Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 493-504
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT
Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

Analisis Perpindahan Panas dan Beban Pendinginan Ruang Penumpang Kereta Ambarawa Ekspress Jenis K3 Premium

M. Aditya Bintang Septian Nugraha[1], Althesa Androva[2*], Muhamad Safi'i[3]

[1,2,3)] Progam Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang, Indonesia
Email: [1]muhammadadityabintang@gmail.com, [2]althesaandrova@upgris.ac.id, [3]muhamadsafii@upgris.ac.id
Email Penulis Korespondensi: [2]althesaandrova@upgris.ac.id

Info Artikel

Kata Kunci:
Ruang Penumpang Kereta
Perpindahan Panas
Beban Pendinginan
OTTV
CLTD

Abstrak

Kondisi termal ruang penumpang kereta berkaitan dengan kondisi lingkungan luar, karakteristik selubung kereta, serta panas yang berasal dari dalam ruang. Perpindahan panas melalui selubung, pertukaran udara antara ruang penumpang dan lingkungan luar, serta panas internal dari penumpang, pencahayaan, dan peralatan listrik diperhitungkan dalam penentuan beban pendinginan ruang penumpang. Berdasarkan penelitian terdahulu, penerapan OTTV (*Overall Thermal Transfer Value)* dan CLTD *(Cooling Load Temperature Difference*) pada berbagai sarana perkeretaapian belum mencakup kondisi *boarding* dengan pintu terbuka pada objek yang dikaji. Penelitian ini bertujuan menganalisis perpindahan panas melalui dinding dan kaca, menentukan beban pendinginan ruang penumpang Kereta Ambarawa Ekspress jenis K3 Premium saat berhenti di Stasiun Semarang Poncol selama *boarding*, serta membandingkannya dengan kapasitas pengkondisian udara terpasang. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif berdasarkan data hasil observasi lapangan dan spesifikasi teknis kereta. Perpindahan panas dianalisis menggunakan OTTV, sedangkan beban pendinginan dihitung menggunakan CLTD. Hasil analisis menunjukkan OTTV total sebesar 28,78 W/m^2 dan beban pendinginan sebesar 39.957,461 kkal/jam, sedangkan kapasitas pengkondisian udara terpasang sebesar 40.000 kkal/jam. Kapasitas tersebut masih mampu menangani beban pendinginan pada kondisi penelitian. Hasil penelitian memberikan gambaran kuantitatif mengenai karakteristik perpindahan panas dan kemampuan sistem pengkondisian udara pada kondisi *boarding* penumpang sebagai bahan evaluasi teknis sistem pengkondisian udara.

Keywords :
Train Passenger Compartment
Heat Transfer
Cooling Load
OTTV
CLTD

Abstract

The thermal conditions of the train passenger compartment are related to external environmental conditions, the characteristics of the train's envelope, and heat generated within the compartment. Heat transfer through the enclosure, air exchange between the passenger compartment and the external environment, and internal heat generated by passengers, lighting, and electrical equipment are taken into account when determining the cooling load of the passenger compartment. Based on previous research, the application of OTTV (Overall Thermal Transfer Value) and CLTD (Cooling Load Temperature Difference) to various types of railway rolling stock has not yet encompassed boarding conditions with open doors for the objects under study. This research aims to analyze heat transfer through the walls and windows, determine the cooling load of the passenger compartment of the Ambarawa Ekspress train (K3 Premium class) while stopped at Semarang Poncol Station during boarding, and compare it with the installed air conditioning capacity. This study employs a quantitative descriptive approach based on field observation data and train technical specifications. Heat transfer is analyzed using OTTV, while cooling load is calculated using CLTD. The analysis results indicate a total OTTV of 28.78 W/m^2 and a cooling load of 39,957.461 kcal/h, while the installed air conditioning capacity is 40,000 kcal/h. That capacity is still capable of handling the cooling load under the test conditions. The research results provide a quantitative overview of the heat transfer characteristics and air conditioning system performance during passenger boarding, serving as a basis for the technical evaluation of the air conditioning system.

JuKSITis licensed under a Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License

Submitted: **01/10/2026**; Accepted: **10/10/2026**; Published: **31/10/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 493-504
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

1. PENDAHULUAN

Kereta api merupakan moda transportasi massal yang memiliki peran penting dalam mendukung mobilitas masyarakat melalui layanan angkutan penumpang [1]. Dalam layanan tersebut, kereta penumpang menjadi ruang berlangsungnya berbagai aktivitas sehingga kenyamanan penumpang perlu diperhatikan [2]. Salah satu aspek kenyamanan ruang penumpang kereta adalah kenyamanan termal yang berkaitan dengan kondisi temperatur dan kelembapan udara di dalam ruang [3], [4]. Untuk mendukung kenyamanan termal, ruang penumpang kereta dilengkapi dengan sistem pengkondisian udara [5], [6]. Namun, kondisi termal ruang penumpang kereta juga berkaitan dengan kondisi lingkungan luar, karakteristik selubung kereta, serta panas yang berasal dari dalam ruang [7], [8].

Perpindahan panas ke ruang penumpang dapat terjadi melalui selubung kereta yang memisahkan ruang dalam dengan lingkungan luar. Selain melalui selubung, panas dari lingkungan luar dapat masuk melalui pertukaran udara, sedangkan aktivitas penumpang, pencahayaan, dan peralatan listrik menjadi sumber panas internal [9]. Beban panas eksternal dan internal menjadi dasar dalam menentukan besarnya beban pendinginan ruang penumpang kereta [10]. Karakteristik perpindahan panas melalui selubung kereta seperti dinding dan kaca dapat dianalisis menggunakan pendekatan OTTV (*Overall Thermal Transfer Value)*, sedangkan beban pendinginan ruang penumpang dapat dihitung menggunakan metode CLTD (*Cooling Load Temperature Difference)* [11].

Beberapa penelitian sebelumnya telah menganalisis karakteristik perpindahan panas dan beban pendinginan pada sarana perkeretaapian menggunakan OTTV dan CLTD. Penelitian oleh Moch. Sugiri (2024) pada ruang penumpang kereta cepat CR400AF memperoleh nilai OTTV sebesar 15,6 W/m^2 dan beban pendinginan sebesar 41,47 kW dengan kapasitas pendinginan terpasang sebesar 45 kW [12]. Penelitian oleh Budiarto (2024) pada kereta TMC PPI Madiun memperoleh nilai OTTV sebesar 21,844 W/m^2 dan beban pendinginan sebesar 4,719 kW dengan kapasitas pendinginan terpasang sebesar 8,10 kW [13]. Sementara itu, penelitian oleh Saputra (2025) pada KRL JR205 memperoleh nilai OTTV sebesar 17,19 W/m^2 dan beban pendinginan sebesar 72,25 kW dengan kapasitas pendinginan terpasang sebesar 58,15 kW [11]. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa OTTV dan CLTD digunakan untuk menganalisis perpindahan panas dan beban pendinginan pada beberapa jenis sarana perkeretaapian. Hasil perhitungaan beban pendinginan juga dibandingkan dengan kapasitas sistem pengkondisian udara yang terpasang. Namun, penelitian terdahulu dilakukan pada sarana dengan karakteristik material, desain, jumlah penumpang, dan kondisi operasional yang berbeda. Perbedaan karakteristik tersebut menyebabkan hasil analisis bersifat spesifik terhadap objek dan kondisi operasional yang dikaji.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini dilaksanakan pada kereta Ambarawa Ekspress jenis K3 Premium saat kondisi berhenti di Stasiun Semarang Poncol selama proses *boarding* penumpang. Pada kondisi operasional tersebut, pintu kereta terbuka sehingga terjadi pertukaran udara antara ruang penumpang dan lingkungan luar. Berdasarkan tinjauan penelitian terdahulu, kondisi operasional tersebut belum tercakup pada objek yang dikaji sebelumnya. Kebaruan penelitian ini terletak pada analisis karakteristik perpindahan panas melalui dinding dan kaca menggunakan OTTV serta beban pendinginan ruang penumpang menggunakan CLTD pada kondisi *boarding* penumpang. Beban pendinginan selanjutnya dibandingkan dengan kapasitas sistem pengkondisian udara yang terpasang untuk mengetahui kemampuannya dalam menangani beban tersebut. Hasil penelitian memberikan gambaran mengenai karakteristik termal ruang penumpang dan kemampuan sistem pengkondisian udara pada kondisi operasional yang dikaji serta dapat menjadi bahan evaluasi teknis pengkondisian udara pada Kereta Ambarawa Ekspress jenis K3 Premium.

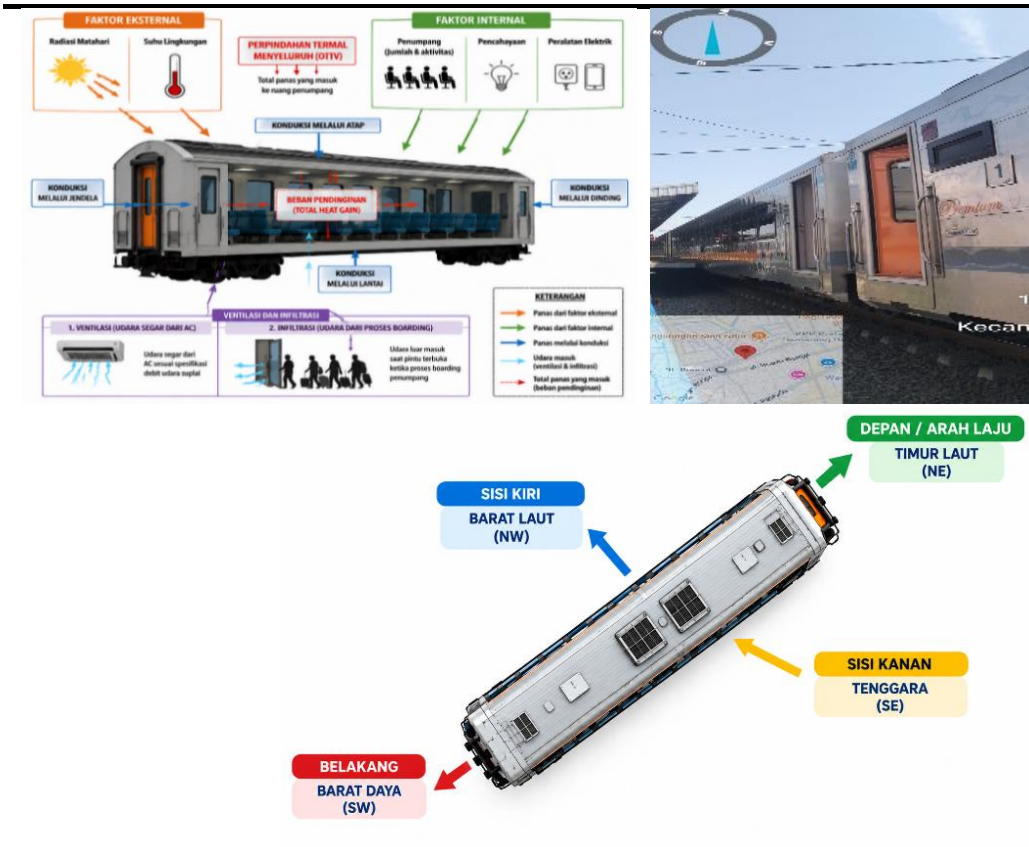
2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Model Fisik

Model fisik penelitian menjelaskan mekanisme perpindahan panas dan beban pendinginan ruang penumpang kereta Ambarawa Ekspress jenis K3 Premium. Analisis perpindahan panas dilakukan dengan pendekatan OTTV (*Overall Thermal Transfer Value)* untuk mengetahui karakteristik perpindahan panas melalui setiap orientasi bidang selubung kereta berdasarkan komponen dinding dan kaca jendela. Selanjutnya, perhitungan beban pendinginan pada ruang penumpang kereta dihitung menggunakan metode CLTD (*Cooling Load Temperature Difference)* ketika kondisi kereta berhenti saat proses *boarding* penumpang di Stasiun Semarang Poncol. Hasil yang diperoleh melalui perhitungan beban pendinginan kemudian dilakukan perbandingan dengan kapasitas sistem pengkondisian udara yang terpasang pada kereta untuk mengetahui kemampuannya dalam menangani beban pendinginan pada kondisi operasional tersebut.

Submitted: **01/10/2026**; Accepted: **10/10/2026**; Published: **31/10/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 493-504
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT
Penerbit : Cv. Utility Project Solutio



Gambar 1. Model Fisik Perpindahan Panas dan Beban Pendinginan Kereta Ambarawa Ekspress Jenis K3 Premium
Sumber: Dokumen Peneliti

Gambar 1 menunjukkan, sumber panas dapat diketahui melalui beberapa faktor antara lain faktor *internal* meliputi jumlah dan aktivitas penumpang, beban pencahayaan, serta peralatan listrik yang digunakan. Selain itu juga terdapat faktor *eksternal* dari radiasi matahari, suhu lingkungan, konduksi panas melalui atap, jendela, dinding, dan partisi lantai, serta beban udara ventilasi dan infiltrasi. Oleh karena itu, seluruh faktor tersebut diperhitungkan sebagai komponen beban pendinginan yang harus ditangani oleh sistem pengkondisian udara. Penelitian dilakukan ketika kereta Ambarawa Ekspress dalam kondisi berhenti di jalur 3 stasiun Semarang Poncol arah keberangkatan kereta. Objek penelitian difokuskan pada kereta ekonomi nomor 2, karena kereta tersebut tidak memperoleh *overcapping* serta menjadi jalur lintasan penumpang kereta ekonomi nomor 1. Kondisi tersebut terjadi karena posisi kereta ekonomi 1 tidak memperoleh akses langsung ke peron sehingga penumpang harus melewati ruang penumpang kereta ekonomi nomor 2, yang berpotensi memperoleh sumber panas *internal* maupun eksternal lebih besar ketika kereta berhenti di stasiun Semarang Poncol selama proses *boarding* penumpang.

Data penelitian kereta Ambarawa Ekspress jenis K3 Premium diperoleh melalui pengukuran lapangan, pengamatan langsung, serta dokumen teknis dari PT KAI dan PT INKA antara lain adalah dimensi kereta, kapasitas pendinginan, kapasitas tempat duduk penumpang, dan dokumen pendukung lainnya sebagaimana disajikan pada Tabel 1, sedangkan komponen material selubung kereta beserta nilai konduktivitas termal dapat diketahui pada Tabel 2.

Tabel 1. Spesifikasi Teknis Kereta Ambarawa Ekspress K3 Premium

No	Data Teknis	Keterangan
1	Panjang badan KA	20.000 mm
2	Panjang R.Penumpang KA	16.350 mm
3	Lebar KA	2.990 mm
4	Tinggi KA	2.550 mm
5	Material KA	*Stainless Steel*
6	Jumlah Rangkaian K3	14 Kereta Ekonomi
7	Kapasitas Tempat duduk	80 Tempat Duduk

Submitted: **01/10/2026**; Accepted: **10/10/2026**; Published: **31/10/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 493-504
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

8	Kepemilikan KA	PT KAI
9	Produsen KA	PT INKA
10	Kapasitas Pendinginan	40.000 kkal/jam
11	Aliran udara segar	26 m^3/menit

Sumber: [14]

Tabel 2. Komponen Material Kereta Ambarawa Ekspress K3 Premium

No	Jenis	Komponen Material	Tebal Material (m)	Konduktivitas Termal Material (W/m.K)
1	Dinding	*SS SUS 304*	0,002	16,3
		Polyurethane Foam	0,05	0,025
		Fiberglass	0,003	0,035
2	Atap	*SS SUS 304*	0,001	16,3
		Polyurethane Foam	0,05	0,025
		Fiberglass	0,003	0,035
3	Lantai	*SS SUS 304*	0,001	16,3
		Vinyl	0,003	0,25
		Unitex	0,030	0,021
4	Kaca	*Tempered laminasi kegelapan 60%*	0,01414	1,053

Sumber: [14], [15]

Jadwal kereta Ambarawa Ekspress K3 Premium di Stasiun Semarang Poncol menjadi dasar pengambilan kondisi penelitian selama proses *boarding* penumpang yaitu pukul 10.37 s.d 11.40 WIB yang terdapat pada tabel 3.

Tabel 3. Jadwal Kereta Ambarawa Ekspress K3 Premium

Relasi	Jam Keberangkatan – Jam Kedatangan
Surabaya Pasar Turi – **Semarang Poncol**	06.15 - **10.37**
Semarang Poncol – Surabaya Pasar Turi	**11.40 -** 16. 28

Sumber: [16]

Penggunaan peralatan listrik dan pencahayaan diperoleh melalui pengamatan lapangan dan dokumen beban daya listrik pada kereta Ambarawa Ekspress K3 Premium. Data beban peralatan listrik dan pencahayaan menjadi sumber panas dalam ruang penumpang yang dapat diketahui dalam Tabel 4 serta Tabel 5.

Tabel 4. Komponen Beban Peralatan Listrik Kereta Ambarawa Ekspress K3 Premium

Komponen	Jumlah	Daya (W)	Total (W)
TV LCD 19 Inch	6	20	120
Display Informasi	2	175	350
Power Socket	40	100	4000
Beban Daya Peralatan Listrik			4.470

Sumber: [14], [15]

Tabel 5. Komponen Beban Pencahayaan Kereta Ambarawa Ekspress K3 Premium

Komponen	Jumlah	Daya (W)	Total (W)
Lampu Ruang Tipe 1	21	36	756
Lampu Ruang Tipe 3	2	23	46
Lampu *Emergency* Tipe 1	3	36	108
Beban Daya Pencahayaan			910

Sumber: [14], [17]

Dimensi dan orientasi bidang selubung kereta diperoleh melalui pengambilan data serta pengukuran lapangan ketika kereta berhenti di Stasiun Semarang Poncol sebagai dasar perhitungan, yang disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Dimensi Selubung Kereta Ambarawa Ekspress K3 Premium

Nomor	Komponen	Lebar (m)	Tinggi (m)	Jumlah (Unit)	Orientasi Bidang
I	Jendela tetap	1,02	0,75	22	11 Barat Laut, 11 Tenggara

Submitted: **01/10/2026**; Accepted: **10/10/2026**; Published: **31/10/2026**

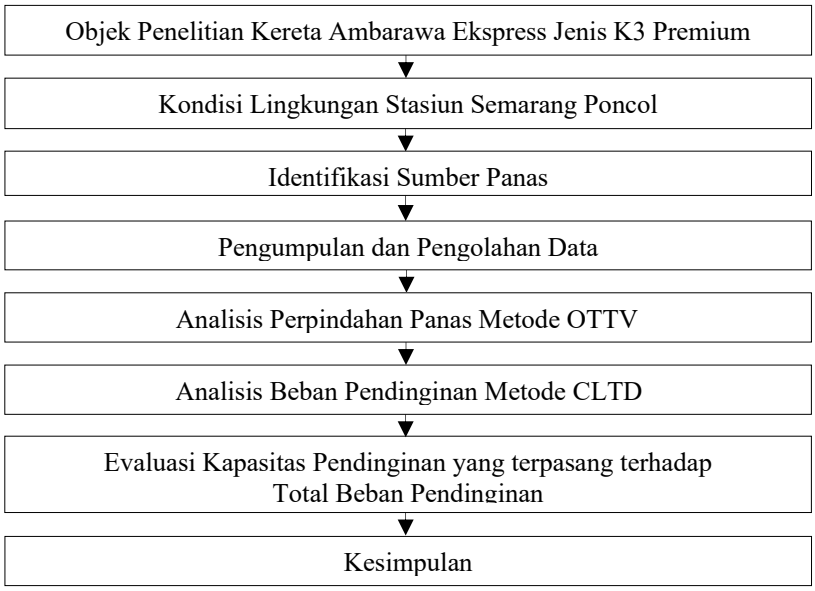
Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 493-504
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

II	Jendela bawah ventilasi	1,02	0,43	4	2 Barat Laut, 2 Tenggara
III	Jendela ventilasi darurat	0,96	0,225	4	2 Barat Laut, 2 Tenggara
IV	Kaca lavatory toilet	0,525	0,145	2	1 Barat Laut, 1 Tenggara
V	Kaca pintu bordes	0,50	0,87	4	2 Barat Laut, 2 Tenggara
VI	Kaca pintu terusan	0,50	0,87	2	1 Barat Daya, 1 Timur Laut
VII	Pintu masuk ke bordes	0,89	1.79	4	2 Barat Laut, 2 Tenggara
VIII	Pintu terusan	0,865	1,845	2	1 Barat Daya, 1 Timur Laut

Sumber: Pengukuran Lapangan

Berdasarkan hasil pengukuran lapangan, suhu lingkungan di area kereta sebesar 33,5℃ dengan kelembapan relatif 61,2%, sedangkan suhu pada bordes kereta sebesar 28℃ dengan kelembapan 63,3%. Adapun kondisi ruang interior penumpang yang direncanakan dengan suhu sebesar 22℃ dengan kelembapan relatif 60% mengacu pada suhu minimal pada ruang penumpang kereta dalam Permenhub No. 15 Tahun 2011 dan kelembapan saat kondisi ruangan padat dalam dokumen SNI 03-6572-2000 [18], [19].

2.2 Alur Penelitian



Gambar 2. Alur Penelitian Perpindahan Panas dan Beban Pendinginan Kereta Ambarawa Ekspress
Sumber: Dokumen Peneliti

Berdasarkan Gambar 2, penelitian dilakukan dengan melihat kondisi objek penelitian, identifikasi kondisi lingkungan serta sumber panas *internal* maupun eksternal pada ruang penumpang kereta yang selanjutnya dilakukan pengumpulan data serta pengolahan data penelitian. Pada penelitian yang dilaksanakan ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan melakukan observasi lapangan untuk menggambarkan kondisi aktual ruang penumpang kereta serta menggunakan data spesifikasi teknis kereta dalam proses pengumpulan dan pengolahan data.

Karakteristik termal selubung kereta di analisis menggunakan metode OTTV berdasarkan pendekatan SNI 6389:2020, sedangkan beban pendinginan ruang penumpang dihitung menggunakan metode CLTD berdasarkan SNI 03-6572-2001 serta dokumen *ASHRAE Handbook Fundamentals* 1997. Pendekatan tersebut dipilih karena perhitungan numerik menggunakan metode tersebut mampu mendeskripsikan karakteristik termal selubung kereta melalui dinding dan kaca jendela dalam membatasi panas dari lingkungan luar serta mampu menghitung total beban pendinginan ruang penumpang sebagai dasar untuk mengevaluasi kecukupan kapasitas pendinginan yang terpasang.

2.3 Reduksi Data Penelitian

Analisis perpindahan panas pada kereta Ambarawa Ekspress jenis K3 Premium ketika kondisi berhenti di Stasiun Semarang Poncol dilakukan menggunakan pendekatan OTTV berdasarkan SNI 6389:2020 di setiap orientasi bidang.

Submitted: **01/10/2026**; Accepted: **10/10/2026**; Published: **31/10/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 493-504
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

Perpindahan panas pada perhitungan OTTV meliputi konduksi dinding, konduksi kaca dan radiasi kaca yang dapat diperoleh setiap nilainya menggunakan persamaan 1.

$$\text{OTTV} = \alpha.[(U_w.(1-WWR).TD_{EK}] + (U_f.WWR.\Delta T) + (SC.WWR.SF) \quad (1)$$

Dimana α (absorptansi radiasi matahari), *U* (nilai transmitansi termal material), *WWR* (perbandingan luas jendela terhadap dinding), TD_{EK} (beda temperatur ekuivalen), ΔT perbedaan temperatur luar dan dalam, *SC* (koefisien peneduh kaca), dan *SF* (faktor radiasi matahari). Nilai *U* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2:

$$U = \frac{1}{R_{total}} \quad (2)$$

Dimana R_{total} merupakan total hambatan panas seluruh lapisan material yang diperoleh dari resistansi termal bahan (R_k) yang didapatkan melalui tebal bahan (t) dibagi dengan nilai konduktivitas termal bahan (k), serta nilai tambah dari lapisan udara luar R_{UL} , lapisan udara dalam R_{UP} dan rongga udara R_{RU} .

Hasil perhitungan OTTV setiap orientasi bidang digunakan untuk menggambarkan karakteristik termal selubung kereta pada masing-masing orientasi bidang berdasarkan perpindahan panas melalui dinding dan kaca jendela. Setelah diketahui hasil OTTV setiap orientasi bidang, selanjutnya dilakukan perhitungan rata-rata perpindahan panas $OTTV_{total}$ menggunakan persamaan 3 berikut:

$$OTTV_{total} = \frac{(OTTV_{o1}.A_{o1}) + (OTTV_{o2}.A_{o2}) + (OTTV_{o3}.A_{o3})(OTTV_{o4}.A_{o4})}{A_{o1} + A_{o2} + A_{o3} + A_{o4}} \quad (3)$$

Hasil perhitungan $OTTV_{total}$ adalah melalui perhitungan OTTV setiap orientasi dikalikan dengan luas bidang setiap orientasi yang nantinya dilakukan pembagian dengan penjumlahan total luas bidang. Hasil perhitungan $OTTV_{total}$ digunakan untuk menggambarkan nilai rata-rata perpindahan panas menyeluruh melalui selubung dinding dan kaca pada saat kereta dalam kondisi berhenti di Stasiun Semarang Poncol berdasarkan pendekatan pada SNI 6389:2020.

Langkah berikutnya, perhitungan beban pendinginan ruang penumpang menggunakan metode CLTD dengan mempertimbangkan faktor *internal*, *eksternal*, serta udara ventilasi dan infiltrasi berdasarkan SNI 03-6572-2001 serta dokumen *ASHRAE Handbook Fundamentals* 1997 Chapter 28 Tabel 29 [19], [20]. Faktor internal mencakup jumlah orang atau penumpang, beban peralatan listrik, serta pencahayaan yang dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$q_{orang} = N\ x\ (kalor\ sensible+laten)\ x\ CLF \quad (4)$$

$$q_{peralatan} = P\ x\ e_f\ x\ CLF \quad (5)$$

$$q_{pencahayaan} = W\ x\ f_{ul}\ x\ f_{sa}\ x\ CLF \quad (6)$$

Dimana *N* (jumlah penumpang kereta), jumlah antara kalor sensible maupun laten dari aktivitas penumpang, *CLF* (faktor dari beban pendinginan), *P* (daya listrik digunakan), e_f (faktor efisiensi), *W* (Watt listrik yang digunakan), F_{ul} (faktor penggunaan dari pencahayaan) serta F_{sa} (faktor toleransi khusus). Selain itu juga terdapat faktor *eksternal* diantaranya radiasi matahari, konduksi panas melalui dinding, atap, kaca, serta partisi dengan menggunakan persamaan berikut:

$$q_{radiasi} = A\ x\ SC\ x\ SCL \quad (7)$$

$$q_{konduksi} = U\ x\ A\ x\ (CLTD) \quad (8)$$

$$q_{partisi} = U\ x\ A\ x\ (t_b - t_{rc}) \quad (9)$$

Dengan diketahui *A* (luas permukaan dari selubung), *SC* (koefisien peneduh kaca), *SCL* (faktor dari beban pendinginan kaca), *U* (koefisien perpindahan kalor selubung), CLTD (perbedaan temperatur beban pendinginan), t_b (temperatur ruang yang bersebelahan), t_{rc} (temperatur ruang yang direncanakan). Selanjutnya, terdapat perhitungan beban pendinginan dari udara ventilasi dan infiltrasi yang menggunakan persamaan:

$$q_{sensibel} = 1{,}23\ x\ Q\ x\ (t_0 - t_1) \quad (10)$$

$$q_{sensibel} = 1{,}23\ x\ Q\ x\ (t_0 - t_1) \quad (11)$$

Dimana *Q* (aliran udara ventilasi dan/atau infiltrasi), t_0 dan t_1 (temperatur lingkungan luar – temperatur di dalam ruangan), serta w_0 dan w_1 (kandungan uap air lingkungan luar – dalam ruang). Nilai perhitungan beban pendinginan yang telah diketahui dari faktor *internal*, *eksternal*, serta udara ventilasi dan infiltrasi selanjutnya dilakukan penjumlahan

Submitted: **01/10/2026**; Accepted: **10/10/2026**; Published: **31/10/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 493-504
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

dengan *safety factor* sebesar 10% mengacu *ASHRAE Handbook Fundamentals* 1997 Chapter 27 guna memperhitungkan rugi-rugi energi dan ketidakakuratan perhitungan. Total beban pendinginan yang dihitung selanjutnya dibandingkan dengan kapasitas pendinginan kereta Ambarawa Ekspress untuk mengevaluasi apakah kapasitas pendinginan cukup dalam menangani total beban pendinginan ruang penumpang pada kondisi penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perhitungan OTTV

Perhitungan OTTV (*Overall Thermal Transfer Value)* mengacu berdasarkan pendekatan SNI 6389:2020 digunakan untuk menganalisis perpindahan panas selubung kereta melalui dinding dan kaca kereta Ambarawa Ekspress jenis K3 Premium ketika kereta dalam kondisi berhenti di Stasiun Semarang Poncol. Analisis dilakukan untuk mengetahui nilai perpindahan panas setiap orientasi bidang dalam membatasi panas dari lingkungan luar. Parameter perhitungan diperoleh melalui spesifikasi teknis kereta, observasi lapangan, serta mengacu pada SNI 6389:2020 dan *ASHRAE Handbook Fundamentals* 1997.

Tabel 7. Parameter Input Perhitungan OTTV

No	Variabel	Nilai	Keterangan/Referensi
1	α	0,40	Berdasarkan *ASHRAE 1997, Chapter* 3, Tabel 3
2	U_w	0,417 W/$m^2.K$	Berdasarkan data tabel 2 mengenai komponen material dinding serta perhitungan menggunakan persamaan 2
3	WWR_{BL}	0,209	Berdasarkan spesifikasi teknis kereta pada tabel 1 serta perhitungan antara luas total jendela/luas dinding kereta
4	WWR_{TGR}	0,209	
5	WWR_{BD}	0,057	
6	WWR_{TL}	0,057	
7	TD_{EK}	15 K	Berdasarkan data tabel 2 mengenai komponen material dinding serta perhitungan menggunakan persamaan beda temperatur ekuivalen pada dokumen SNI 6389:2020
8	SC	0,486	Berdasarkan data tabel 2 mengenai komponen material kaca serta menggunakan persamaan koefisien peneduh pada dokumen SNI 6389:2020
9	SF_{BL}	191	Berdasarkan tabel 6 mengenai data setiap orientasi bidang kereta serta nilai faktor radiasi matahari kota Semarang pada dokumen SNI 6389:2020
10	SF_{TGR}	138	
11	SF_{BD}	155	
12	SF_{TL}	170	
13	U_f	5,63 W/$m^2.K$	Berdasarkan data tabel 2 mengenai komponen material kaca serta perhitungan menggunakan persamaan 2
14	T_{ruang}	22℃	Temperatur minimal kenyamanan ruang penumpang kereta berdasarkan PM 15 Tahun 2011
15	$T_{lingkungan}$	33,5℃	Pengukuran Lapangan

Berdasarkan tabel 7, nilai konduksi dinding, konduksi kaca, serta radiasi kaca dapat dilakukan perhitungan pada setiap orientasi bidang menggunakan persamaan (1) dan hasil perhitungan dapat ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 8. Nilai Konduksi Dinding Kereta Ambarawa Ekspress K3 Premium

Bidang	Nilai Konduksi Setiap Orientasi Bidang Dinding				
	α	U_w	*1-WWR*	TD_{EK}	$\alpha.[(U_w.(1-WWR).TD_{EK}]$
BL	0,40	0,417	0,791	15	1,979
TGR	0,40	0,417	0,791	15	1,979
BD	0,40	0,417	0,943	15	2,359
TL	0,40	0,417	0,943	15	2,359

Tabel 8 menunjukkan nilai konduksi dinding paling tinggi pada orientasi bidang Barat Daya dan Timur Laut sebesar 2,359 W/m^2. Nilai tersebut dikarenakan luas bidang dinding orientasi tersebut lebih besar dibandingkan kaca dengan ditunjukkan oleh nilai ($1-WWR$) sebesar 0,943, sedangkan nilai α, U_w, TD_{EK} pada seluruh orientasi bernilai sama.

Submitted: **01/10/2026**; Accepted: **10/10/2026**; Published: **31/10/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 493-504
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT
Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

Tabel 9. Nilai Konduksi Kaca Kereta Ambarawa Ekspress K3 Premium

Bidang	Nilai Konduksi Setiap Orientasi Bidang Kaca			
	U_f	WWR	ΔT	$U_f.WWR.\Delta T$
BL	5,63	0,209	11,5	13,531
TGR	5,63	0,209	11,5	13,531
BD	5,63	0,057	11,5	3,69
TL	5,63	0,057	11,5	3,69

Tabel 9 menunjukkan, konduksi kaca paling tinggi pada orientasi bidang Barat Laut dan Tenggara sebesar 13,531 W/m^2 dikarenakan nilai *WWR* lebih besar yaitu 0,209 yang menunjukkan luas kaca pada orientasi tersebut lebih besar, dengan U_f dan ΔT bernilai sama pada seluruh orientasi bidang kaca.

Tabel 10. Nilai Radiasi Kaca Kereta Ambarawa Ekspress K3 Premium

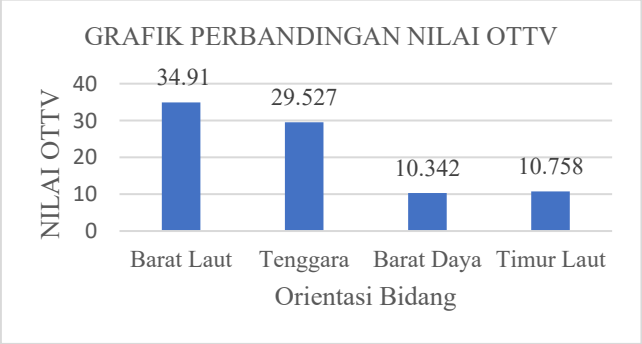
Bidang	Nilai Radiasi Setiap Orientasi Bidang Kaca			
	SC	*WWR*	*SF*	*SC.WWR.SF*
BL	0,486	0,209	191	19,40
TGR	0,486	0,209	138	14,017
BD	0,486	0,057	155	4,293
TL	0,486	0,057	170	4,709

Tabel 10 menunjukkan radiasi kaca paling tinggi pada orientasi bidang Barat Laut sebesar 19,40 W/m^2 karena memiliki nilai *WWR* lebih besar yaitu 0,209 dan faktor radiasi matahari (*SF*) paling tinggi yaitu 191, sehingga panas radiasi matahari yang diterima kaca menjadi lebih besar.

Berdasarkan nilai pada tabel 8 s.d 10, selanjutnya dilakukan penjumlahan nilai setiap orientasi bidang yang sama pada kereta Ambarawa Ekspress meliputi konduksi dinding, konduksi kaca serta radiasi kaca. Perhitungan tersebut dilakukan guna mengetahui hasil OTTV setiap orientasi bidang. Hasil perhitungan ditunjukkan pada tabel 11 serta gambar 3 dibawah ini.

Tabel 11. Perhitungan OTTV Setiap Orientasi Bidang Kereta Ambarawa Ekspress K3 Premium

Bidang	OTTV Setiap Orientasi Bidang			
	Konduksi Dinding	Konduksi Kaca	Radiasi Kaca	Hasil OTTV Setiap Orientasi Bidang
BL	1,979	13,531	19,40	34,91
TGR	1,979	13,531	14,017	29,527
BD	2,359	3,69	4,293	10,342
TL	2,359	3,69	4,709	10,758



Gambar 3. Hasil OTTV Setiap Orientasi Bidang Kereta Ambarawa Ekspress K3 Premium

Gambar 3 menunjukkan orientasi Barat Laut dengan OTTV tertinggi sebesar 34,91 W/m^2, di ikuti orientasi Tenggara sebesar 29,527 W/m^2. Kedua orientasi tersebut paling tinggi karena nilai *WWR* dan faktor radiasi matahari lebih besar, sehingga panas radiasi matahari yang masuk melalui kaca lebih dominan. Sementara itu, orientasi Timur Laut dengan OTTV sebesar 10,758 W/m² dan Barat Daya dengan OTTV sebesar 10,342 W/m² lebih rendah karena luas kaca

Submitted: **01/10/2026**; Accepted: **10/10/2026**; Published: **31/10/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 493-504
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

lebih kecil, sehingga panas akibat konduksi dan radiasi matahari yang masuk melalui selubung kereta juga lebih rendah. Dengan ini, hasil seluruh orientasi bidang masih berada di bawah batas maksimum OTTV sebesar 35 W/m^2 berdasarkan pendekatan SNI 6389:2020. Selanjutnya untuk mengetahui nilai rata-rata perpindahan panas kereta Ambarawa Ekspress dilakukan perhitungan nilai $OTTV_{total}$ menggunakan persamaan (3) yang dapat ditunjukkan pada Tabel 12 berikut.

Tabel 12. Perhitungan $OTTV_{total}$

Bidang	OTTV Setiap Orientasi	Luas Bidang (A) (m^2)	OTTV x A
BL	34,91	51	1.708,41
TGR	29,527	51	1.505,877
BD	10,342	7,62	78,806
TL	10,758	7,62	81,976
Jumlah		117,24	3.375,070

Berdasarkan tabel 12 dapat dihitung nilai OTTV total yaitu $OTTV_{total} = \frac{\sum OTTV\ x\ A}{\sum A} = \frac{3.375,070}{117,24} = 28,78$ W/m^2. Hasil perhitungan $OTTV_{total}$ melalui dinding dan kaca jendela pada kereta Ambarawa Ekspress jenis K3 premium memperoleh nilai sebesar 28,78 W/m^2 pada kondisi kereta berhenti di stasiun Semarang Poncol. Nilai tersebut lebih rendah dibandingkan nilai acuan sebesar 35 W/m^2 berdasarkan pendekatan SNI 6389:2020. Hasil ini menunjukkan bahwa berdasarkan pendekatan metode OTTV, selubung kereta memiliki karakteristik termal yang mendukung pembatasan perpindahan panas dari lingkungan luar.

3.2 Perhitungan CLTD

Beban pendinginan pada ruang penumpang kereta Ambarawa Ekspress jenis K3 Premium dilakukan perhitungan dengan metode CLTD (*Cooling Load Temperature Difference)* guna menentukan total beban pendinginan ruang penumpang selama proses *boarding* di Stasiun Semarang Poncol. Perhitungan beban pendinginan antara lain terdapat beban internal (beban penumpang, peralatan listrik, serta pencahayaan), beban eksternal (radiasi matahari, konduksi melalui kaca, atap, dinding, serta partisi lantai), selain itu terdapat beban udara ventilasi dan infiltrasi selama *boarding*. Parameter nilai beban pendinginan diperoleh dari spesifikasi teknis kereta dan observasi lapangan, kemudian dilakukan perhitungan dengan mengacu pada dokumen SNI 03-6572-2001 serta *ASHRAE Handbook Fundamentals* 1997 [19], [20].

Tabel 13. Nilai Beban Pendinginan *Internal* Kereta Ambarawa Ekspress K3 Premium

No	Variabel	Nilai (W)	Keterangan/Referensi
1	$q_{penumpang}$	9.360	Tabel 1, persamaan 4, SNI 03-6572-2001 dan *ASHRAE 1997 Chapter* 28 Tabel 29
2	$q_{peralatanlistrik}$	4.470	Tabel 4, persamaan 5, SNI 03-6572-2001 dan *ASHRAE 1997 Chapter* 28 Tabel 29
3	$q_{pencahayaan}$	910	Tabel 5, persamaan 6, SNI 03-6572-2001 dan *ASHRAE 1997 Chapter* 28 Tabel 29
Nilai Beban Pendinginan *Internal*		14.740	Penjumlahan dari faktor $q_{penumpang}$, $q_{peralatanlistrik}$, dan $q_{pencahayaan}$

Tabel 13 menunjukkan beban pendinginan *internal* paling tinggi berasal dari penumpang sebesar 9.360 W, akibat jumlah dan aktivitas penumpang yang menghasilkan kalor sensible dan laten. Selanjutnya, beban peralatan listrik sebesar 4.470 W berasal dari konversi energi listrik menjadi panas, sedangkan pencahayaan memberikan kontribusi paling rendah sebesar 910 W karena daya yang digunakan relatif rendah. Hasil ini menunjukkan jumlah dan aktivitas penumpang menjadi faktor dominan beban pendinginan *internal*.

Tabel 14. Nilai Beban Pendinginan *Eksternal* Kereta Ambarawa Ekspress K3 Premium

No	Variabel	Nilai (W)	Keterangan/Referensi
1	$q_{radiasi}$	2.154,729	Tabel 6 (jendela 1,2,3), persamaan 7, SNI 03-6572-2001 dan *ASHRAE* 1997 Chapter 28 Tabel 36
2	$q_{konduksi}$	1.925,413	Tabel 1,6,7 (dimensi, selubung kereta, *U Value* material) dan berdasarkan perhitungan persamaan 8
3	$q_{partisi}$	1.203,499	Tabel 1, 2 (partisi lantai), SNI 03-6572-2001 dan berdasarkan perhitungan persamaan 9

Submitted: **01/10/2026**; Accepted: **10/10/2026**; Published: **31/10/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 493-504
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT
Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

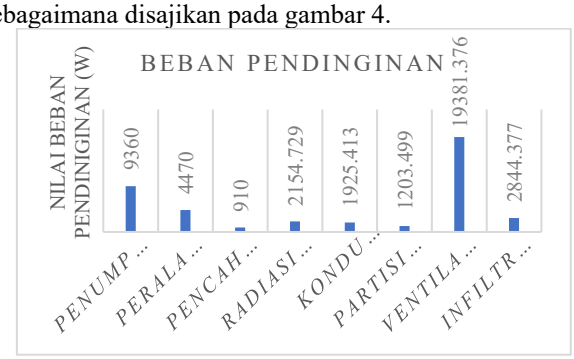
No	Variabel	Nilai (W)	Keterangan/Referensi
Nilai Beban Pendinginan *Eksternal*		5.283,641	Penjumlahan dari faktor $q_{radiasi}$, $q_{konduksi}$, $q_{partisi}$

Tabel 14 menunjukkan beban pendinginan *eksternal* paling tinggi berasal dari radiasi matahari melalui jendela sebesar 2.154,729 W, akibat luas permukaan kaca, koefisien peneduh, dan intensitas radiasi matahari. Selanjutnya, beban konduksi sebesar 1.925,413 W terjadi akibat perpindahan panas melalui jendela, atap, dan dinding karena perbedaan suhu lingkungan luar dengan *interior* kereta serta luas permukaan dan karakeristik termal material dalam membatasi panas. Sementara itu, partisi lantai dengan kontribusi sebesar 1.203,499 W akibat perpindahan panas antar ruang berdasarkan perbedaan suhu, luas permukaan dan sifat termal lantai. Hasil ini menunjukkan radiasi matahari melalui jendela sebagai faktor dominan beban pendinginan *eksternal*.

Tabel 15. Nilai Beban Pendinginan Ventilasi dan Infiltrasi Udara Kereta Ambarawa Ekspress K3 Premium

No	Variabel	Nilai (W)	Keterangan/Referensi
1	$q_{ventilasi}$	19.381,376	Berdasarkan perhitungan persamaan 10, tabel 1 aliran udara segar, SNI 03-6572-2001 dan *ASHRAE 1997 Chapter* 28 Tabel 29
2	$q_{infiltrasi}$	2.844,377	Berdasarkan perhitungan Persamaan 11, observasi lapangan dan SNI 03-6572-2001 dan *ASHRAE 1997 Chapter* 28 Tabel 29
Nilai Beban Pendinginan Ventilasi dan Infiltrasi		22.225,753	Penambahan dari faktor $q_{ventilasi,}$ dan $q_{infiltrasi}$

Tabel 15 menunjukkan beban pendinginan paling besar berasal dari beban udara ventilasi sebesar 19.381 W akibat perbedaan suhu dan kelembapan antara lingkungan luar dengan ruang *interior* yang direncanakan, sehingga sistem pengkondisian udara perlu bekerja menurunkan kondisi tersebut sebelum mensuplai udara segar ke dalam ruang penumpang agar kondisi ruang tetap dalam kondisi nyaman. Sementara itu, beban infiltrasi sebesar 2.844 W terjadi akibat masuknya udara secara tidak terkendali melalui pintu kereta ketika *boarding*. Hasil ini menunjukkan ventilasi sebagai faktor dominan beban pendinginan, sedangkan infiltrasi memberikan kontribusi tambahan akibat proses *boarding*. Berdasarkan parameter nilai beban pendinginan yang dihitung pada Tabel 13 s.d 15, diperoleh rekapitulasi setiap komponen beban pendinginan sebagaimana disajikan pada gambar 4.



Gambar 4. Diagram Nilai Beban Pendinginan Kereta Ambarawa Ekspress K3 Premium

Gambar 4 menunjukkan terdapat 3 komponen beban pendinginan dengan nilai paling besar antara lain beban udara ventilasi sebesar 19.381,376 W, diikuti oleh beban penumpang sebesar 9.360 W dan peralatan listrik sebesar 4.470 W. Rekapitulasi setiap faktor nilai beban pendinginan berdasarkan Tabel 13 s.d 15 dihitung dan disajikan pada Tabel 16.

Tabel 16. Nilai Setiap Faktor Beban Pendinginan Pada Kereta Ambarawa Ekspress K3 Premium

Jenis Beban Pendinginan	Nilai (W)
Beban Internal	14.740
Beban Eksternal	5.283,641
Beban Udara Ventilasi dan Udara Infiltrasi	22.225,753
Beban Pendinginan Berdasarkan Seluruh Faktor	42.249,394

Hasil perhitungan beban pendinginan setiap faktor selanjutnya dijumlahkan dengan *safety factor* sebesar 10% guna memperhitungkan rugi-rugi energi dan ketidakakuratan perhitungan berdasarkan *ASHRAE* 1997 *Chapter* 27.

Submitted: **01/10/2026**; Accepted: **10/10/2026**; Published: **31/10/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 493-504
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

Tabel 17. Total Nilai Beban Pendinginan Kereta Ambarawa Ekspress K3 Premium

Parameter	Nilai
Beban Pendinginan Berdasarkan Seluruh Faktor	42.249,394 Watt
Safety Factor	10%
Total Beban Pendinginan	46.474,333 Watt
Konversi Watt ke kkal/jam	39.957,461 kkal/jam

Total beban pendinginan ruang penumpang kereta Ambarawa Ekspress jenis K3 Premium ketika dalam kondisi berhenti di Stasiun Semarang Poncol selama proses *boarding* penumpang memperoleh nilai sebesar 39.957,461 kkal/jam.

3.3 Evaluasi Kemampuan Kapasitas Pendinginan

Berdasarkan data spesifikasi teknis kereta Ambarawa Ekspress K3 Premium pada tabel 1, menunjukkan bahwa kapasitas pendinginan sistem pengkondisian udara yang terpasang yaitu 40.000 kkal/jam. Sementara itu, hasil perhitungan beban pendinginan menggunakan metode CLTD dengan penambahan *safety factor* sebesar 10% sebagaimana ditunjukkan pada tabel 17 menghasilkan nilai sebesar 39.957,461 kkal/jam. Perbandingan kapasitas pendinginan yang terpasang dengan total beban pendinginan ditunjukkan dalam tabel 18.

Tabel 18. Perbandingan Kapasitas Pendinginan dan Beban Pendinginan Kereta Ambarawa Ekspress K3 Premium

Parameter	Nilai
Kapasitas Pendinginan Yang Terpasang	40.000 kkal/jam
Total Beban Pendinginan	39.957,461 kkal/jam
Selisih	42,539 kkal/jam

Tabel 18 menunjukkan kapasitas pendinginan yang terpasang masih mampu menangani total beban pendinginan dengan tetap mempertahankan temperatur ruang penumpang kereta Ambarawa Ekspress K3 Premium pada suhu yang telah ditetapkan sebesar 22℃ ketika kereta berhenti di stasiun Semarang Poncol selama proses *boarding* penumpang.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis perhitungan OTTV (*Overall Thermal Transfer Value)* total pada selubung kereta melalui dinding dan kaca kereta Ambarawa Ekspress jenis K3 Premium memperoleh nilai 28,78 W/m^2, masih berada di bawah batas maksimum berdasarkan pendekatan SNI 6389:2020 sebesar 35 W/m^2. Perhitungan beban pendinginan menggunakan metode CLTD menunjukkan faktor dominan berasal dari beban udara ventilasi sebesar 19.381,376 W, diikuti beban dari penumpang sebesar 9.360 W dan peralatan listrik sebesar 4.470 W, Sementara faktor lain memberikan kontribusi lebih kecil. Hasil perhitungan beban pendinginan berdasarkan faktor *internal*, *eksternal*, udara ventilasi dan infiltrasi adalah sebesar 42.249,394 W, namun setelah penambahan faktor keamanan sebesar 10%, total beban pendinginan menjadi 46.474,333 W atau 39.957,461 kkal/jam. Berdasarkan hal tersebut, kapasitas pendinginan yang terpasang di kereta Ambarawa Ekspress jenis K3 Premium sebesar 40.000 kkal/jam masih mampu menangani beban pendinginan saat kondisi dilakukan penelitian. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai dasar evaluasi terhadap kondisi operasional, material selubung kereta serta kemampuan sistem pengkondisian udara dalam menangani beban pendinginan pada kereta Ambarawa Ekspress jenis K3 Premium.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang atas dukungan akademik selama proses penelitian. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada PT Kereta Api Indonesia (Persero) khususnya Daerah Operasi IV Semarang atas pemberian izin maupun dukungan dalam pelaksanaan observasi serta pengambilan data penelitian, serta kepada PT Industri Kereta Api (Persero) atas dukungan penyediaan data dan informasi teknis yang mendukung proses analisis dan penyusunan penelitian ini.

PERNYATAAN PENGGUNAAN KECERDASAN ARTIFISIAL (AI)

Penulis menyatakan bahwa kecerdasan artifisial (Artificial Intelligence/AI) digunakan sebagai alat bantu dalam proses penyuntingan bahasa, perbaikan struktur penulisan, dan peningkatan kejelasan penyajian naskah ilmiah. Penggunaan AI tidak menggantikan tanggung jawab akademik penulis dalam merancang penelitian, memverifikasi data,

Submitted: **01/10/2026**; Accepted: **10/10/2026**; Published: **31/10/2026**

Jurnal Kolaborasi
Sains dan Ilmu Terapan
Volume 5 No 1.1 Spesial Issue 2026 | Page 493-504
ISSN 2964- 5581 (media online)
https://utilityprojectsolution.org/ejournal/index.php/JuKSIT Penerbit : Cv. Utility Project Solutio

menafsirkan hasil, serta menyusun kesimpulan. Seluruh isi naskah, termasuk ketepatan data, validitas analisis, keakuratan referensi, dan kesesuaian interpretasi hasil penelitian, menjadi tanggung jawab penuh penulis. Penulis juga bertanggung jawab untuk memeriksa dan memvalidasi seluruh bagian naskah yang dibantu oleh AI sebelum publikasi.

REFERENCES

[1] A. Setyaji, E. F. L. Raja, N. Pamursari, N. Sari, R. D. P. Jori, dan N. A. Mardhotillah, "Analisis Ability to Pay (ATP) dan Willingness to Pay (WTP) terhadap Tarif Kereta Api Kuala Stabas Analysis of Passengers Ability to Pay (ATP) and Willingness to Pay (WTP) toward Kuala Stabas Train Fare," J. Tek. Sains, vol. 11, no. 01, hal. 62–67, 2026.

[2] B. Ibrahim, A. B. Sriwarno, dan Y. M. Pasaribu, "KONSEP TATA LETAK AKOMODASI PENUMPANG PADA INTERIOR KERETA API EKONOMI JARAK MENENGAH," hal. 179–200, 2015.

[3] Ozkar F. Homzah, "Studi Kinerja Mesin Pengkondisi Udara Tipe Terpisah (AC SPLIT) Pada Gerbong Penumpang Kereta Api Ekonomi," Flywheel, Univ. Sultan Ageng Tirtayasa, vol. II, no. November, hal. 37–44, 2016.

[4] Kurnia, M. N. N. Haq, Nurtiara, dan S. P. Martana, "Analisis Kenyamanan Termal Pada Ruang Kelas Prodi Akuntansi 4307 Di Unikom," Desa - Des. Archit. J., vol. 6, no. 1, hal. 25–37, 2025, doi: 10.34010/k4rj3851.

[5] W. S. Novtian, "Optimasi Sistem Pengkondisian Udara Pada Kereta Rel Listrik," J. Tek. Mesin, vol. 6, no. 4, hal. 277, 2017, doi: 10.22441/jtm.v6i4.2126.

[6] Mariana Diah Puspitasari, "Analisa Perbandingan Efisiensi Daya Dan Kapasitas Pendinginan Antara Ac Central Dan Ac Split Pada Kereta Ekonomi," Tek. Elektro Perkeretaapi., vol. 2, no. 2, hal. 110–119, 2018.

[7] S. Srihanto, M. Sugiri, dan D. Handika, "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, vol. 6, hal. 189–195, 2024.

[8] M. Sugiri, Sigit Yulianto, Parman Sinaga, dan Nadif Abinaya Ramadhani, "Analysis of air conditioning system capacity requirements on the support train," JTTM J. Terap. Tek. Mesin, vol. 6, no. 2, hal. 293–305, 2025, doi: 10.37373/jttm.v6i2.1843.

[9] F. Ananta, Trisma Jaya Saputra, dan Nurmala Dyah Fajarningrum, "Analisis Beban Pendinginan Kereta Argo Lawu New Generation Menggunakan Metode Cooling Load Temperature Difference (CLTD)," J. Rekayasa Mesin, vol. 20, no. 1, hal. 139–146, 2025, doi: 10.32497/jrm.v20i1.6282.

[10] A. C. Berlianti dan R. Trisno, "Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi ANALISIS BEBAN PENDINGINAN PADA RUANG PENUMPANG KERETA REL LISTRIK MRT JAKARTA Annes Citra Berlianti , Ramon Trisno Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi PENDAHULUAN Meningkatnya kebutuhan transportasi masyarakat dan keterbat," vol. 4, no. August, hal. 309–322, 2026.

[11] D. R. Saputra, "Analisis beban pendinginan AC package pada KRL JR205 menggunakan metode CLTD," 2025.

[12] Moch. Sugiri, Parman Sinaga, dan Andy Fii Aunillah, "Analysis of cooling loads and air circulation in the passenger compartment of the CR400AF fast train trailer car," JTTM J. Terap. Tek. Mesin, vol. 5, no. 1, hal. 21–32, 2024, doi: 10.37373/jttm.v5i1.769.

[13] B. W. Budiarto dan D. S. Oktaria, "Analisis Beban Pendinginan Pada Kereta TMC PPI Madiun," J. Cahaya Mandalika …, hal. 755–767, 2024, [Daring]. Tersedia pada: https://ojs.cahayamandalika.com/index.php/jcm/article/view/3563%0Ahttps://ojs.cahayamandalika.com/index.php/jcm/article/download/3563/2845

[14] PT. INKA Persero, Manual Produk Kereta Penumpang Kelas Premium (Product Manual of Premium Class Passenger Coach). Madiun, 2017.

[15] Badan Standarisasi Nasional, SNI 6389:2020 - Konservasi Energi Selubung Pada Bangunan Gedung. Jakarta: BSN, 2020.

[16] Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, Keputusan Direktur Jenderal Perkeretaapian Nomor: KP DJKA 224 Tahun 2024 tentang Grafik Perjalanan Kereta Api Pada Jaringan Jalur Kereta Api Nasional di Jawa Tahun 2025. 2024.

[17] PT. Kereta Api Indonesia (Persero), "Kajian Teknik Beban Daya Listrik Kereta," Bandung, 2019.

[18] Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 15 Tahun 2011 tentang Standar, Tata Cara Pengujian dan Sertifikasi Kelaikan Kereta Yang Ditarik Lokomotif. 2011.

[19] Badan Standarisasi Nasional, "SNI 03-6572-2001 – Tata Cara Perancangan Sistem Ventilasi dan Pengkondisian Udara pada Bangunan Gedung," BSN. [Daring]. Tersedia pada: https://www.endlessafe.com/wp-content/uploads/2022/03/SNI-03-6572-2001.pdf

[20] ASHRAE, ASHRAE Handbook Fundamentals 1997. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), 1997. doi: 10.1007/978-1-349-95810-8_145.

Submitted: **01/10/2026**; Accepted: **10/10/2026**; Published: **31/10/2026**