

Analisis Beban Pendinginan pada Gerbong Kereta Api Eksekutif (Studi Kasus K.A. Argo Parahyangan)

Endang Permata Sari,⁽¹⁾ Darlyanto,⁽²⁾ dan Bahdin Ahad Badia⁽³⁾

⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾ Dosen Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Mekongga

Jl. Landak No.42 Km. 06 Lalombaa, Kolaka Sulawesi Tenggara 90518

e-mail : endangpermatasutikno@gmail.com

Abstrak

Kereta api merupakan salah satu alat transportasi dengan kapasitas besar dan biaya transportasi yang murah. Sistem pendingin di kereta api memiliki beban pendinginan berlebih yang diterima penumpang sehingga menyebabkan ketidaknyamanan bagi penumpang. Menganalisis dan merekomendasikan sistem pendingin yang lebih baik sesuai standar yang ada mutlak diperlukan dengan menghitung beban pendinginan. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui kapasitas mesin penyegar ruangan yang sesuai dengan kebutuhan kereta api. Metode yang digunakan adalah metode analitik, dimana pengumpulan data digunakan sebagai pedoman penelitian dalam memecahkan masalah. Mengumpulkan data suhu di suatu area yang akan dihitung. Hasil yang diperoleh adalah beban pendinginan gerbong kereta penumpang eksekutif dengan desain kapasitas beban pendinginan sebesar 14899,86 Watt menjadi 21,578,74 Watt dan kapasitas pendinginan 34890 Watt. Kapasitas pendinginan saat menjalankan kereta adalah 8237,05 Watt dan total beban pendinginan aktual 2445,8 Watt, sehingga total kapasitas pendinginan relatif kecil. Kondisi aktual dan desain ruang penumpang berada dalam zona nyaman pada grafik psikometri

Kata Kunci : Kereta api eksekutif, kapasitas pendinginan, beban pendinginan, daerah nyaman..

PENDAHULUAN

Saat ini pengkondisian udara banyak digunakan, diantaranya dalam bidang industri, perumahan, pertokoan, perkantoran, hotel dan kendaraan. Untuk kendaraan dapat digunakan di mobil, bus, kereta api, kapal dan pesawat terbang. Ditambah dengan kebutuhan manusia yang semakin meningkat akan kenyamanan dalam bekerja yaitu kebutuhan akan temperatur, kelembaban dan aliran udara yang sesuai. Diharapkan tugas-tugas yang dituntut dari dirinya dilaksanakan dengan benar dan tepat. Tak terkecuali bagi personel operator, misalnya di masinis. Semuanya dilakukan dengan pengembangan sistem pengkondisian udara (*Air Conditioning*) terus

berkembang. Pengkondisian Udara dibutuhkan untuk menyediakan lingkungan udara yang nyaman, segar dan bersih. Oleh karena itu perlu dilakukan pengolahan udara untuk mengatur temperatur, kelembaban dan kebersihan, serta mendistribusikannya secara bersamaan untuk memenuhi kenyamanan yang diinginkan, oleh karena itu penulis tertarik untuk menganalisis beban pendinginan pada gerbong Kereta Api Parahyangan. Untuk dapat menentukan kapasitas mesin penyegar udara yang sesuai dengan kebutuhan kereta api. Untuk penumpang dan restorasi, perlu dihitung beban kalor yang harus dikeluarkan dan desain sistem ruangan yang akan dikondisikan. Perhitungan beban pendinginan ini

meliputi beban sensibel dan laten, termasuk beban dari udara luar yang melewati dinding, atap, lantai, beban penumpang, beban dari peralatan elektrik, ventilasi dan infiltrasi. Selain menghitung beban pendinginan, perlu juga dilakukan perencanaan distribusi udara agar seluruh ruang dapat dikondisikan sesuai dengan kebutuhannya.

Tujuan penelitian adalah untuk memberikan kondisi lingkungan yang berudara nyaman, segar, dan bersih pada gerbong kereta api. Maka dari itu penulis tertarik ingin menganalisa beban pendingin pada gerbong Kereta Api Parahyangan.

B. TINJAUAN PUSTAKA

Mesin pendingin (*refrigerator*) adalah merupakan alat yang dipergunakan untuk menyerap kalor dari *reservoir* dingin (ruangan yang didinginkan) dengan bantuan kerja kompresor untuk selanjutnya dibuang ke *reservoir* yang lebih panas. Mengatur suhu, kelembapan, kebersihan dan distribusinya secara serentak guna mencapai kondisi nyaman. Sistem Penyegaran udara pada umumnya dibagi menjadi dua golongan utama yaitu penyegaran udara untuk kenyamanan, juga penyegaran udara untuk industri.

Pada dasarnya, prinsip pendinginan dan penyegaran ruangan berpedoman pada kondisi tersebut di bawah ini :

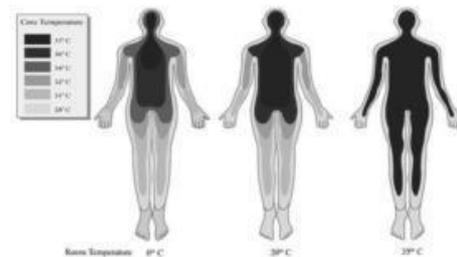
Tabel 1. Tabel Prinsip Pendinginan dan Penyegaran Ruangan

No	Suhu °C	Kelembapan Relatif %	Jenis Ruangan
1.	27	50-55	Tempat Tinggal Biasa
2.	26	50-55	Tempat Tinggal mewah atau ruangan yang dikenai radiasi

Tabel diatas menjelaskan suhu dan persentase kelembaban relative pada jenis ruangan tertentu. Penulis nantinya mengambil data untuk dimasukkan ke dalam perhitungan rumus. Data yang diambil pada no 2, disebabkan gedung ataupun KA Eksekutif dengan jendela yang dilengkapi dengan lampu-lampu termasuk dalam golongan yang dikenai panas radiasi lebih banyak.

Pemilihan moda transportasi menjadi bagian yang sangat penting dan selalu terjadi ketika seseorang hendak melakukan perjalanan. Pemilihan terhadap moda transportasi yang digunakan dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah karakteristik dari moda transportasi itu sendiri. Pertimbangan waktu, biaya dan tingkat pelayanan adalah hal yang menentukan dalam proses pemilihan moda transportasi yang akan digunakan untuk melakukan perjalanan.

Kondisi kenyamanan termal bagi manusia diberikan pada gambar berikut:



Gambar 1. Temperatur Pada Tubuh Manusia

- Suhu inti konstan 37 °C
- Suhu kulit bervariasi dari 20 °C -40°C
- Temperatur kulit > 45 °C atau < 18 °C akan menimbulkan efek buruk bagi tubuh.

Pada suhu udara yang panas, dengan mendinginkan suhu udaranya saja, belum tentu dapat menyebabkan badan kita merasa sejuk kalau kelembapan udara masih tinggi. Pada kelembapan udara yang rendah, suhu udara 30-32 °C pada umumnya telah cukup membuat badan kita

merasa sejuk dan nyaman. Tetapi pada kelembaban udara yang tinggi suhu udara 24-30 °C kita masih merasakan tidak sejuk. Perbedaan suhu didalam dan diluar ruangan sebaiknya jangan melebihi 15-°F (8,4-11°C). Ini telah diselidiki pengaruhnya terhadap kesehatan tubuh manusia dari perubah-an suhu yang dapat kita alami. Suhu kamar yang sejuk dan nyaman adalah 75-80°F (24-27,7°C). Penyegar udara jenis paket terdiri dari komponen-komponen kipas udara, koil udara, saringan udara dan panci penampung terletak dibagian atas dari rumah. Penyegar udara jenis ini terdiri dari peralatan penyegar dan refrigerator yang terletak dalam satu rumah. Udara yang terinduksi melalui lubang masuk akan mencapai temperatur dan kelembaban yang diinginkan. Kemudian udara tersebut ditekan masuk ke dalam ruang plenum yang ada dibagian atas kipas udara lalu masuk ke dalam ruangan. Penyegar udara jenis paket yang kadang kala melayani beberapa ruangan, maka udara dimasukkan ke dalam ruangan melalui pipa dari ruangan plenioum. Koil udara yang digunakan biasanya jenis ekspansi langsung (Dx coil) dimana refrigeran cair dari kondensor diuapkan sehingga udara yang mengalir melalui koil udara tersebut menjadi dingin dan kering.

Dalam penyusunan letak komponen, dibagian bawah dari penyegar udara terdapat mesin pendingin yang terdiri dari kompresor, kondensor, pengontrol otomatis peralatan listrik. Daya motor listrik yang digunakan sekitar 7,5 kw dan umumnya jenis hermetik. Pendinginan kondensor pada penyegar udara jenis paket ada pendinginan udara dan ada pendinginan air kondensor pendinginan udara, kondensor biasanya diletakkan di luar unit tersebut, sedangkan kondensor pendinginan air, kondensor diletakkan didalam unit. Penggunaan penyegar udara jenis paket banyak digunakan dalam

berbagai gedung dan keperluan industri. Kapasitas jenis ini antara 3 sampai 10 TR (Ton Refrigerasi). Penyegar udara jenis ini banyak mempergunakan kipas udara jenis daun banyak dengan pengisapan tunggal untuk kapasistas yang kecil dan pengisapan ganda untuk kapasitas yang besar koil udara secara umum terbuat dari pipa tembaga dan memakai sirip alumunium jenis *refrigerant* yang digunakan dengan jenis ekspansi langsung adalah R134O, R12, R22 dan R500 [1]. Sedangkan gerbong kereta api KA. Argo Parahyangan menggunakan jenis refrigerant R22.

Tabel 2. Air Conditioning Pada Gerbong Kereta Api Eksekutif

Sistem	Cooling Only	
Model	T.6014.V	
Cooling Capacity	k	18.6
	<u>W</u>	

Tabel diatas menerangkan tentang model Air Conditioning yang dipakai pada gerbong K.A. Eksekutif.

Tabel 3. Compressor Pada Gerbong Kereta Api Eksekutif

Compressor Type	Fully Hermatic	
Quantity	Pcs	2
Power Supply	V	380
Power Input	kW	<u>2×3.1</u>

Tabel diatas menerangkan tentang jenis kompresor yang dipakai pada K.A Eksekutif.

Tabel 4. Condensor Pada Gerbong Kereta Api Eksekutif

Condensor Oil		
Tube material	Copper grooved copper	
Daya Masuk Type	1 kW	
Cooling Capacity	SKF 6306	
	15000	
	<u>kcal/hr</u>	

Tabel diatas menjelaskan tentang data kondensor yang dipakai pada K.A Eksekutif.

Tabel 5. Refrigerant Pada Gerbong Kereta Api Eksekutif

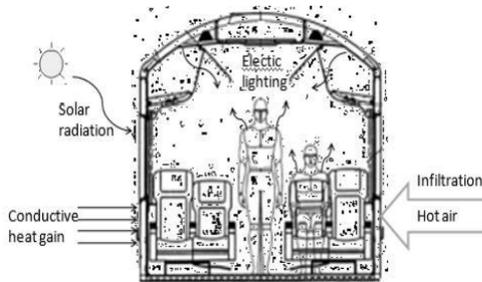
Refrigerant	
Type	R22
Control	Thermostatic Expantion Valve
Charge	5000



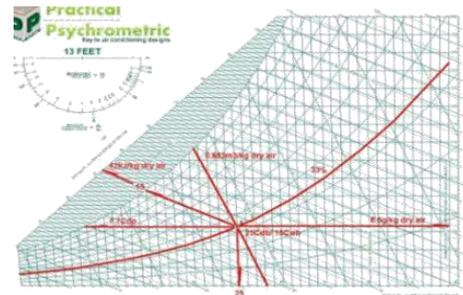
Gambar 2. R22 Pada Gerbong K.A. Eksekutif



Gambar 3. Kompresor Pada Gerbong Kereta Api



Gambar 4. Temperatur yang ditimbulkan dari beban eksternal dan internal [2,3,4,5,6,7]



Gambar 5. Psychrometric Chart

Data teknik penumpang K.A penumpang eksekutif :

Panjang badan kereta : 14.135 mm

Lebar track : 1.067 mm

Lebar : 2.642 mm

Berat lokomotif : 78 ton

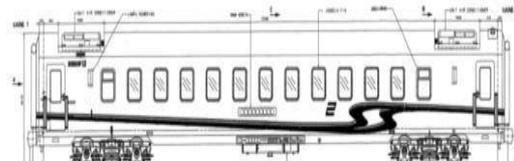
Jenis bahan bakar : solar HSD

Penggerak utama : GE 7FDL-8

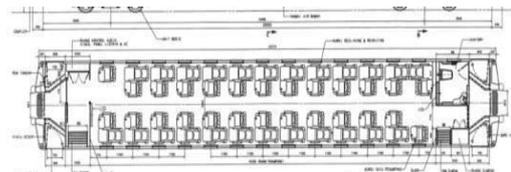
Jenis mesin : diesel 4 tak

Kecepatan maksimum : 130 km/jam

Keluaran daya : 2150 HP



Gambar 6. Bagian Depan Gerbong K.A Penumpang Eksekutif



Gambar 7. Bagian Atas Gerbong Kereta Penumpang Eksekutif

Perpindahan kalor melalui dinding, atap, kaca, serta lantai disebabkan oleh perubahan temperatur udara bagian luar dan bagian dalam dari dinding, atap, kaca, dan lantai. Laju perpindahan kalor atau beban pendingin dihitung dengan:

$$Q = U.A.\Delta t \dots\dots\dots(1)$$

Beban kalor akibat radiasi matahari pada gerbong kereta api melalui dinding dan atap antara lain:

$$\Delta te = 0,78 \frac{Rs}{Rm} \Delta tem + (1 - 0,78 \frac{Rs}{Rm} \Delta te) \dots (2)$$

Beban kalor melalui kaca akibat radiasi matahari dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan:

$$Q = Peak\ load \times area \times shade\ factor \times shash\ factor \times storage\ factor \dots (3)$$

Penumpang diasumsikan dalam kondisi temperature 27.5 °C, sehingga perolehan kalor terdiri dari

Latent heat (ql) sebesar 235 Btu/hr

$$Ql = ql \times n \dots (4)$$

Sensible haet (qs) sebesar 215 Btu/hr

$$Qs = qs \times n \times CLF \dots (5)$$

Kapasitas pendingin akibat lampu fluorescent dapat dihitung dengan persamaan :

$$Q = Total\ Kapasitas\ Lampu\ (W) \times 125 \times 0,996 \dots (6)$$

Rugi-rugi kebocoran saluran udara dipengaruhi oleh pemasangannya, yaitu sebesar 5 sampai dengan 30 % tergantung pada pemasangannya. Pada perhitungan beban pendinginan ini diambil rugi-rugi kebocoran udara suplai sebesar 20%.

Pada perhitungan ini, sistem suplai udara ruangan penumpang adalah sistem induksi. Pada sistem ini fan mengalirkan udara melalui koil pendingin sebelum disuplai ke dalam ruangan yang dikondisikan. Perolehan faktor fan pengkondisian udara merupakan perolehan kalor sensible ruangan. Besarnya kalor ini antara 2,5 sampai dengan 7,5% dari kalor sensible ruangan [4]. Dalam perhitungan diambil 7%.

Dengan menggunakan persamaan dibawah ini, pada saat udara luar yang dimasukkan ke ruangan diasumsikan sebesar 15CFM/orang (standart ventilasi untuk ruangan kantor). Persamaanya yaitu:

$$Qs = 1,08 \times CFM \times TD \dots (7)$$

$$Ql = 0,68 \times CFM \times (w0 - w) \dots (8)$$

Faktor keamanan (safety factor) yang diambil adalah 5%, dari seluruh beban pendinginan.

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses analisis data dimulai dengan meneliti seluruh data yang tersedia dari berbagai sumber yaitu wawancara dan observasi yang telah tertulis di catatan lapangan, dokumen pribadi, dokumen resmi, gambar foto, dan lain sebagainya. Data yang ada dibaca, dipelajari dan ditelaah, maka langkah selanjutnya adalah mereduksi data tersebut dengan membuat abstraksi. Abstraksi merupakan upaya untuk membuat ringkasan inti, proses dan pernyataan yang perlu dijaga agar tetap berada di dalamnya.

Hasil yang diperoleh beban kalor (Q) rata-rata pada gerbong kereta api selama seminggu pada penelitian ini sebagai berikut :



Gambar 8. Sumber Beban Pendinginan Aktual Pada atap, dinding, lantai dan kaca.

Pada Gambar 8 diperoleh nilai rata-rata beban kalor (Q) akibat radiasi matahari pada gerbong kereta api selama seminggu. Perolehan nilai Q untuk atap bagian atas sebesar 79,13 Watt, Q dinding bagian selatan dan utara 72,33 Watt, Q dinding bagian barat 52,45 Watt, Q dinding bagian timur 71,01 Watt. Hasil perolehan beban kalor (Q) rata-rata gerbong kereta api selama seminggu adalah 336,32 Watt, Q

kaca bagian timur 15,38 Watt, Q kaca bagian selatan dan utara 38 Watt, kaca bagian barat 72,63 Watt.



Gambar 9. Sumber Beban Pendinginan Aktual Pada penumpang dan lampu

Pada gambar 9 diperoleh nilai beban kalor rata-rata penumpang dan lampu, perolehan nilai untuk Q sensible maksimum 3150,5 Watt sedangkan minimumnya 630,1 Watt dan Q laten maksimum 3443,5 Watt sedangkan minimumnya 688,7 Watt. Nilai beban kalor lampu Q total 9220 Watt.



Gambar 10. Sumber Beban Infiltrasi maksimum dan minimum

Pada gambar 10 diperoleh nilai beban kalor infiltrasi selama seminggu, perolehan nilai untuk Q sensible rata-rata adalah 3297,71 Watt dan Q laten rata-rata adalah 0,81 Watt.



Gambar 11. Sumber Beban Pendinginan Aktual Pada Ventilasi maksimum dan minimum

Pada Gambar 11 diperoleh nilai rata-rata beban kalor pada ventilasi, nilai sensible rata-rata untuk Q sebesar 3297,86 Watt dan Q laten rata-rata 7,94 Watt.

Beban pendinginan selama seminggu menghasilkan TSH rata-rata 6058,85 Watt dan TLH rata-rata 2178,2 Watt. Kapasitas pendinginan yang dipasang di gerbong kereta api eksekutif lebih besar dari yang dibutuhkan. Total beban pendinginan terkecil terjadi pada hari Kamis sedangkan GTH terbesar terjadi pada hari Jumat. Kapasitas pendinginan yang digunakan lebih besar dari total beban pendinginan aktual sebesar 8237,05 Watt.

E. KESIMPULAN

Menghitung dan mengkomparasikan hasil perhitungan yang ada dengan standar yang benar. Maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, total beban pendinginan desain gerbong lebih kecil dari kapasitas pendinginan terpasang. Besarnya desain GTH berkisar antara 14899.86 - 21578.74 Watt, sedangkan kapasitas pendinginan yang terpasang adalah 34890 Watt. Total beban pendinginan aktual adalah antara 24445,8 Watt. Beban penumpang maksimum Qs = 3150,5 Watt, Ql = 3443,5 Watt sedangkan beban penumpang minimum Qs = 630,1 Watt, Ql = 688,7 Watt. Kondisi ruang penumpang gerbong

KA Argo Parahyangan secara aktual berada dalam *comfort zone* pada *psychometric chart*.

DAFTAR PUSTAKA

- W. Arismunandar and H. Saito, *Penyegar Udara*, Jakarta: PT. Pradnya Paramita, 1981.
- O. F. Homzah, "Studi Kinerja Pengkondisian Udara Tipe Terpisah (AC APLIT) Pada Gerbong Penumpang Kereta Api Ekonomi," *Teknik Mesin Utirta*, vol. 2, no. 1, 2016.
- W. F. Stoecker and J. W. Jones, *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*, Jakarta: Erlangga, 1994
- A. Marjianto and D. Mangindaan, "Perencanaan Sistem Tata Udara Ditinjau dari Aspek Energi pada Bangunan Hotel Semarang," *EMACS*, vol. 2, no. 3, pp. 97-106, 2020.
- M. N. Hanifan, I. Arjana and W. Setiawan, "Studi Evaluasi Sistem Pengkondisian Udara Di Jurusan Teknik Elektro Kampus Bukti Jimbaran Dengan Menggunakan Software," *SPEKTRUM*, vol. 2, no. 2, 2015..
- T. Hidayat and F. R. Restu, "Pengembangan Desai Sistem Pengkondisian Udara Kereta Api Oleh PT. INKA (Persero)," *Penelitian Transportasi Darat*, vol. 19, no. 1, pp. 13-36, 2017.
- K. Ridhuan and A. Rifai, "Analisa Kebutuhan Beban Pendinginan Dan Daya Alat Pendingin AC untuk Aula Kampus 2 UM Metro," *Program Studi Teknik Mesin*, vol. 2, no. 2, 2013.
- G. Atlanta, *Fundamental Handbook*, ASHARE, 1997
- S. A. Safitri, S. and R. Hantoro, "Desain dan Analisa Siste Pengkodisian Udara Computational Fluid Dynamic (CFD) pada Kereta Ukur Sulawesi di PT. INKA (Persero)," *TEKNIK ITS*, vol. 7, no. 1, pp. 2337- 3520, 2018.
- C. *Handbook of Air Conditioning System Design, United States of Amirica*: Mc Graw-hill, 1965
- C. Arora, *Refrigeration an air Condition*, New Delhi: Tata Mac Graw Hill Comp Limited, 1981.