

## PERHITUNGAN BEBAN TERMAL PADA SISTEM PENGKONDISIAN UDARA KENDARAAN MILITER PENGANGKUT PERSONEL

**Ihwan Haryono<sup>1</sup>, Achmad Maswan<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Balai Termodinamika, Motor dan Propulsi (BTMP) - PUSPIPTEK

### **Keywords :**

*Heat  
Heat Exchange  
Air Conditions  
Cooling Load*

### **Abstract :**

*One of important procedures in doing the design of air conditioning in cabin of carrying military personnel vehicle is to calculate or estimate cooling loads. In the cooling load estimation procedure, depth survey is needed in order to do thorough analysis of the sources so that the cooling load estimation can be determined from the type of equipment and energy used. This paper present results of a calculation of a heat exchanger of a military personnel vehicle. Based on the results of the thermal load calculations obtained in compliance with the parameters have been determined.*

### **PENDAHULUAN**

Kendaraan tempur pengangkutpersonil militer merupakan kendaraan pengangkut yang digunakan untuk meningkatkan mobilitas pasukan di medan operasi dalam rangka menegakkan pertahanan dan keamanan negara. Kondisi kendaraan angkut personil yang ada saat ini sudah berumur tua, sementara diperlukan kendaraan tempur pengangkut pasukan dengan kecepatan serta kenyamanan yang tinggi. Salah satu usaha untuk memenuhi kebutuhan tersebut maka sistem pendingin kabin dan mesin, harus mempunyai kinerja yang cukup baik.

Tujuan utama sistem pengkondisian udara di dalam kabin adalah mempertahankan keadaan udara yang meliputi pengaturan temperatur, kelembaban relatif, kecepatan sirkulasi udara maupun kualitas udaranya. Menjaga kondisi ruang kabin menjadi sulit dikarenakan banyaknya variabel variabel yang sering kali berubah baik berupa perubahan jumlah penumpang, kondisi buka tutup pintu, kondisi laju kendaraan maupun perubahan kondisi luar kabin.

Pada saat melakukan perancangan pada sistem pengkondisian udara, prosedur yang penting adalah dengan melakukan kalkulasi atau estimasi beban pendingin. Pada prosedur estimasi beban pendingin, diperlukan survei secara mendalam agar dapat dilakukan analisis yang teliti terhadap sumber-sumber beban pendinginan sehingga dari estimasi tersebut dapat ditentukan jenis peralatan dan energi yang dipergunakan.

Parameter-parameter utama yang harus dipertimbangkan di dalam perancangan sistem pengkondisian udara kendaraan adalah:

- Data penumpang (baik jumlah ataupun aktivitas penumpang).
- Data kendaraan (kecepatan kendaraan dan spesifikasi mesin).

- Dimensi maupun properties dari material glass.
- Dimensi maupun propertis dari material plat panel
- Kondisi udara luar (suhu, kelembaban relatif, radiasi sinar matahari).
- Kondisi udara dalam ruang atau kabin (suhu, kelembaban, dan percepatan udara).

### **METODOLOGI**

Tahapan-tahapan yang digunakan dalam evaluasi beban thermal adalah:

1. Pengumpulan data  
Identifikasi data dan parameter yang digunakan untuk memperhitungan besaran beban thermal pada sistem pengkondisian udara.
2. Perhitungan luas perpindahan thermal pada bodi kendaraan. Untuk melakukan perhitungan beban kalor konduksi, dilakukan perhitungan luas perpindahan kalor pada setiap sisi dinding kendaraan tempur
3. Perhitungan beban thermal secara keseluruhan. Beban thermal pada sistem pengkondisian udara meliputi perhitungan beban-beban thermal sebagai berikut:
  - Beban kalor yang dihasilkan oleh penumpang.
  - Beban kalor akan kebutuhan udara segar yang dibutuhkan oleh penumpang.
  - Beban kalor akibat radiasi sinar matahari pada kaca depan.
  - Beban kalor pada panel-panel plat kendaraan (kalor konduksi, konveksi, radiasi, dan absorpsi).
  - Beban kalor yang dihasilkan dari internal kendaraan (mesin, peralatan kendaran, motor AC dll).

### **PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN**

Sebelum melakukan perhitungan beban thermal langkah pertama yang harus dilakukan adalah

menentukan parameter - parameter perhitungan. didalam perhitungan dapat dilihat pada tabel 1.  
Dimana parameter - parameter yang digunakan

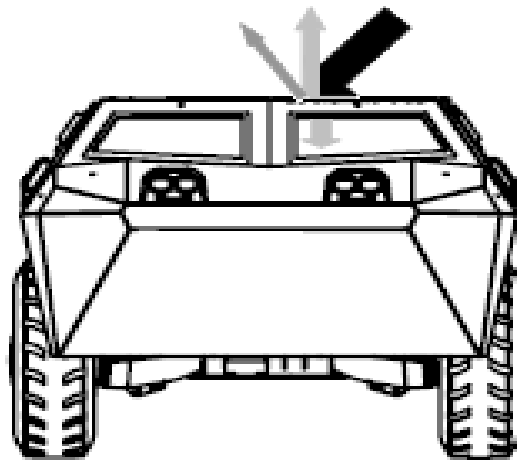
Tabel 1. Parameter-parameter perhitungan beban thermal

Jumlah penumpang , N	:	13	personil militer
Beban Kalor metabolik , $Q_{\text{metabolik}}$	:	147	Watt/ personil
Kebutuhan udara segar , $V_{\text{ventilasi}}$	:	15	cfm/person
Temperatur outdoor , $T_{\text{amb}}$	:	35	°C
Kelembaban relatif outdoor , $h_{\text{amb}}$	:	75	%
Temperatur kabin , $T_{\text{room}}$	:	25	°C
Kelembaban relatif kabin , $h_{\text{room}}$	:	55	%
Radiasi matahari , $Q_i$	:	940	Watt/m <sup>2</sup>
Konstanta Boltzmann , $\sigma$	:	$5.67 \times 10^{-7}$	Watt/m <sup>2</sup> K
<b>Udara</b>			
Kalor spesifik , $c_p$	:	1007	J/kgK
Densitas , $\rho$	:	1.1614	kg/m <sup>3</sup>
Konduktifitas panas , $k$	:	0.0263	W/mK
Kecepatan udara , $A_s$	:	$1.5 \times 10^{-5}$	m <sup>2</sup> /sec
<b>Armour Steel</b>			
Absorbsivitas , $\epsilon$	:	90	%
Kalor spesifik , $c_p$	:	472	J/kgK
Densitas , $\rho$	:	7870	kg/m <sup>3</sup>
Konduktifitas panas , $k$	:	72.7	W/mK
<b>Armour Glass</b>			
Transmisifitas , $\epsilon$	:	53	%
Absorbsivitas	:	0.41	%
Kalor spesifik , $c_p$	:	840	J/kgK
Densitas , $\rho$	:	2600	kg/m <sup>3</sup>
Konduktifitas panas , $k$	:	1.4	W/mK

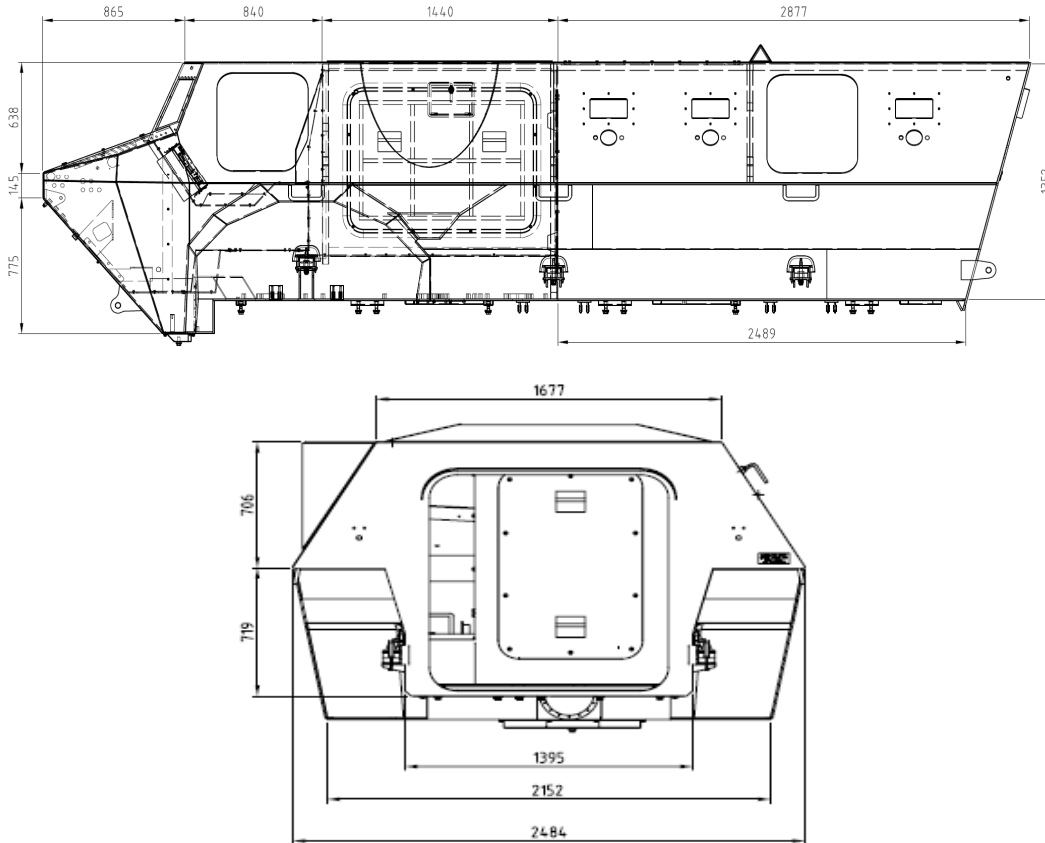
Tahapan-tahapan perhitungan beban thermal meliputi:

**a. Perhitungan Beban Thermal Konduksi pada dinding**

Untuk melakukan perhitungan beban kalor konduksi, dilakukan perhitungan luas perpindahan kalor pada setiap sisi dinding kendaraan tempur (lihat gambar 1 dan 2). Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 2.



Gambar 1. Distribusi Beban Pada Kendaraan Angkut Personil.



Gambar 2. Geometri Kendaraan Angkut Personil

Perhitungan beban kalor pada dinding merupakan hasil perhitungan heat balance antara besarnya kalor absorpsi dengan kalor konveksi, kalor konduksi dan kalor radiasi pada dinding kendaraan angkut personil. Perhitungan beban kalor konduksi dihitung dengan persamaan:

$$Q_{absorb} = Q_{conv} - Q_{cond} - Q_{radiasi} \quad [1]$$

Dimana: Beban Kalor absorpsi dihitung dengan persamaan:

$$Q_{absorb} = Q_i \times A_s \times \varepsilon \times \cos \theta_i \quad [2]$$

Beban Kalor Konveksi dihitung dengan persamaan:

$$Q_{conv} = h_{forced} \times A_s \times (T_s - T_{amb}) \quad [3]$$

Beban Kalor Konduksi dihitung dengan persamaan:

$$Q_{cond} = A_s \frac{T_s - T_{amb}}{R} \quad [4]$$

$$R = \frac{1}{h_{natural}} + \frac{x_{glass}}{k_{glass}} \quad [5]$$

Beban Kalor Radiasi dihitung dengan persamaan:

$$Q_{radiasi} = A_s \times \sigma \times (T_s^4 - T_{amb}^4) \quad [6]$$

Hasil perhitungan beban kalor konduksi dinding kabin kendaraan angkut personil dapat dilihat pada tabel 3.

**b. Perhitungan Beban Thermal Berdasarkan kebutuhan udara segar**

Perhitungan beban kalor didasarkan atas standar kenyamanan dan kebutuhan akan udara segar berdasarkan *Ashrae Standard 62 1989* sebesar 15 cfm/person dimana besarnya beban kalor akan udara segar dihitung dengan persamaan:

$$Q_{ventilasi} = m_{ventilasi} (h_{amb} - h_{room}) \quad [7]$$

Dimana

$$m_{ventilasi} = V_{ventilasi} \times \rho_{udara} \quad [8]$$

**c. Perhitungan Beban Thermal Berdasarkan Metabolik penumpang**

Perhitungan beban kalor didasarkan atas beban penumpang berdasarkan *Ashrae handbook Fundamental* sebesar 500 Btu/hr, dimana besarnya

beban kalor akan udara segar dihitung dengan persamaan:

$$Q_{metabolik} = N_{passanger} \times Q_{passanger} \quad [9]$$

Tabel 2. Luas Perpindahan Kalor Pada Pelat Kendaraan Angkut Personil

Plate Panel	$\Theta_i$	Panjang Mm	Lebar Mm	Tebal Mm	Luas Mm
Atap	0	3.717	1.677	0.01	6.233
Samping atas kiri	30	5.157	0.8132	0.01	4.194
Samping atas kanan	30	3.717	0.8132	0.01	3.023
Depan	15	0.75	2.202	0.01	1.652
Kaca depan	15	1.5	0.25	0.01	0.375
Belakang	15	1.425	1.677	0.01	2.390
Samping bawah kiri		0.719	5.157	0.01	3.708
Samping bawah kanan		0.719	5.157	0.01	3.708
Bawah		5.157	2.484	0.01	12.810
Mesin Depan		0.9585	1.425	0.01	1.366
Mesin Samping		1.44	1.425	0.01	2.052
Mesin Belakang		0.9585	1.425	0.01	1.366

Tabel 3. Beban Konduksi Pada Pelat Kendaraan Angkut Personil

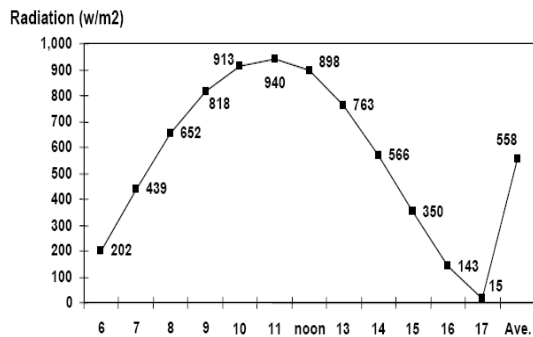
Plate Panel	Conduction Load						
	Q absorbed	Q convection	h forced	h natural	R	Q radiation	Q conduction
	Watt	Watt	W/m <sup>2</sup> K	W/m <sup>2</sup> K		Watt	Watt
Atap	5244.58	7114.17	50.13	3.90	0.26	1049.88	819.7
Samping atas kiri	3528.41	4786.23				706.33	551.5
Samping atas kanan	2543.17	3449.76				509.10	397.5
Depan	1389.52	1884.85				278.16	217.2
Kaca depan	315.51	427.99				63.16	49.3
Belakang	2010.63	2727.39				402.50	314.3
Samping bawah kiri	3119.68	4231.80				624.51	487.6
Samping bawah kanan	3119.68	4231.80				624.51	487.6
Bawah		695.16				92.38	602.8
Mesin Depan		246.74		4.38	0.23	40.04	184.1
Mesin		370.69				60.16	276.5

Samping							
Mesin Belakang		246.74				40.04	184.1
Total beban konduksi pada plat							4572

**d. Perhitungan Beban Thermal Akibat radiasi Matahari**

Perhitungan beban kalor akibat radiasi sinar matahari dihitung dengan persamaan:

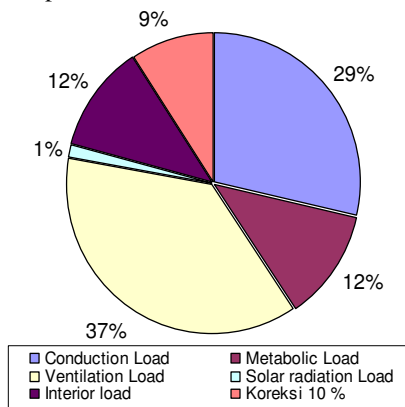
$$Q_{solar} = Q_i \times \tau_w \times A_w \times \cos \theta_i \quad [10]$$



Gambar 3. Grafik Distribusi Thermal dari Radiasi Matahari.

Besarnya radiasi matahari di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 3.

Dari hasil perhitungan, prosentase distribusi beban thermal pada kendaran angkut personel dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik Distribusi Beban Thermal Pada Kendaraan Angkut Personil.

Hasil perhitungan, besar beban thermal kendaraan angkut personel 15949 watt yang terdistribusikan kedalam:

- Beban thermal konduksi plate sebesar 4572 watt, dimana data-data hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 1.

- Beban thermal akibat methabolik sebesar 1911 watt.
- Beban thermal dari ventilasi sebesar 5938 watt.
- Beban thermal akibat radiasi matahari sebesar 185 watt.
- Beban thermal karena adanya beban interior sebesar 1891 watt.
- Faktor koreksi 10 % dari total beban thermal sebesar 1450 watt.

**KESIMPULAN**

Dari hasil identifikasi data dan pemilihan parameter perhitungan beban thermal suatu kendaraan pengangkut personel militer telah dapat dilakukan perhitungan beban thermal dari sistem pengkondisian udara kendaraan tersebut. Dengan didapatkannya beban thermal total dapat ditentukan kebutuhan beban pendinginan sehingga tujuan untuk mendapatkan ruang kabin yang nyaman dapat terpenuhi.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2007, *Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
- [2] ASHRAE Handbook, 1995, "HVAC Applications", American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc.
- [3] ASHRAE Handbook, 1993, "HVAC Fundamental", American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc.
- [4] McQuiston, F.C., Parker, J.D., 1994. "Heating, Ventilating, and Air Conditioning-Analysis and Design", John Wiley & Sons.
- [5] Steven Daly, 2006. "Automotive Air-Conditioning And Climate Control Systems", Elsevier Ltd.,
- [6] Wenhua Li\*, Jian Sun. 2012. Numerical simulation and analysis of transport air conditioning system integrated with passenger compartment. Modeling, Analysis, Simulation and Computation (MASC), Carrier Corporation, PO Box 4808/TR4, 6304 Carrier Parkway, Syracuse, NY 13057, USA.

- [7] Huajun Zhang, Lan Dai, Guoquan Xu, Yong Li, Wei Chen, Wen-Quan Tao. 2008. Studies of air-flow and temperature fields inside a passenger compartment for improving thermal comfort and saving energy. Part I: Test/numerical model and validation. School of Energy and Power Engineering, Xi'an Jiaotong University, 28 Xian Ning Road, Xi'an, Shaanxi 710049, PR China.