{CLTD}_C = 26,8 \text{ °F}$$

$$Q = U \times A \times \text{CLTD}_C = 0,045 \text{ Btu/hr.ft}^2.\text{°F} \times 246,22 \text{ ft}^2 \times 26,8 \text{ °F} = 296,94 \text{ Btu/hr}$$

b. Beban konduksi pada atap

$$\text{Diketahui: } U = 0,042 \text{ Btu/hr.ft}^2.\text{°F}$$

$$A = 643,68 \text{ ft}^2$$

$$\text{CLTD}_C = 60,8 \text{ °F}$$

$$Q = U \times A \times \text{CLTD}_C = 0,042 \text{ Btu/hr.ft}^2.\text{°F} \times 643,68 \text{ ft}^2 \times 60,8 \text{ °F} = 1643,7 \text{ Btu/hr}$$

c. Beban konduksi pada lantai

$$\text{Diketahui: } U = 0,049 \text{ Btu/hr.ft}^2.\text{°F}$$

$$A = 643,68 \text{ ft}^2$$

$$\text{CLTD}_C = 19,8 \text{ °F}$$

$$Q = U \times A \times \text{CLTD}_C = 0,049 \text{ Btu/hr.ft}^2.\text{°F} \times 643,68 \text{ ft}^2 \times 19,8 \text{ °F} = 624,49 \text{ Btu/hr}$$

d. Beban konduksi pada kaca

$$\text{Diketahui: } U = 1,04 \text{ Btu/hr.ft}^2.\text{°F}$$

$$A = 9,47 \text{ ft}^2$$

$$\text{CLTD}_C = 13,8 \text{ °F}$$

$$Q = U \times A \times \text{CLTD}_C = 1,04 \text{ Btu/hr.ft}^2.\text{°F} \times 9,47 \text{ ft}^2 \times 13,8 \text{ °F} = 135,91 \text{ Btu/hr}$$

e. Beban radiasi pada kaca

$$\text{Diketahui: } A = 9,47 \text{ ft}^2$$

$$SC = 0,81$$

$$SHGF = 160$$

$$CLF = 0,58$$

$$Q = A \times SC \times SHGF \times CLF = 9,47 \text{ ft}^2 \times 0,81 \times 160 \times 0,58 = 711,84 \text{ Btu/hr}$$

Mengitung total beban pendinginan eksternal

$$\text{Diketahui: } Q_{\text{dinding}} = 296,94 \text{ Btu/hr}$$

$$Q_{\text{atap}} = 1643,7 \text{ Btu/hr}$$

$$Q_{\text{lantai}} = 624,49 \text{ Btu/hr}$$

$$Q_{\text{kaca}} = 135,91 \text{ Btu/hr}$$

$$Q_{R \text{ kaca}} = 711,84 \text{ Btu/hr}$$

$$Q_{\text{eksternal}} = Q_{\text{dinding}} + Q_{\text{atap}} + Q_{\text{lantai}} + Q_{\text{kaca}} + Q_{R \text{ kaca}} = 3412,88 \text{ Btu/hr}$$

3.2. Beban pendinginan internal

Beban internal mencakup beban dari penerangan, penumpang dan beban dari peralatan. Berikut adalah perhitungannya:

a. Beban penerangan

$$\text{Diketahui: } \text{Lampu} = 36 \text{ watt}$$

$$\text{Jumlah} = 12 \text{ buah}$$

$$CLF = 0,14$$

$$Q = 3,14 \times \eta \times CLF = 3,14 \times (36 \times 12) \times 0,14 = 189,9 \text{ Btu/hr}$$

b. Beban penumpang

Diketahui: $\eta = 50$ orang

SHG = 225

CLF = 1

$$Q = SHG \times \eta \times CLF = 225 \times 50 \times 1 = 11250 \text{ Btu/hr}$$

c. Beban peralatan

Peralatan di dalam kereta Argo Lawu *New Generation* terdiri dari TV, monitor, speaker dan stopkontak. Hasil dari perhitungan dapat dilihat pada tabel 4, menggunakan rumus berikut:

$$Q = (Q_s \times CLF)$$

Tabel 4. Beban peralatan

Keterangan	Jumlah	Q_s (Btu/hr)	CLF	Q (Btu/hr)
TV 32'	4	9600	0.78	29952
Monitor	4	8000	0.78	24960
Speaker	8	7200	0.78	44928
Stopkontak	26	600	0.78	12168
Total				112008

Mengitung total beban pendinginan internal

Diketahui: $Q_{\text{penerangan}} = 189,9 \text{ Btu/hr}$

$Q_{\text{penumpang}} = 11250 \text{ Btu/hr}$

$Q_{\text{peralatan}} = 112008 \text{ Btu/hr}$

$$Q_{\text{internal}} = Q_{\text{penerangan}} + Q_{\text{penumpang}} + Q_{\text{peralatan}} = 123447,9 \text{ Btu/hr}$$

3.3. Beban infiltrasi dan ventilasi

Beban ini terbagi menjadi dua jenis, yaitu kalor sensibel dan kalor laten. Hasil perhitungan beban pendinginan akibat infiltrasi dan ventilasi disajikan dalam tabel 5 dan tabel 6 menggunakan rumus dibawah ini:

$$Q_s = 1.1 \times CFM \times TD$$

$$Q_L = 0.68 \times CFM \times (W'_{OA} - W'_i)$$

Tabel 5. Beban infiltrasi

CFM	W'_{OA} (gr/lb)	W'_i (gr/lb)	T_{in} (°F)	T_{out} (°F)	Kalor	
					Sensibel	Laten
49.4	12.25	4.75	75.2	95	1075.93	251.94
Total					1327,87	

Tabel 6. Beban ventilasi

Jumlah penumpang	CFM	W'_{OA} (gr/lb)	W'_i (gr/lb)	T_{in} (°F)	T_{out} (°F)	Kalor	
						Sensibel	Laten
50	16.2	12.25	4.75	75.2	95	17641.8	4131
Total						21772,8	

3.4. Beban pendinginan total

Beban pendingin total adalah hasil penjumlahan seluruh kalor yang dihasilkan dari sumber internal, eksternal, infiltrasi, dan ventilasi.

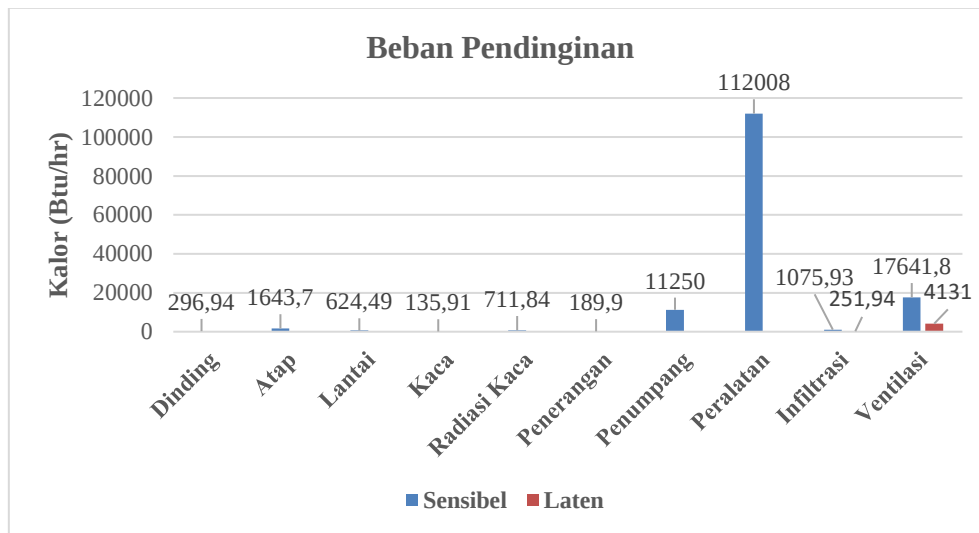
$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{Eksternal}} + Q_{\text{Internal}} + Q_{\text{Infiltrasi}} + Q_{\text{Ventilasi}}$$

$$= 3412,88 \text{ Btu/hr} + 123447,9 \text{ Btu/hr} + 1327,87 \text{ Btu/hr} + 21772,8 \text{ Btu/hr}$$

$$= 149961,45 \text{ Btu/hr}$$

$$= 37814,93 \text{ kkal/h}$$

Beban pendinginan total yang dihitung menggunakan metode CLTD adalah 37814,93 kkal/h, di mana nilainya masih lebih rendah dibandingkan kapasitas pendingin pada gerbong KA sebesar 40000 kkal/h. Oleh karena itu, sistem pendingin pada gerbong kereta api Argo Lawu *New Generation* tetap tergolong nyaman berdasarkan hasil perhitungan tersebut. Berikut ini adalah grafik beban pendinginan yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik beban pendinginan

4. Kesimpulan

Berdasarkan Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan metode *Cooling Load Temperature Difference* (CLTD), penelitian ini berhasil menghitung secara akurat beban pendinginan yang dibutuhkan untuk menjaga kenyamanan termal di dalam Kereta Argo Lawu *New Generation*. Metode CLTD terbukti efektif karena mampu memperhitungkan berbagai faktor eksternal seperti radiasi matahari dan suhu lingkungan, serta faktor internal seperti jumlah penumpang, peralatan, dan pencahayaan. Dari hasil perhitungan, total beban pendinginan yang diperoleh sebesar 37.814,93 kkal/h, masih berada di bawah kapasitas sistem pendingin yang tersedia yaitu 40.000 kkal/h. Hal ini menunjukkan bahwa sistem pendingin yang terpasang mampu bekerja secara optimal untuk menjaga suhu nyaman selama perjalanan. Selain itu, perhitungan dengan metode CLTD memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai kebutuhan energi pendinginan, sehingga dapat dijadikan acuan dalam perancangan sistem AC untuk kereta api ke depannya. Penelitian ini juga berpotensi dijadikan referensi dalam menghitung beban pendinginan pada moda transportasi massal lainnya seperti pesawat atau kendaraan umum yang membutuhkan pengaturan suhu dan kenyamanan penumpang.

Daftar Pustaka

- [1] Lestari DA, Mustafidah AA. Perusahaan PT Kereta Api Indonesia (PERSERO) Dalam Meningkatkan Pelayanan Jasa Transportasi Kereta. Gudang J Multidisiplin Ilmu. 2024;2:152–7.
- [2] PT Kereta Api Indonesia (Persero). Direktorat Jenderal Perkeretaapian. 2023. p. 1887 Grafik Perjalanan Kereta Api pada Jaringan Jalur Kereta Api Nasional di Jawa Tahun 2023.
- [3] Komalasih AF. Tingkat Kenyamanan Penumpang Pada Interior Kabin Pesawat Garuda Indonesia Kelas Ekonomi Jakarta-Makassar di Tinjau dari Aspek Ergonomi. Institut Seni Indonesia Yogyakarta; 2017.
- [4] Arfan AP Muh. Optimalisasi Perawatan Sistem Pendingin Udara Untuk Mempertahankan Suhu Ruang Di Mt.

Hy Crystal. Sekolah Tinggi Ilmu Pelayaran; 2022.

- [5] Falami MR. Museum PT. KAI Di Pengok Yogyakarta “Desain Green Architecture Terfokus Pada Selubung Bangunan.” 2015;
- [6] Nasrudin N, Maryadi M. Manajemen Sarana dan Prasarana Pendidikan dalam Pembelajaran di SD. Manaj Pendidik. 2019;13(2):15–23.
- [7] Hamdy MA, Hamzah B, Wikantari R, Mulyadi² R, Poros J, Km M, et al. Lingkungan dan Kenyamanan Termal Dalam Bangunan di Iklim Tropis Panas dan Lembab: Studi Literatur Sistematis. JaS). 2021;3(2):25–44.
- [8] Prianto YT. Analisis Temperatur dan Sistem Pengkondisian Udara Pada Kereta Eksekutif Malam Bangunkarta. Inst Teknol Sepuluh Nop. 2015;
- [9] Jayanto Db. Analisis Numerik Kenyamanan Termal Pada Gerbong Kereta Api Taksaka Hype Trip. 2023;
- [10] Srihanto S, Sugiri M, Handika D. Analisis Beban Pendingin Pada Restorasi Kereta Cepat Jakarta-Bandung CR400AF Ukuran 25 X 3, 36 X 2, 05 M Kapasitas 75 Orang. Pros Snitt Poltekba. 2024;6:189–95.
- [11] Sriastuti DAN. Kereta api pilihan utama sebagai moda alternatif angkutan umum massal. Paduraksa. 2015;4(1):26–35.
- [12] Hidayat T, Restu FR. Pengembangan Desain Sistem Pengkondisian Udara Kereta Api Oleh PT. INKA (Persero). J Penelit Transp Darat. 2017;19(1):13–36.
- [13] PT. Industri Kereta Api (INKA). Panduan Manual Book dan Maintenance Kereta Satwa (K1). Madiun, Jawa Timur PT INKA. 1999;
- [14] Jaya AK, Fithratullah R, Kurniawati K, Utha MA. The Influence of Environmental Quality in Classrooms on Internal Response and Academic Performance in Conventional and Energy-Efficient Buildings. J Soc Res. 2023;2(11):4006–19.
- [15] ASHRAE. Cooling and Heating Load Calculation Manual. Physiol Princ Comf Heal ASHRAE, USA. 1977;