

P-50

ANALISIS BEBAN PENDINGIN PADA RESTORASI KERETA CEPAT JAKARTA-BANDUNG CR400AF UKURAN 25 x 3,36 x 2,05 M KAPASITAS 75 ORANG

ANALYSIS OF COOLING LOADS ON JAKARTA-BANDUNG CR400AF HIGH SPEED TRAIN RESTORATION SIZE 25 x 3.36 x 2.05 M CAPACITY 75 PEOPLE

Srihanto^{1*}, Moch. Sugiri², Dhany Handika³

^{1,2,3} Institut Teknologi Budi Utomo, Jakarta

*E-mail: srihanto58@gmail.com

Diterima 13-10-2023	Diperbaiki 14-10-2023	Disetujui 15-10-2023
---------------------	-----------------------	----------------------

ABSTRAK

Beban pendinginan pada kereta di pengaruhi oleh suhu lingkungan dan struktur ruang penumpang kereta tersebut. EMU KCIC 400AF dilengkapi dengan kereta restorasi, dimana terdapat berbagai perlengkapan yang membutuhkan daya, serta beberapa jenis makanan. Sehingga, 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) pada kereta restorasi EMU CR400AF. Pendekatan dalam penelitian ini adalah pendekatan kuantitatif. Penelitian dilakukan dengan cara menghitung beban pendingin pada kereta restorasi EMU CR400AF. Pengambilan data dan spesifikasi melalui Dokumen Spesifikasi Teknis CR400AF (China Railway Rollingstock Corporation) dan dokumen pendukung lainnya. Penelitian dilanjutkan dengan menghitung nilai OTTV dari kereta makan EMU CR400AF dan nilai OTTV yang didapat diteruskan dengan menghitung beban pendingin dengan metode CLTD. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem pengondisian udara kereta makan EMU CR400AF menggunakan AC paket dimana komponennya terletak di salah satu ujung atas kereta. Nilai OTTV pada kereta makan sebesar 11, 626 Watt/m. Nilai total beban pendingin dengan metode CLTD meliputi beban internal dan beban eksternal yaitu sebesar 40.238, 04 W, serta faktor keamanan minimal 10% dari total beban pendingin, sehingga total beban pendingin kereta makan EMU CR400AF yaitu sebesar 44.261, 844 W atau 44, 26 kW. Spesifikasi dari sistem Air Conditioning kereta makan EMU CR400AF memiliki kapasitas sebesar 45 kW, sehingga dapat disimpulkan bahwa satu unit Air Conditioning yang terpasang pada kereta dapat memenuhi beban pendingin pada kereta makan yang berada di kereta nomor 5. Nilai daya kompresor yang digunakan pada AC kereta makan EMU CR400AF yaitu sebesar 9 kW.

Kata kunci: Sistem Pengkondisian Udara, Beban pendingin, Kereta Makan CR400AF, OTTV, CLTD

ABSTRACT

The cooling load on the train is affected by the ambient temperature and the structure of the passenger compartment of the train. The EMU CR400AF is equipped with a restoration car, where there are various equipment that require power, as well as several types of food. So, passengers must still feel comfortable with the circulation of the Air Conditioning (AC) system. This study aims to determine the cooling load using the CLTD (Cooling Load Temperature Difference) method and determine the cooling load using the OTTV (Overall Thermal Transfer Value) method on the EMU CR400AF restoration car. The approach in this research is a quantitative approach. The research was conducted by calculating the cooling load on the EMU CR400AF restoration carriage. Retrieval of data and specifications through CRRC (China Railway Rollingstock Corporation) documents and other supporting documents. The research was continued by calculating the OTTV value of the EMU CR400AF dining car and the OTTV value obtained was continued by calculating the cooling load using the CLTD method. The results obtained from this study indicate that the EMU CR400AF dining car air conditioning system uses

an AC package where the components are located at one end of the train. The OTTV value for the dining car is 11.626 Watt/m. The total value of the cooling load using the CLTD method includes internal load and external load which is equal to 40,238.04 W, as well as a minimum safety factor of 10% of the total cooling load, so that the total cooling load for the EMU CR400AF train is 44,261.844 W or 44.26 kW. The specifications of the EMU CR400AF dining car Air Conditioning system have a capacity of 45 kW, so it can be concluded that one Air Conditioning unit installed on the train can meet the cooling load on the dining car which is on train number 5. The value of the compressor power used in the EMU CR400AF dining car air conditioner is 9 kW.

Keywords: Air Conditioning System, Cooling Load, CR400AF dinning car, OTTV, CLTD

PENDAHULUAN

Sistem pengkondisian udara AC (*Air Conditioning*) merupakan suatu sistem yang berfungsi mensirkulasikan udara, baik memindahkan kalor dari dalam keluar ruangan maupun sebaliknya. Pada saat ini penggunaan dari sistem pengkondisian udara telah banyak diterapkan dalam berbagai bidang, seperti bidang industri, perumahan, perkantoran, hotel, dan transportasi. Di bidang kendaraan khususnya banyak digunakan di mobil, bus, pesawat terbang, kapal dan kereta api. Bertambahnya kebutuhan manusia akan kenyamanan dalam bekerja ataupun beraktivitas, yaitu kebutuhan akan temperatur, kelembapan dan aliran udara yang sesuai dengan kenyamanan manusia. [1]

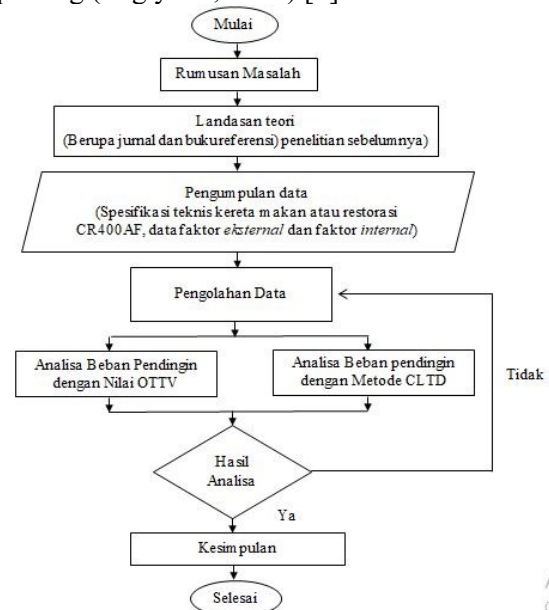
Beban pendinginan pada kereta di pengaruhi oleh suhu lingkungan dan struktur ruang penumpang kereta tersebut. Perhitungan beban pendingin dapat dilakukan dengan metode CLTD (*Cooling Load Temperature Difference*). Perhitungan beban pendinginan ini meliputi beban sensibel dan laten, termasuk beban dari 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*). [2]

EMU KCIC 400AF dilengkapi dengan kereta restorasi, dimana terdapat berbagai perlengkapan yang membutuhkan daya, serta beberpa jenis makanan. Sehingga, penumpang harus tetap merasa nyaman dengan sirkulasi sistem pengondisian udara AC (*Air Conditioning*) untuk mengatur temperatur, kelembapan, serta mendistribusikannya secara bersamaan untuk memenuhi kenyamanan yang diinginkan. Maka dari itu, penting dilakukan penelitian untuk menganalisis beban

pendingina kereta restorasi pada kereta cepat Jakarta-Bandung.

METODOLOGI

Kerangka pemikiran merupakan model konseptual tentang bagaimana teori berhubungan dengan berbagai faktor yang telah diidentifikasi sebagai masalah yang penting (Sugiyono, 2019) [5].



Gambar 1. Diagram Alir

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.

1. 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:

a. 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 (Sugiyono 2018) [6]. Subjek dari penelitian ini meliputi data teknis kereta restorasi CR400AF. Metode yang dijalankan untuk memperoleh data primer adalah dengan wawancara dan observasi.

b. Data Sekunder

Data sekunder adalah sumber data yang tidak langsung memberikan data kepada pengumpul data, misalnya lewat orang lain atau lewat dokumen (Sugiyono 2018) [5]. Data sekunder berupa buku, catatan, bukti yang telah ada, atau arsip baik yang dipublikasikan maupun yang tidak dipublikasikan secara umum. Metode yang dijalankan adalah dengan pengumpulan data meliputi dokumen spesifikasi teknis dari Sifang Qindao.ltd.co selaku manufaktur dan data peraturan pemerintah baik dari Undang-Undang (UU), Peraturan Menteri (PM) maupun melalui Direktorat Perkeretaapian Kementerian Perhubungan Republik Indonesia (DITJEN KA).

2. 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:

a. 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*).

3. 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

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Perhitungan Nilai OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*) Kereta Makan CR400AF

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 [4], 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 kereta makan CR400AF.

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

Diketahui kereta makan CR400AF:

a. Dinding kereta

Panjang kereta = 25 m
 Lebar/tinggi kereta = 3,36 m
 Luas total dinding kereta = 25 x 2,05 = 51,25 m²

b. Jendela Kereta

Luas jendela dinding besar = 145 cm x 70 cm = 10.150 cm² = 1,015 m²
 (dikali ada 7 jendela dinding) = 7,105 m²
 Luas jendela dinding kecil = 70 cm x 70 cm = 4.900 cm² = 0,49 m²

(dikali ada 2 jendela dinding) = 0,98 m²

Total luas jendela dinding (besar + kecil) = 9,905 m²

Luas jendela pintu = 70 cm x 70 cm = 4900 cm²

Total jendela pintu = 0,49 m²

Jadi, total jendela pada salah satu bidang kereta adalah sebagai berikut:

Total jendela dinding + total jendela pintu = (8,085 + 0,49) m² = 8,575 m²

c. Pintu Kereta

Luas pintu = 0,8 x 2,05 = 1,64 m²

d. Menghitung nilai WWR (*Window to Wall Ratio*)

$$WWR = \frac{A_{jendela}}{A_{dinding}}$$

A_{dinding} = Total luas dinding - Total luas jendela dinding - Total luas pintu (dinding + jendela)

A_{dinding} = 51,25 m² + 9,905 m² + (1,64 + 0,49) m²

A_{dinding} = 51,25 m² + 9,905 m² + 2,13 m²

$$\begin{aligned}
 A_{\text{dinding}} &= 63,285 \text{ m}^2 \\
 A_{\text{jendela}} &= \text{Total luas jendela dinding} + \text{Total luas jendela pintu} \\
 A_{\text{jendela}} &= 9,905 \text{ m}^2 + 0,49 \text{ m}^2 \\
 A_{\text{jendela}} &= 10,395 \text{ m}^2 \\
 \text{Jadi, nilai WWR} &= \frac{A_{\text{jendela}}}{A_{\text{dinding}}} \\
 &= \frac{10,395}{63,285} \\
 &= 0,16
 \end{aligned}$$

1.2 Menentukan nilai OTTV (Overall Thermal Transfer Value)

- α (Absorbtansi radiasi matahari)
 $\alpha_{\text{total}} = \frac{\alpha_{\text{aluminium}} + \alpha_{\text{cat}}}{2}$
 $\alpha_{\text{total}} = \frac{0,12 + 0,25}{2}$
 $\alpha_{\text{total}} = 0,185$
- U_{wall} (transmittance dinding) = 0,412 Watt/m²K
- TD_{EK} (beda temperatur ekuivalen), berdasarkan SNI 03-6389-2000
 Berat/satuan luas (kg/m²) kurang dari 125 = 15 K
- SC (Shading Coefficient) atau koefisien peneduh sistem fenetrasi
 $SC = 0,57$
- SF (Faktor Radiasi Matahari) = 147

Tabel 1. Faktor Radiasi Matahari (SF, W/m²)

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

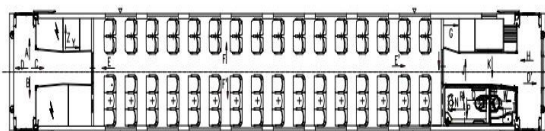
Perhitungan nilai OTTV (Overall Thermal Transfer Value) berdsarakan persamaan (2.1) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 OTTV &= \alpha \cdot [(U_w \cdot (1 - WWR)) \cdot TD_{\text{EK}} + (SC \cdot WWR \cdot SF) + (U_f \cdot WWR \cdot \Delta T)] \\
 &= 0,185 [(0,412 \times (1 - 0,108)) \times 15 + (0,57 \times 0,108 \times 147) + (2,89 \times 0,108 \times 5)] \\
 &= (0,185 \times 0,37 \times 15) + (0,57 \times 0,108 \times 147) + (2,89 \times 0,108 \times 5) \\
 &= 1,026 + 9,04 + 1,56 \\
 &= 11,626 \text{ Watt/m}^2
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Beban Pendingin dengan Metode CLTD (Cooling Load Temperature Difference)

2.1 Beban Internal

a. Beban Penumpang



Gambar 2. Denah Kereta Makan CR400AF

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{penumpang}} &= (Q_{\text{sensibel}} + Q_{\text{laten}}) \times \text{jumlah penumpang} \\
 &= (70 \text{ W} + 45 \text{ W}) \times 75 \text{ orang} \\
 &= 8.625 \text{ W}
 \end{aligned}$$

b. Beban Peralatan Elektronik

Tabel 2. Peralatan Elektronik Kereta Makan CR400AF

Item	Jumlah	Daya Satuan (W)	Daya Total
Display cabinet	1	500	500
Refrigerated cabinet	1	1500	1500
Heat preservation cabinet	1	1500	1500
Microwave oven	1	2780	2780
Socket penumpang		3200	3200

$$\begin{aligned}
 Q &= \text{peralatan elektronik} \times \text{daya yang terpasang} \\
 &= 500 \text{ W} + 1500 \text{ W} + 1500 \text{ W} + 2780 \text{ W} + 3200 \text{ W} \\
 Q &= 9.480 \text{ W}
 \end{aligned}$$

c. Beban Pencahayaan

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{lampu}} &= W \times F_{\text{ul}} \times F_{\text{ui}} \times CLF \\
 &= 1.120 \text{ W} \times 3,4 \times 1,25 \times 1,0 \\
 &= 4.760 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Catatan, dimana CLF = 1,0 dengan 24 jam pemakaian pencahayaan dan/jika pendinginan dimatikan pada malam hari atau selama libur. [4].

Total dari beban internal adalah penjumlahan dari beban penumpang, beban peralatan elektronik, dan beban pencahayaan. Sehingga total beban internal sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Total beban internal} &= \text{beban penumpang} + \text{beban peralatan elektronik} + \text{beban pencahayaan} \\
 &= 8.625 \text{ W} + 13.980 \text{ W} + 4.760 \text{ W} \\
 &= 27.365 \text{ W}
 \end{aligned}$$

2.2 Beban Eksternal

a. Beban Konduksi Melalui Jendela

Diketahui:

$$U = 1,71 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \quad (\text{ASHRAE HANDBOOK 1997, Tabel 5 Chapter 29})$$

$$A = 10,395 \text{ m}^2$$

$$T_{\text{jendela}} = 22 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (\text{Permen 7 Tahun 2022 tentang penyelenggaraan KA kecepatan tinggi})$$

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

Berdasarkan persamaan (2.3) dapat dihitung sebagai berikut:

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

$$= 1,71 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \times 10,395 \text{ m}^2 \times (27 - 22) ^\circ\text{C}$$

$$= \mathbf{88,8 \text{ W}}$$

b. Beban Konduksi Melalui Atap

Diketahui:

$$U = 0,26 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \text{ (ASHRAE 1997 Tabel 3 Chapter 36)}$$

$$A = 25 \text{ m} \times 3,36 \text{ m} = 84 \text{ m}^2$$

$$T_{\text{atap}} = 22 ^\circ\text{C} \text{ (Permen 7 Tahun 2022 tentang penyelenggaraan KA kecepatan tinggi)}$$

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

Berdasarkan persamaan (2.3) dapat dihitung sebagai berikut:

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

$$= 0,26 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \times 84 \text{ m}^2 \times (27 - 22) ^\circ\text{C}$$

$$= \mathbf{109,2 \text{ W}}$$

c. Beban Konduksi Melalui Dinding

Diketahui:

$$U = 0,26 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \text{ (ASHRAE 1997 Tabel 3 Chapter 36)}$$

$$A = 96,035 \text{ m}^2$$

$$T_{\text{dinding}} = 22 ^\circ\text{C} \text{ (Permen 7 Tahun 2022 tentang penyelenggaraan KA kecepatan tinggi)}$$

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

Berdasarkan persamaan (2.3) dapat dihitung sebagai berikut:

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

$$= 0,26 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \times 96,035 \text{ m}^2 \times (27 - 22) ^\circ\text{C}$$

$$= \mathbf{124,84 \text{ W}}$$

Menghitung Total Beban Pendingin dan Beban Konduksi

Diketahui:

$$Q_{\text{atap}} = \mathbf{88,8 \text{ W}}$$

$$Q_{\text{dinding}} = \mathbf{124,84 \text{ W}}$$

$$Q_{\text{jendela}} = \mathbf{109,2 \text{ W}}$$

Jadi, total beban konduksi sebagai berikut:

$$Q_{\text{konduksi}} = Q_{\text{atap}} + Q_{\text{dinding}} + Q_{\text{jendela}}$$

$$= \mathbf{322,84 \text{ W}}$$

d. Beban Partisi Lantai

Diketahui:

$$U = 4,60 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \text{ (ASHRAE 1997 Tabel 4 Chapter 24)}$$

$$A = 25 \text{ m} \times 3,36 \text{ m} = 84 \text{ m}^2$$

$$T_{\text{ruang}} = 22 ^\circ\text{C} \text{ (PM 7 Tahun 2022 tentang penyelenggaraan KA kecepatan tinggi)}$$

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

Berdasarkan persamaan (2.4) dapat dihitung sebagai berikut:

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

$$= 4,60 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \times 84 \text{ m}^2 \times (27 - 22) ^\circ\text{C}$$

$$= \mathbf{1.932 \text{ W}}$$

e. Beban Radiasi Matahari terhadap Kaca

Diketahui:

$$A_{\text{jendela}} = 10,395 \text{ m}^2$$

$$SC = 0,57 \text{ (ASHRAE 1997 Chapter 29)}$$

$$SCL = 545 \text{ (ASHRAE HANDBOOK 1997, Tabel 36 Chapter 28)}$$

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

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

$$= 10,395 \times 0,57 \times 545$$

$$= \mathbf{3.229,2 \text{ W}}$$

Jadi, Total radiasi matahari melalui kaca yaitu **3.229,2 W**.

2.3 Ventilasi dan Infiltrasi

a. Mengetahui Q_{sensibel} Ventilasi

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

$$T_{\text{ruang}} = 22 ^\circ\text{C} \text{ (Standar temperatur Permen 7 Tahun 2022)}$$

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

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

Perhitungan beban sensible berdasarkan persamaan (2.8) sebagai berikut:

$$Q_{\text{sensibel}} = 1,23 \times 500 \times (27 - 22) ^\circ\text{C}$$

$$= \mathbf{3.075 \text{ W}}$$

b. Mengetahui Q_{laten} Ventilasi

Diketahui:

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

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

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

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

Perhitungan beban sensible berdasarkan persamaan (2.9) sebagai berikut:

$$Q_{\text{laten}} = 3.010 \times 500 \times (0,0178 - 0,0099)$$

$$= \mathbf{11.889,5 \text{ W}}$$

c. Mengetahui Q_{total} VentilasiPerhitungan Q_{TOTAL} dengan menjumlahkan kalor sensibel dan kalor laten atau menggunakan persamaan (2.10). Sehingga perhitungan Q_{TOTAL} sebagai berikut:

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

$$= 3.075 \text{ W} + 11.889,5 \text{ W}$$

$$= \mathbf{14.964,5 \text{ W}}$$

2.4 Total Beban Pendinginan Kereta Makan CR400AF

Tabel 3. Total Nilai Beban Pendingin

Beban Internal	Nilai
Penumpang	8.625 W
Pencahayaan	4.760 W
Peralatan Elektronik	9.480 W
Total Beban Internal	22.865 W

Beban	Nilai
Eksternal	
Beban Konduksi	322, 84 W
Beban Partisi	1.932 W
Beban Radiasi Kaca Ventilasi	3.229, 2 W
Total	
Beban Eksternal	17.373, 04 W

Pada perhitungan nilai beban *internal* dan *eksternal* yang sudah dianalisa sebelumnya, maka nilai total beban pendingin dapat dihitung sebagai berikut:

Total Beban Pendingin
 = beban *internal* + beban *eksternal*
 = **22.865 W + 17.373, 04 W**
 = **40.238, 04 W**

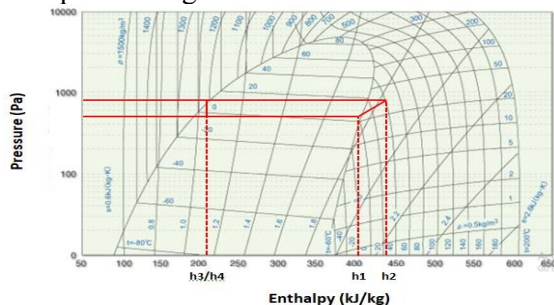
Berdasarkan dokumen ASHRAE 1997 chapter 28 bahwa faktor keamanan minimal 10% dari total atau keseluruhan beban pendingin. Sehingga nilai faktor keamanan yaitu sebesar **4.023, 8 W**. dapat disimpulkan bahwa nilai total beban pendingin pada kereta restorasi EMU CR400AF yaitu sebesar **44.261, 844 W** atau **44, 26 kW**.

3. Perhitungan Daya Kompresor AC Kereta Makan EMU CR400AF

Berikut merupakan beberapa tahapan untuk mencari daya kompresor AC kereta makan EMU CR400AF:

3.1 Mencari nilai entalpi dari AC kereta makan EMU CR400 AF

Mesin pendingin atau *Air Conditioner* EMU CR400AF menggunakan jenis AC paket dimana refrigerant yang digunakan yaitu R407C. Berikut merupakan P-h diagram entalpi atau diagram *Mollier* R407C:



Gambar 3. Diagram P-h R407C AC CR400AF

AC yang digunakan pada kereta makan CR400AF mempunyai spesifikasi tekanan (*pressure*) yaitu:

Tekanan maksimum = 800 Pa = 0, 8 kPa
 (Dokumen Spesifikasi Teknis EMU CR400AF)

Tekanan minimum = 500 Pa = 0, 5 kPa
 (Dokumen Spesifikasi Teknis EMU CR400AF)

Dari diagram di atas dapat dilihat bahwa nilai entalpi (h) sebagai berikut:

$$h_1 = 400 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 440 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 = h_4 = 210 \text{ kJ/kg}$$

3.2 Perhitungan Usaha Pendingin

Usaha pendinginan dapat dihitung dengan persamaan (2.11) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} W &= h_1 - h_4 \\ &= 400 \text{ kJ/kg} - 210 \text{ kJ/kg} \\ &= 190 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Jadi, nilai dari usaha pendinginan sebesar 190 kJ/kg.

3.3 Perhitungan Laju Aliran Pendinginan

Laju aliran pendinginan dapat dihitung dengan persamaan (2.12) sebagai berikut:

Dimana diketahui:

$$Q_{\text{total beban pendingin}} = 44, 26 \text{ kW}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{Q_{\text{beban pendinginan total}}}{W} \\ &= \frac{44,26 \text{ kW}}{190 \text{ kJ/kg}} \\ &= 0, 23 \text{ kg/det} \end{aligned}$$

Jadi, nilai laju aliran refrigeran sebesar 0, 23 kg/det.

3.4 Perhitungan Daya Kompresor

Daya kompresor dapat dihitung dengan persamaan (2.13) sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P_{\text{komp}} &= m (h_2 - h_1) \\ &= 0, 23 \text{ kg/det} (440 \text{ kJ/kg} - 400 \text{ kJ/kg}) \\ &= 0, 23 \text{ kg/det} \cdot 40 \text{ kJ/kg} \\ &= 9, 2 \text{ kJ/det} \\ &= 9, 2 \text{ kNm/det} \\ &= 9 \text{ kW} \end{aligned}$$

Jadi, nilai dari daya kompresor sebesar **9 kW**.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

Nilai OTTV (*Overall Thermal Transfer Value*) hasil perhitungan pada kereta makan yaitu sebesar 11, 626 Watt/m². Berdasarkan SNI 03-6389-2000, ditetapkan bahwa nilai OTTV (*Overall Thermal Transfer Valu*) tidak melebihi 45 Watt/m², sehingga nilai OTTV dari kereta makan CR400AF masih aman dikarenakan kurang dari nilai ketentuan yaitu 45 Watt/m² dan kereta makan CR400AF memiliki desain yang bagus dan layak.

Nilai beban pendingin dengan metode CLTD (*Cooling Load Temperature Difference*) yaitu menghitung beban *internal* dan *eksternal*. Perhitungan metode CLTD pada kereta makan CR400AF yang telah dilakukan menunjukkan bahwa beban *internal* sebesar 22.865 W, meliputi beban penumpang, beban peralatan elektronik, dan beban pencahayaan. Sedangkan beban *eksternal* sebesar 17.373, 04 W, meliputi beban konduksi, beban partisi, beban radiasi jendela, dan ventilasi.

Total beban pendingin keseluruhan kereta makan yaitu sebesar 44.261, 844 W atau 44, 26 kW. Spesifikasi dari sistem *Air Conditioning* kereta makan CR400AF memiliki kapasitas sebesar 45 kW, sehingga dapat disimpulkan bahwa satu unit *Air Conditioning* yang terpasang pada kereta dapat memenuhi beban pendingin pada kereta makan yang berada di kereta nomor 5 dengan daya kompresor yang digunakan pada AC kereta makan EMU CR400AF yaitu sebesar 9 kW.

SARAN

Setelah melakukan penelitian ini dapat diberikan saran berupa analisis terkait dengan aliran udara (*air flow*) pada kereta makan EMU CR400AF dengan menggunakan metode CFD pada penelitian selanjutnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari bahwa jurnal ini tidak mungkin terselesaikan tanpa adanya dukungan berbagai pihak. Sehingga pada kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih kepada berbagai pihak yang telah memberikan masukan, nasehat, dan dukungan, serta doa demi kelancaran pembuatan jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Prianto, Y. T. "*Analisis Temperatur dan Sistem Pengondisian Udara Pada Kereta Eksekutif Malam Bangunkarta*". Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya 2015.
- [2] 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.

- [3] Peraturan Menteri tentang *Penyelenggaraan KA Kecepatan Tinggi* Tahun 2022.
- [4] Standar Nasional Indonesia. *Konservasi Energi Selubung Bangunan pada Bangunan Gedung*. SNI 03-6389-2000, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta: 2000.
- [5] Sugiyono. "*Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*". Bandung: Alfabeta (2019).
- [6] Sugiyono. "*Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*". Bandung: Alfabeta (2018).