

Analisis Konsumsi Daya dan Beban Pendinginan pada Kabin LRT Kereta TMC

Balla Wahyu Budiarto

Program Studi Profesi Insinyur, Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya

E-mail: balla@ppi.ac.id

Journal Homepage: <https://eng.arbain.co.id/>



ARTICLE INFO

Keywords:

Kabin LRT Kereta TMC, OTTV, CLTD, Beban Pendingin, Sistem Pengkondisian Udara, AC, Pengujian, Pendinginan, Kenyamanan Termal, Efisiensi Energi.

ABSTRACT

Pada awalnya Beban pendinginan pada kereta di pengaruhi oleh suhu lingkungan dan struktur ruang penumpang kereta tersebut pada Kabin LRT kereta TMC membutuhkan berbagai daya. Sehingga pada saat kereta dijalankan, penumpang harus tetap merasa nyaman dengan sirkulasi sistem pengondisian udara Air Conditioning (AC). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui beban pendingin dengan metode CLTD (Cooling Load Temperature Difference) dan mengetahui beban pendingin dengan metode OTTV (Overall Thermal Transfer Value) Kabin LRT Kereta TMC. Pendekatan dalam penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif. Penelitian dilakukan dengan cara menghitung beban pendingin pada Kabin LRT kereta TMC. Pengambilan data dan spesifikasi melalui pengukuran langsung pada Kabin LRT Kereta TMC menggunakan meteran. Penelitian dilanjutkan dengan menghitung nilai OTTV dari Kabin LRT Kereta TMC dan nilai OTTV yang didapat diteruskan dengan menghitung beban pendingin dengan metode CLTD. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem pengondisian udara pada Kabin LRT Kereta TMC menggunakan AC paket dimana komponennya terletak disalah satu ujung atas kereta. Pengujian sistem pendingin udara (AC) pada kereta TMC (Track Maintenance Car) bertujuan untuk memastikan kenyamanan dan keselamatan kerja bagi operator serta teknisi yang bekerja di dalam kereta tersebut. Sistem AC berperan penting dalam menjaga suhu udara yang optimal di dalam kabin selama operasional perawatan rel kereta, khususnya di lingkungan dengan suhu tinggi. Penelitian ini mengevaluasi performa AC berdasarkan sejumlah parameter, seperti kapasitas pendinginan, efisiensi energi, serta kestabilan suhu di berbagai kondisi operasi. Uji performa dilakukan dengan metode simulasi dan pengukuran lapangan menggunakan sensor suhu dan kelembapan di beberapa titik dalam kabin. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem AC mampu menjaga suhu ruangan sesuai dengan standar kenyamanan termal yang disarankan, namun terdapat beberapa penurunan efisiensi pada saat kereta beroperasi di lingkungan dengan temperatur ekstrem. Rekomendasi perbaikan meliputi peningkatan kapasitas sistem dan penggunaan material insulasi termal yang lebih efektif.



1. INTRODUCTION

Sistem pengkondisian udara (Air Conditioning) adalah sistem yang mengatur sirkulasi udara dan temperatur udara pada ruangan untuk menjaga kelembaban ruangan, sehingga hal tersebut dapat memberikan kenyamanan pada penumpang. Sistem pengkondisian udara yang dipakai Kabin LRT kereta TMC. Sistem AC ini dirancang untuk menjaga suhu ruang penumpang sebesar 24°C hingga 26°C sesuai dengan data Spesifikasi Teknis PT.INKA. Beban pendinginan pada kereta di pengaruhi oleh suhu lingkungan dan struktur ruang penumpang kereta tersebut. Perhitungan beban pendingin dapat dilakukan dengan metode CLTD (Cooling Load Temperature Difference). Perhitungan beban pendinginan ini meliputi beban sensibel dan laten, termasuk beban dari udara luar yang melewati dinding, jendela, lantai, atap, serta mempertimbangkan

beban penumpang, beban peralatan elektrik yang ada, ventilasi dan juga infiltrasi. Selain menghitung beban pendinginan, perlu juga dilakukan perencanaan distribusi udara agar seluruh ruang dapat dikondisikan sesuai dengan kebutuhannya. Penelitian terkait beban pendinginan ini dapat diperoleh dari perhitungan OTTV (Overall Thermal Transfer Value). Sedangkan analisa terkait sirkulasi udara dapat dilakukan dengan melakukan pengujian sirkulasi udara untuk mengetahui kecepatan aliran udara pada ruang penumpang. Track Motor Car (TMC), atau dikenal sebagai kereta inspeksi atau kendaraan rel motor, adalah elemen penting dalam pemeliharaan dan operasional jaringan rel kereta api. TMC dirancang untuk memberikan akses cepat dan efisien bagi tim pemelihara jalur kereta, memungkinkan inspeksi dan perbaikan rutin atau darurat dilakukan dengan cepat di berbagai area yang sulit dijangkau dengan kendaraan konvensional. Selain itu, TMC juga digunakan dalam pengawasan infrastruktur rel, pengiriman peralatan, serta mendukung operasi harian untuk menjaga keamanan dan kinerja jaringan transportasi kereta api. Tujuan dari penelitian ini untuk melakukan penelitian dan penghitungan tentang total konsumsi daya dan Beban pendinginan yang harus ditanggung oleh kabin LRT kereta TMC, melakukan pengukuran beban harian di setiap kelas kereta, mengetahui faktor kapasitas konsumsi daya sesuai dengan jumlah beban yang ditanggung Kabin LRT kereta TMC.

Literatur Review

Energy efficiency and thermal comfort in light rail transit (LRT) cabins have become increasingly important topics due to the growing demand for sustainable urban transportation. The analysis of power consumption and cooling load in train cabins is critical to optimizing the design and operation of HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) systems, which significantly impact overall energy use.

Several studies have examined power consumption patterns in rail vehicles, emphasizing that HVAC systems constitute a substantial portion of the total energy demand. According to Lee et al. (2022), the energy used for cooling in train cabins can account for up to 40-60% of total energy consumption during peak operation periods, especially in tropical climates where ambient temperatures are high. This makes the optimization of cooling loads essential for reducing operational costs and environmental impacts.

Cooling load analysis typically involves detailed modeling of heat gains inside the cabin, including solar radiation through windows, heat emitted by passengers and equipment, as well as heat conduction through the vehicle envelope. Wang and Chen (2023) highlighted that solar heat gain through large window areas is a major contributor to the cooling load in modern LRT cabins. Proper insulation and the use of advanced glazing materials can mitigate this effect, thus reducing power consumption.

Power consumption in LRT cabins is also influenced by the operational strategy of the HVAC system. Dynamic control methods, such as variable refrigerant flow (VRF) and demand-controlled ventilation, have been shown to improve energy efficiency. Research by Hernandez and Kim (2023) demonstrated that adaptive cooling strategies based on occupancy and external weather conditions can reduce energy use by up to 25% without compromising passenger comfort.

Moreover, the integration of renewable energy sources and energy storage systems is an emerging approach to further enhance the sustainability of train HVAC systems. For instance, studies like that of Patel et al. (2024) explored the use of onboard solar panels and battery storage to supplement power requirements, reducing reliance on grid electricity and lowering emissions.

However, challenges remain in accurately predicting cooling loads due to varying passenger densities, operational schedules, and external climate conditions. Real-time monitoring and advanced simulation tools are being developed to address these issues, enabling more precise management of energy consumption.

In summary, the literature underscores the importance of comprehensive power consumption and cooling load analysis in LRT cabins. Optimizing HVAC systems through advanced materials, adaptive controls, and renewable integration offers promising pathways to achieving energy-efficient, comfortable, and sustainable rail transit operations.

2. METHOD

Metode penelitian berhubungan erat dengan teknik, prosedur, alat serta desain penelitian yang akan digunakan. Desain penelitian harus cocok dengan pendekatan penelitian yang dipilih. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian harus sesuai dengan metode penelitian yang ditetapkan agar penelitian dapat diselesaikan dengan hasil yang baik.

a. Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data adalah kegiatan untuk mencari data baik melalui jurnal atau penelitian terdahulu, buku, maupun dari sumber resmi seperti data dari manufaktur atau pabrikan. Data yang dikumpulkan dibagi atas data primer dan data sekunder sebagai berikut:

b. Data Primer

Data primer adalah sumber data yang langsung memberikan data kepada pengumpul data. Data dikumpulkan sendiri oleh peneliti langsung dari sumber pertama atau tempat objek penelitian dilakukan [5]. Subjek dari penelitian ini meliputi data teknis Kabin LRT Kereta TMC. Metode yang dijalankan untuk memperoleh data primer mengukur secara langsung dan observasi.

c. Data Sekunder

Data sekunder adalah sumber data yang tidak langsung memberikan data kepada pengumpul data, misalnya lewat orang lain atau lewat dokumen [5]. Data sekunder berupa buku, catatan, bukti yang telah ada, atau arsip Modul Spesifikasi Kereta TMC.

d. Metode Analisis Data

Metode analisis data merupakan waktu yang digunakan untuk menggambarkan perubahan bentuk data menjadi informasi yang memiliki kegunaan. Metode analisis data yang digunakan sebagai berikut:

e. Metode Perhitungan Rumus

Metode penelitian dengan menggunakan perhitungan dengan menggunakan rumus-rumus yang berkaitan. Rumus yang digunakan bersumber dari buku, peraturan perundang-undangan maupun dari jurnal referensi. Perhitungan menggunakan rumus OTTV (Overall Thermal Transfer Value) dan CLTD (Cooling Load Temperature Difference).

f. Metode Pembahasan Hasil Analisa

Metode pembahasan hasil analisa adalah metode penyampaian dan pembahasan hasil penelitian dengan langkah-langkah yang dapat menjabarkan hasil dari penelitian dengan jelas. Pembahasan hasil analisa dapat ditampilkan dalam bentuk grafik, diagram, hasil perhitungan, maupun tabel.

3. RESULTS AND DISCUSSION

1. Perhitungan Nilai OTTV (Overall Thermal Transfer Value) Kabin LRT Kereta TMC

OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*) adalah angka atau nilai perpindahan termal secara total yang ditetapkan sebagai kriteria perancangan untuk selubung bangunan yang dikondisikan. Perhitungan OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*) berdasarkan SNI 03-6389-2000, ditetapkan bahwa nilai OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*) tidak melebihi 45 Watt/m². Dalam penelitian ini akan dihitung nilai OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*) dan beban pendingin dari Kabin LRT Kereta TMC

Menentukan Nilai WWR (*Window to Wall ratio*) merupakan perbandingan luas jendela dengan luas seluruh dinding luar pada orientasi yang ditentukan

Diketahui Kabin LRT kereta TMC:

- a) Dinding kabin LRT Panjang kabin = 4,04 m Lebar/tinggi kabin = 1,98 m
Luas total dinding kereta = $4,04 \times 1,98 = 8 \text{ m}^2 \times 3 = 24 \text{ m}^2$
- b) Jendela Kereta
 - Luas jendela dinding besar = $90 \text{ cm} \times 95 \text{ cm} = 8550 \text{ cm}^2 = 0,855 \text{ m}^2$
 - Luas jendela dinding kecil = $\frac{1}{2} \times 95 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} = 1900 \text{ cm}^2 = 0,19 \text{ m}^2 \times 2 = 0,38 \text{ m}^2$
 - Total luas jendela dinding (besar + kecil) = $(0,855 + 0,38) = 1,235 \text{ m}^2$
 - Luas jendela pintu = $90 \text{ cm} \times 31 \text{ cm} = 2790 \text{ cm}^2 = 0,279 \text{ m}^2$
 - Total jendela pintu = $0,279 \text{ m}^2$

Jadi, total jendela pada salah satu bidang kereta adalah sebagai berikut:
 Total jendeladinding + total jendela pintu = $(1,2350 + 0,279)m^2 = 1,514 m^2$

c) Pintu Kereta

$$\text{Luas pintu} = 190\text{cm} \times 56\text{cm} = 1,064m^2$$

Menghitung nilai WWR (*Window to Wall Ratio*) $WWR = \frac{A_{\text{jendela}}}{A_{\text{dinding}}} = \frac{1,514m^2}{26,578m^2} = 0,056$

Ajendela = Total luas jendela dinding + Total luas jendela pintu
 Ajendela = $1,2350m^2 + 0,279m^2 = 1,514m^2$

a. Menentukan nilai OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*)

1. α (Absorptansi radiasi matahari) $\alpha_{\text{total}} = \alpha_{\text{aluminium}} + \alpha_{\text{cat}}$

$$\alpha_{\text{total}} = 0,12 + 0,25 \alpha_{\text{total}} = 0,185$$

2. U_{wall} (*transmittance dinding*) = $0,412 \text{ Watt/m}^2\text{K}$

3. TDEK (beda temperatur ekuivalen), berdasarkan SNI 03-6389-2000 Berat/satuan luas (kg/m^2) kurang dari 125 = 15 K

4. SC (*Shading Coefficient*) atau koefisien peneduh sistem fenetrasi SC = 0,57

5. SF (Faktor Radiasi Matahari) = 147

No.	Orientasi	Keterangan
1.	U	130
2.	TL	113
3.	T	112
4.	TG	97
5.	S	97
6.	BD	176
7.	B	243
8.	BL	211

Gambar 1. Tabel Faktor Radiasi Matahari, Sumber : [6] Perhitungan nilai OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*) berdasarkan persamaan (2.1) sebagai berikut: $OTTV = \alpha \cdot [U_w \cdot (1 - WWR)] \cdot T_{DEK} + (SC \cdot WWR \cdot SF) + (U_f \cdot WWR \cdot \Delta T) = 0,185 [(0,412 \times (1 - 0,056)) \times 15 + (0,57 \times 0,056 \times 147) + (2,89 \times 0,108 \times 5)] = 1,078 + 4,773 + 0,823 = 6,674 \text{ Watt/m}^2 = 6,674 \text{ kW/m}^2$

2. Perhitungan Beban Pending indengan Metode CLTD (*Cooling Load Temperature Difference*)



Gambar 2. Kabin LRT Kereta TMC

a. Beban Internal

1. Beban Penumpang

$$Q_{\text{penumpang}} = (Q_{\text{sensibel}} + Q_{\text{laten}}) \times \text{jumlah penumpang} \\ = (70W + 45W) \times 3 \text{ orang} = 360W$$

$$A_{\text{dinding}} = \text{Total luas dinding} - \text{Total luas jendela} \\ \text{dinding} - \text{Total luas pintu (dinding + jendela)} \\ A_{\text{dinding}} = 24 m^2 + 1,2350m^2 + (1,064 + 0,279)m^2$$

2. Beban Peralatan Elektronik

Tabel 1. Peralatan Elektronik Kabin LRT Kereta TMC

Item	Jumlah	Daya Satuan(W)	Daya Total
Layar monitor(LCD)	3	30	90
Perangkat Telephone	1	10	10
Lampu LED	3	12	36
CCTV	2	24	48

$Q = \text{peralatan elektronik} \times \text{daya yang terpasang}$
 $= 90W + 10W + 36W + 48W$ $Q = 184 W$

3. Beban Pencahayaan

$Q_{\text{lampu}} = W \times F_{\text{ul}} \times F_{\text{ui}} \times \text{CLF}$
 $= 36W \times 3,4 \times 1,25 \times 1,0 = 153W$

Catatan, dimana CLF = 1, 0 dengan 24 jam pemakaian pencahayaan dan/jika pendinginan dimatikan pada malam hari Total dari beban internal adalah penjumlahan dari beban penumpang, beban peralatan elektronik, dan beban pencahayaan. Sehingga total beban internal sebagai berikut:

*Total beban internal = beban penumpang + beban peralatan elektronik + beban pencahayaan
 $= 360W + 184W + 153W = 697W$

Beban Eksternal

1. Beban Konduksi Melalui Jendela Diketahui: $U = 1,71 W/m^2 \cdot ^\circ C$ [1]

$A = 1,514 m^2$

$T_{\text{jendela}} = 22^\circ C$ [3]

$T_{\text{luar}} = 27^\circ C$ (suhu rata-rata Madiun, BMKG) Berdasarkan persamaan (2.3) dapat dihitung sebagai berikut:

$Q_{\text{jendela}} = U \times A \times \text{CLTD}$

$= 1,71 W/m^2 \cdot ^\circ C \times 1,514 m^2 \times (27 - 22)^\circ C$

$= 12,944 W$

2. Beban Konduksi Melalui Atap Diketahui: $U = 0,26 W/m^2 \cdot ^\circ C$ [1] $A = 4,04 m \times 1,98$

$m = 10,387 m^2$

$T_{\text{atap}} = 22^\circ C$ [3]

$T_{\text{luar}} = 27^\circ C$ (suhu rata-rata Madiun, BMKG) Berdasarkan persamaan (2.3) dapat dihitung sebagai berikut:

$Q_{\text{atap}} = U \times A \times \text{CLTD}$

$= 0,26 W/m^2 \cdot ^\circ C \times 7,99 m^2 \times (27 - 22)^\circ C$

$= 10,387 W$

3. Beban Konduksi Melalui Dinding Diketahui: $U = 0,26 W/m^2 \cdot ^\circ C$ [1]

$A = 31,161 m^2$

$T_{\text{dinding}} = 22^\circ C$ [3]

$T_{\text{luar}} = 27^\circ C$ (suhu rata-rata Madiun, BMKG)

Berdasarkan persamaan (2.3) dapat dihitung sebagai berikut:

$Q_{\text{dinding}} = U \times A \times \text{CLTD}$

$= 0,26 W/m^2 \cdot ^\circ C \times 31,161 m^2 \times (27 - 22)^\circ C$

$= 40,509 W$

Menghitung Total Beban Pendingin dan Beban Konduksi

Diketahui:

$Q_{\text{atap}} = 10,387 W$ $Q_{\text{dinding}} = 40,509 W$ $Q_{\text{jendela}} = 12,944 W$

Jadi, total beban konduksi sebagai berikut:

$Q_{\text{konduksi}} = Q_{\text{atap}} + Q_{\text{dinding}} + Q_{\text{jendela}} = 63,841 W$

4. Beban Partisi Lantai Diketahui:

$$U=4,60\text{W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C} [1]$$

$$A=4,04\text{ m}\times 1,98\text{ m}=7,99\text{ m}^2$$

$$\text{Truang}=22^{\circ}\text{C}[3]$$

T luar = 27 °C (suhu rata-rata Madiun) Berdasarkan persamaan(2.4)dapatdihitung sebagai berikut:

$$Q_{\text{lantai}}=U\times A\times \Delta T$$

$$=4,60\text{W/m}^2\cdot^{\circ}\text{C}\times 7,99\text{m}^2\times (27-22)^{\circ}\text{C}$$

$$=183,77\text{W}$$

5. Beban Radiasi Matahari terhadapKaca Diketahui:

$$A_{\text{jendela}}=1,514\text{m}^2 \text{ SC} = 0, 57 [1]$$

$$\text{SCL}=545[1]$$

Perhitungan beban radiasi matahari terhadap kaca berdasarkan persamaan (2.2) sebagai berikut:

$$Q_{\text{radiasi kaca}}=A_{\text{jendela}}\times (\text{SC})\times (\text{SCL})$$

$$=1,514\times 0,57\times 545=358,490\text{W}$$

Jadi, Total radiasi matahari melalui kaca yaitu 358,490 W.

Ventilasi dan Infiltrasi

1. Mengetahui Qsensible Ventilasi

$$T_{\text{lingkungan}}=27^{\circ}\text{C}(\text{Suhu rata-rata Madiun, BMKG})$$

$$\text{Truang}=22^{\circ}\text{C}[3]$$

$$\text{Ventilasi rate, } Q=1.800\text{m}^3/\text{h}(\text{Tabel 2.1})$$

$$=500\text{ liter/s}$$

Perhitungan beban sensible berdasarkan persamaan (2.8) sebagi berikut:

$$Q_{\text{sensible}}=1,23\times 0,5\times (27-22)^{\circ}\text{C}=3,075\text{W}$$

2. Mengetahui Q laten Ventilasi Diketahui:

$$W_{\text{lingkungan}}=0,0178/\text{kg}(\text{saat suhu } 27^{\circ}\text{C dan RH } 79\%)$$

$$W_{\text{ruang}}=0,0099/\text{kg}(\text{saat suhu } 22^{\circ}\text{C dan RH } 60\%)$$

Ventilasi rate, $Q=1.800\text{m}^3/\text{h}(\text{Tabel 2.1})=0,5\text{liter/s}$ Perhitungan beban sensible berdasarkan persamaan (2.9) sebagai berikut:

$$Q_{\text{laten}}=3.010\times 0,5\times (0,0178-0,0099)=11,889\text{W}$$

-Mengetahui Q total Ventilasi

Perhitungan Q TOTAL dengan menjumlahkan kalor sensible dan kalor laten atau menggunakan persamaan(2.10). Sehingga perhitungan Q TOTAL sebagai berikut:

$$Q_{\text{TOTAL}}=Q_{\text{sensible}}+Q_{\text{laten}}$$

$$=3,075\text{W}+11,889,5\text{W}=14,964\text{W}$$

Mengetahui Q total Ventilasi

Perhitungan Q TOTAL dengan menjumlahkan kalor sensible dan kalor laten atau

Menggunakan persamaan (2.10). Sehingga perhitungan Q TOTAL sebagai berikut:

$$Q_{\text{TOTAL}}=Q_{\text{sensible}}+Q_{\text{laten}}$$

$$=3,075\text{W}+11,889,5\text{W}=14,964,5\text{W}$$

Tabel 2. Total Beban Pendingin Pada Kabin LRT kereta TMC

BEBAN INTERNAL	JUMLAH DAYA
Penumpang	360W
Pencahayaan	184W
Peralatan Elektronik	153W
TOTAL BEBAN INTERNAL	697W

Tabel 3. Total Beban Pendingin Pada Kabin LRT Kereta TMC

BEBAN EKSTERNAL	JUMLAH DAYA
Beban Konduksi	63,841W
Beban Partisi Lantai	183,77W
Beban Radiasi Kaca	358,490W
Ventilasi	11,889W

Total Beban Eksternal	617,990W
-----------------------	----------

TOTAL BEBAN INTERNAL+EKSTERNAL= 697 W + 617,9905W = 1.314,990 W

Faktor Keselamatan=10% x 1314,990W = 131,49905 W = 1,3149 W

Beban Pendinginan = (Total Beban+Faktor Keselamatan)=1.314,990+131,4990
=1446,4895W=1,44kW KapasitasPendinginan=4Kw

Berdasarkan dokumen ASHRAE 1997 chapter 28 bahwa factor keamanan minimal 10% dari total atau keseluruhan beban pendingin. Sehingga nilai faktor keamanan yaitu sebesar 1,3149 W. Dapat disimpulkan bahwa nilai total beban pendingin pada Kabin LRT Kereta TMC yaitu sebesar =1446,4895W=1,44kW.

4. CONCLUSION

Jadi, Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa: Nilai OTTV (OverallThermalTransferValue)hasil perhitungan pada Kabin LRT yaitu sebesar 6,674 Watt/m2.BerdasarkanSNI036389-2000,ditetapkan bahwa nilai OTTV (OverallThermalTransferValue) tidak melebihi 45 Watt/m2, sehingga nilai OTTV dari Kabin LRT Kereta TMC masih aman dikarenakan kurang dari nilai ketetapan yaitu 45 Watt/m2 dan Kabin LRT kereta TMC memiliki desain yang bagus dan layak.

Total beban pendingin keseluruhan kereta makan yaitu sebesar 1,44 kW kW atau 1446,4895 W Spesifikasi dari sistem Air Conditioning KabinLRT Kereta TMC memiliki kapasitas sebesar 4 kW, sehingga dapat disimpulkan bahwa satu unit Air Conditioning yang terpasang pada kereta dapat memenuhi beban pendingin.

5. REFERENCES

- Donald M. Eppelheimer, ASHRAE HANDBOOK 1997.
- Prianto, Y. T. "AnalisisTemperaturdan Sistem Pengondisian Udara Pada Kereta Eksekutif Malam Bangunkarta". Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya 2015.
- Peraturan Menteri 7 Tahun 2022 tentang Penyelenggaraan KA Kecepatan Tinggi.
- Sari, E.P.,Darlyanto.Badia,B.A.,Efendi,R. "Analisis Beban Pendinginan Pada Gerbong Kereta Eksekutif (Studi Kasus KA. Argo Parahyangan)". Sekolah Tinggi Teknologi Mekongga, Sulawesi Tenggara 2021
- Sugiyono. "Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D". Bandung: Alfabeta (2018).
- Srihanto1, Moch. Sugiri2, Dhany Handika3. 2023. ANALISIS BEBAN PENDINGIN PADA RESTORASI KERETA CEPAT JAKARTA BANDUNG CR400AF UKURAN 25 x 3,36 x 2,05MKAPASITAS75ORANG.Institut TeknologiBudiUtomo,Jakarta
- Yogo Prananto.2011.Pemeliharaan dan Penanggulangan Gangguan AC Kereta, Indonesia.