



# JURNAL TEKNIK MESIN

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BANDAR LAMPUNG

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| Najamudin dan Bambang Pratowo         | Peningkatan Kualitas Kekuatan Bahan Plat Dinding Corong Tuang ( <i>Hopper</i> ) Melalui Proses Chromizing Untuk Meningkatkan Jumlah Produksi Batu Bara |
| Muhamad Yunus, Najamudin dan Kurniadi | Pengaruh Perlakuan Quenching Tempering Terhadap Keluatan Impak pada Baja Karbon Sedang   |
| Kunarto dan Indra Sumargianto         | Serat tebu ( <i>Bagasse</i> ) Sebagai Bahan Pengisi Pada Komposit Dengan Matriks Resin Poliester   |
| Indra Surya dan Suhendar              | Sifat Mekanis Komposit Serat Acak Limbah Sabut Kelapa Bermatriks Polyester Resin   |
| Bambang Pratowo dan Novran Apriansyah | Analisis Kekuatan Fatik Baja Karbon Rendah SC 10 Dengan Tipe Rotari Bending  |
| Zein Muhamad                          | Penentuan Daya Kompresor Air Conditioning (AC) Pada Kendaraan Bus  |

UNIVERSITAS BANDAR LAMPUNG

|                           |        |       |             |                                      |                       |
|---------------------------|--------|-------|-------------|--------------------------------------|-----------------------|
| JURNAL<br>TEKNIK<br>MESIN | Vol. 2 | No. 1 | Hal<br>1-66 | Bandar<br>Lampung<br>Oktober<br>2016 | ISSN<br>2087-<br>3832 |
|---------------------------|--------|-------|-------------|--------------------------------------|-----------------------|



9 772087 383000



**Volume 2 Nomor 1, Oktober 2016**

**DEWAN REDAKSI**

- Pelindung : Dr.Eng. Fritz Akhmad Nuzir, ST, MA  
(Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Bandar Lampung)
- Penanggung Jawab : Ir. Indra Surya, MT  
(Ketua Program Studi Teknik Mesin UBL)
- Pimpinan Redaksi : Ir. Najamudin, MT
- Ketua Dewan Penyunting : Ir. Zein Muhamad , MT.
- Dewan Penyunting : Ir. Najamudin, MT. (UBL)  
Witoni, ST, MM. (UBL)  
Harjono Saputro, ST, MT. (UBL)  
Dr. Gusri Akhyar Ibrahim, ST, MT. (Unila)  
Dr. Amrizal, ST, MT. (Unila)
- Editor : Kunarto, ST, MT
- Sekretariat : Ir. Bambang Pratowo, MT.  
Suroto Adi
- Penerbit : Program Studi Teknik Mesin  
Fakultas Teknik  
Univesitas Bandar Lampung

Alamat Redaksi :  
Program Studi Teknik Mesin  
Fakultas Teknik  
Universitas Bandar Lampung  
Jalan ZA Pagar Alam No 26, Labuhan Ratu  
Bandar Lampung 35142  
Telp./Faks. : 0721-701463 / 0721-701467  
Email : jtmesin@ubl.ac.id





Volume 2 Nomor 1, Oktober 2016

## DAFTAR ISI

|  | Halaman |
|--|---------|
| Dewan Redaksi .....  | i       |
| Daftar Isi .....   | ii      |
| Pengantar Redaksi.....   | iii     |
| <br>Peningkatan Kualitas Kekuatan Bahan Plat Dinding Corong Tuang<br>( <i>Hopper</i> ) Melalui Proses Chromizing Untuk Meningkatkan Jumlah<br>Produksi Batu Bara<br><b>Najamudin dan Bambang Pratowo</b> ..... | 1-18    |
| <br>Pengaruh Perlakuan <i>Quenching-Tempering</i> Terhadap Kekuatan Impak<br>Pada Baja Karbon Sedang<br><b>Muhamad Yunus, Najamudin dan Kurniadi</b> .....   | 19-25   |
| <br>Serat Tebu ( <i>Bagasse</i> ) Sebagai Bahan Pengisi Pada Komposit<br>Dengan Matriks Resin Poliester<br><b>Kunarto dan Indra Sumargianto</b> .....  | 26-36   |
| <br>Sifat Mekanis Komposit Serat Acak Limbah Sabut Kelapa<br>Bermatriks Polyester Resin<br><b>Indra Surya dan Suhendar</b> .....   | 37-48   |
| <br>Analisis Kekuatan Fatik Baja Karbon Rendah<br>SC10 Dengan Tipe <i>Rotary Bending</i><br><b>Bambang Pratowo dan Novran Apriansyah</b> .....   | 49-58   |
| <br>Penentuan Daya Kompresor Air Conditioning (AC)<br>Pada Kendaraan Bus<br>Zein Muhamad .....   | 59-66   |
| <br>Informasi Penulisan Naskah Jurnal.....   | 67      |



Volume 2 Nomor 1, Oktober 2016

## PENGANTAR REDAKSI

Puji syukur kepada Allah SWT, atas terbitnya kembali Jurnal Teknik Mesin Universitas Bandar Lampung, Vol 2 No.1, Oktober 2016, rencananya jurnal ini akan diterbitkan 2 kali dalam setahun yaitu bulan April dan bulan Oktober setiap tahunnya.

Pada kesempatan kali ini redaksi menerbitkan 6 buah karya tulis hasil penelitian yang berasal dari staff pengajar internal Universitas Bandar Lampung, dan satu diantaranya dari luar Universitas Bandar Lampung.

Karya tulis hasil penelitian disajikan oleh Najamudin dan Bambang Pratowo dengan judul **“Peningkatan Kualitas Kekuatan Bahan Plat Dinding Corong Tuang (Hopper) Melalui Proses Chromizing Untuk Meningkatkan Jumlah Produksi Batu Bara”**, Muhamad Yunus, Najamudin dan Kurniadi dengan judul **“Pengaruh Perlakuan Quenching-Tempering Terhadap Kekuatan Impak Pada Baja Karbon Sedang”**, Kunarto dan Indra Sumargianto dengan judul **“Serat Tebu (Bagasse) Sebagai Bahan Pengisi Pada Komposit Dengan Matriks Resin Poliester”**, Indra Surya dan Suhendar dengan judul **“Sifat Mekanis Komposit Serat Acak Limbah Sabut Kelapa Bermatriks Polyester Resin”**. Bambang Pratowo dan Novran Apriansyah dengan judul **“Analisis Kekuatan Fatik Baja Karbon Rendah SC10 Dengan Tipe Rotary Bending”**, Zein Muhamad dengan judul **“Penentuan Daya Kompresor Air Conditioning (AC) Pada Kendaraan Bus”**.

Semoga jurnal yang kami sajikan ini bermanfaat untuk semua dan jurnal ini terus melaju dengan tetap konsisten untuk memajukan misi ilmiah. Untuk edisi mendatang kami sangat mengharapkan peran serta rekan-rekan sejawat untuk mengisi jurnal ini agar tercapai penerbitan jurnal ini secara berkala.

Bandar Lampung, Oktober 2016

Redaksi

# Penentuan Daya Kompresor Air Conditioning (AC) Pada Kendaraan Bus

Zein Muhamad <sup>\*)</sup>

Staf Pengajar Teknik Mesin Universitas Bandar Lampung

## Abstrak :

Kendaraan merupakan sarana transportasi yang vital bagi masyarakat guna mempermudah dan mempercepat perpindahan manusia dari suatu tempat/ daerah ketempat/daerah lain dengan lebih cepat, aman dan nyaman. Bus dengan kapasitas yang besar dengan penumpang di atas 50 orang yang beroperasi antar kota ataupun antar propinsi, memerlukan performance tertentu guna dapat memberikan keamanan dan kenyamanan bagi penumpang dalam perjalanan.

Perusahaan Bus yang memiliki kurang lebih 300 Bus angkutan antar kota dan antar propinsi ada yang dilengkapi dengan system penyejukan udara (AC) dan ada pula yang tidak. Pada kendaraan Bus yang menggunakan penyejukan udara ada pula yang tidak menggunakan komponen-komponen utama standard yang terpasang dari pebrikannya; seperti kompresor, kondensor, katup ekspansi dan lainnya. Kompresor dalam system penyejukan udara dapat dianalogikan dengan jantung pada tubuh manusia, yang berfungsi mengisap dan memompa zat pendingin (refrigerant) yang bersirkulasi dalam system.

Dalam penelitian ini ditemukan bahwa ada beberapa bus yang kompresornya bukan merupakan kompresor standard dari pebrikan. Untuk itu dilakukan perhitungan terutama terhadap beban pendinginan, koefisien prestasi dan daya kompresor.

Dari hasil penelitian dan perhitungan yang dilakukan maka diperoleh parameter- parameter sebagai berikut: Kalor ekuivalen sebagai kerja kompresor sebesar 9,452 kkal/kg; jumlah refrigeran yang bersirkulasi sebesar 289,25 kg/jam; beban pendinginan evaporator sebesar 4154,66 kkal/jam; daya kompresor hasil perhitungan sebesar 5,71 kW; daya kompresor aktual sebesar 11,95 kW dan koefisien prestasinya (COP) sebesar 3,94. Sedangkan daya kompresor yang dipersyaratkan adalah sebesar 10 s/d 15 Kw.

Kata kunci : Penyejukan udara, beban pendinginan, daya kompresor, koefisien Prestasi.

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Penelitian

Sejalan dengan perkembangan jaman dan tingkat kemajuan teknologi yang dicapai terutama dalam bidang pendinginan maka penggunaan pengkondisian udara (*Air Conditioning/AC*) tidak saja hanya dipakai di tempat-tempat komersial, perumahan dan perkantoran; tetapi juga pada bidang transportasi seperti mobil, bus, pesawat terbang dan kereta api.

Sesuai dengan namanya, tata udara atau pengkondisian udara berkaitan dengan kondisi udara di dalam suatu ruang tertentu. Tata udara

tidak hanya berkaitan dengan pengaturan suhu udara melainkan juga pengaturan kelembaban dan pergerakan udara ruang termasuk penyaringan udara untuk mendapatkan udara ruang yang bersih serta bebas polutan.

Bus yang dilengkapi dengan sistem pengkondisian udara cenderung merupakan alternatif utama bagi para penumpang yang ingin menggunakan kendaraan angkutan umum (Bus), alasannya adalah :

1. Kenyamanan dalam perjalanan
2. Keamanan
3. Ketepatan waktu dalam perjalanan

Pada ruangan kabin bus terjadi konduksi panas baik yang berasal dari kerja mesin, panas matahari maupun panas akibat gerak penumpang di dalamnya, maka beban kalor yang timbul dalam kabin perlu di perhitungan kembali agar daya guna system pendingin, (COP) bisa di pertahankan dengan penggunaan kompresor yang tepat/sesuai.

Sebagai obyek penelitian dilakukan pada Bus Besar PO.X yang melayani transportasi antar kota dalam propinsi dan antar kota ke luar propinsi Lampung yakni Perusahaan P.O. X . yang berpusat di Jl. Raya Soekarno-Hatta Bandar Lampung. Kendaraan yang beroperasi saat ini berjumlah kurang lebih 200 unit Non AC dan 100 unit yang dilengkapi dengan AC.

### 1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah menentukan beban kalor maksimum yang timbul sebagai beban kalor pendingin serta menentukan daya kompresor yang tepat untuk kerja sistem pendinginan udara yang terpasang.

### 1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian dilakukan terhadap kendaraan bus yang tidak menggunakan kompresor mesin terpasang yakni kompresor khusus untuk menggerakkan kompresor, *blower* dan *extra fan*; tetapi pada bus yang menggunakan kompresor yang digerakkan oleh mesin kendaraan (puly kompresor) dan dihubungkan dengan V-belt; sedangkan *blower* dan *extra fan* digerakkan oleh motor penggerak lain.

Adapun beberapa batasan masalah yang diberikan agar penelitian lebih terarah, yaitu :

1. Yang diteliti adalah bus yg tidak menggunakan kompresor terpasang dari pabrik.
2. Perhitungan beban kalor yang ditimbulkan oleh matahari, manusia maupun partisi
3. Perhitungan *coeficient off performance* (daya guna) mesin serta penentuan daya kompresor yang sesuai dengan beban panas yang terjadi.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pengertian Penyegaran Udara

Penyegaran udara adalah suatu proses mendinginkan udara sehingga dapat mencapai temperatur dan kelembaban yang sesuai dengan yang dipersyaratkan terhadap kondisi

udara dari suatu ruangan tertentu. Selain itu unhtuk mengatur aliran udaradan kebersihan. (Sumber: Wiranto A. dan Heizo Saito: *Prinsip Dasar Penyegaran udara, 1981*)

Sistem penyegaran udara pada umumnya dibagi menjadi dua golongan utama:

1. Penyegaran udara untuk kenyamanan dalam ruangan; untuk memberikan kenyamanan kerja bagi orang yang melakukan kegiatan tertentu.
2. Penyegaran udara untuk industri; diperlukan oleh proses, bahan, peralatan atau barang yang ada di dalamnya.

### 2.2 Beban Kalor / Beban Pendinginan

Beban kalor merupakan beban kalor yang harus diatasi oleh udara yang keluar dari alat penyegar udara, supaya kondisi udara di dalamnya dapat dipertahankan pada kondisi (temperatur dan kelembaban) yang diinginkan, yakni:

1. Kalor yang masuk dari luar ruangan ke dalam ruangan (beban kalor perimeter / "*perimeter heat load*")
  - a. Sinar matahari
  - b. Udara luar (ventilasi dan infiltrasi)
  - c. Panas mesin
2. Beban kalor yang bersumber dari dalam ruangan itu sendiri (beban kalor interior)
  - a. Manusia
  - b. Lampu
  - c. Peralatan tambahan dalam ruangan

Dengan perhitungan beban pendingin/beban kalor maka dapat diketahui jumlah panas yang ada dalam ruangan yang harus dikondisikan; baik itu berupa panas sensible maupun yang berupa panas laten.

### 2.3 Komponen-komponen Utama Sistem Penyegaran Udara

Komponen-komponen utama, yakni :

### 2.3.1 Kompresor (*compressor*)

Kompresor berfungsi mengisap refrigeran tekanan rendah dari evaporator dan menghasilkan gas tekanan tinggi untuk di alirkan ke dalam kondensor.

Daya aktual untuk menggerakkan kompresor dihitung :

$$N = N_{is} / \eta_c \cdot \eta_m \quad (\text{KW})$$

$$N_{is} = \text{daya kompresor (KW)}$$

$$\eta_c = \text{efisiensi kompresi (\%)} \quad \eta_m = \text{efisiensi mekanik (\%)}$$

### 2.3.2 Kondensor (*condenser*)

Kondensor merupakan bagian dari penyegaran udara yang berfungsi membuang panas dari uap refrigeran dan menjadikan gas refrigeran bertekanan dan temperatur tinggi. Jumlah udara yang diperlukan kondensor untuk mengembunkan uap refrigeran dihitung sbb :

$$M_a = \frac{Q_c}{0,28 \times (T_4 - T_3)} \quad (\text{m}^3 / \text{jam})$$

Dimana,

$$M_a = \text{Jumlah udara yang diperlukan kondensor (m}^3/\text{jam)}$$

$$Q_c = \text{Kalor penguapan (kkal./jam)}$$

$$T_4 = \text{Temperatur udara pendingin keluar (}^\circ\text{C)}$$

$$T_3 = \text{Temperatur udara pendingin masuk (}^\circ\text{C)}$$

### 2.3.3 Katup ekspansi (*expansion valve*)

Katup ekspansi berfungsi menurunkan tekanan zat pendingin cair dari tekanan kondensasi ke tekanan evaporasi dan mengatur aliran zat pendingin yang menuju evaporator. Expansion valve pada dasarnya adalah katup mekanis, didalamnya terdapat

membran, pegas, sensor panas yang berisi raksa (*heat sensitizing tube*). Kadang dipasang menempel pada evaporator, kadang ada di bagian luar kabin kendaraan namun terhubung dengan pipa-pipa (*liquid tube* dan *suction tube*).

### 2.3.4 Evaporator (*evaporators*)

Merupakan hasil akhir proses kerja dari semua komponen ac mobil, ditempat inilah dingin dihasilkan dan diserap oleh kisi-kisi evaporator yang kemudian di tiup oleh udara motor blower ke seluruh ruangan kabin.

Untuk menentukan kapasitas pendinginan dari evaporator digunakan persamaan :

$$Q_{evp} = k \times A \times t_m \quad (\text{kkal. / jam})$$

dimana,

$$Q_{evp} = \text{Kapasitas pendingin dari evaporator (kkal./jam)}$$

$$k = \text{Koefisien perpindahan kalor total (kkal./m}^2 \cdot \text{jam} \cdot ^\circ\text{C)}$$

$$A = \text{Luas ruangan (m}^2\text{)}$$

$$t_m = \text{Perbedaan temperature rata-rata (}^\circ\text{C)}$$

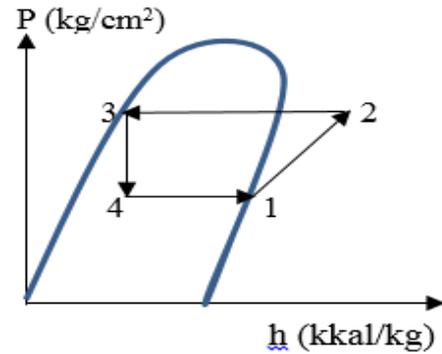
## 2.4 Zat Pendingin (*refrigerant*)

Zat pendingin (*refrigerant*) merupakan faktor penting yang menentukan apakah sebuah sistem pendingin menjalankan fungsinya dengan baik atau tidak. Untuk itu pemilihan jenis zat pendingin yang akan digunakan harus yang paling sesuai dengan jenis kompresor yang akan digunakan; dan karakteristik termodinamika zat pendinginnya seperti temperature penguapan, temperature pengembunan, tekanan pengembunan dan tekanan penguapan.

### 2.4.1 Karakteristik termodinamika

Tabel 2.1 Karakteristik termodinamika Freon untuk kompresor positif (kondisi pendinginan)

| Refrigeran  | R 12   | R 22   | R 500  | R 500  |
|---|--------|--------|--------|--------|
| Tekanan Penguapan (kg/cm <sup>2</sup> abs)              | 3,696  | 6,00   | 4,363  | 6,79   |
| Tekanan pengembunan (kg/cm <sup>2</sup> abs)            | 11,02  | 17,71  | 13,15  | 19,04  |
| Perbandingan kompresi                                   | 3,26   | 2,98   | 3,10   | 2,80   |
| Efek refrigerasi (kcal/kg)                              | 28,13  | 37,14  | 33,47  | 21,34  |
| Volume spesifik (cair) (l/kg)                           | 0,797  | 0,883  | 0,905  | 0,874  |
| Jumlah refrigerant yang bersirkulasi (cair) (l/jam.ton) | 94,0   | 78,9   | 89,6   | 123,9  |
| Volume spesifik (uap) (m <sup>3</sup> /kg)              | 0,0486 | 0,0403 | 0,0492 | 0,0274 |
| Laju aliran (m <sup>3</sup> /jam.ton)                   | 5,72   | 3,6    | 4,87   | 3,88   |
| Kerja kompresi (kcal/kg)                                | 5,1    | 6,7    | 5,8    | 4,5    |
| Koefisien prestasi (COP)                                | 5,5    | 5,5    | 5,8    | 4,54   |
| Daya yang diperlukan (kW/ton)                           | 0,7    | 0,7    | 0,67   | 0,85   |
| Temperatur gas keluar kompresor(°C)                     | 51     | 67     | 53     | 50     |

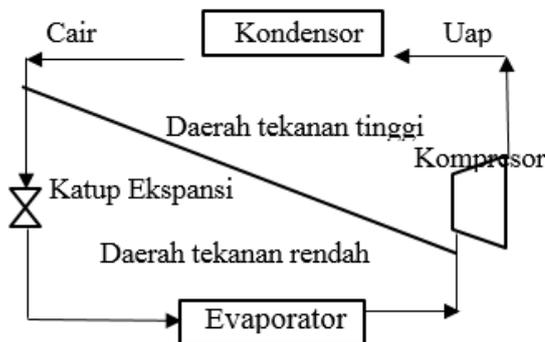


Gambar 2.2. P-h diagram

- 1-2 Proses yang terjadi pada Kompresor : disini kompresor menyerap uap refrigeran dan kemudian mengkompresikan secara isentropis.
- 2-3 Proses yang terjadi pada kondensor; disini refrigeran dikondensasikan secara isobar (tekanan konstan).
- 3-4 Proses yang terjadi dalam katup ekspansi; proses terjadi secara adiabatik sehingga temperatur dan tekanan refrigeran turun.
- 4-1 Proses yang terjadi di evaporator; refrigeran akan mengalami penguapan secara isobar dengan cara menyerap panas dari lingkungan.

### 2.5 Mekanisme Sistem Proses

Siklus refrigerasi dari sebuah sistem penyegaran udara umumnya terbagi menjadi empat bagian yaitu penguapan (evaporator), kompresi (kompresor), pengembunan (kondensator) dan ekspansi (katup ekspansi).



Gambar 2.1. Siklus refrigerasi

## III. DATA PERHITUNGAN PENELITIAN

### 3.1 Data Perhitungan Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Agustus sampai dengan bulan Oktober dimana temperatur udara luar mencapai kondisi maksimum yakni 30 °C – 35 °C ; temperatur inilah yang dijadikan temperatur acuan. Sehingga dengan bantuan Diagram Pshycometric diperoleh data-data:

- 1) Temperatur bola kering = 35 °C
- 2) Temperatur bola basah = 28 °C
- 3) Temperature rentang harian rata-rata = 11 °C
- 4) Perbandingan kelembaban udara luar = 0,022 kg/kg udara kering
- 5) Perbandingan kelembaban udara ruang = 0,0116 kg/kg udara kering
- 6) Kelembaban relative = 60 %

- 7) Volume spesifik = 0,904 m<sup>3</sup>/kg udara kering
- 8) Titik embun = 25,8 °C
- 9) Temperatur udara luar pada suatu saat tertentu = 25,8 °C

#### IV. HASIL PERHITUNGAN PENELITIAN

##### 4.1 Perhitungan Parameter-parameter Beban Pendingin

Hasil perhitungan dari temperatur yang berpengaruh pada perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.1 dan tabel 4.2.

Tabel 4.1 Temperatur ekuivalen variasi matahari (T<sub>c</sub> matahari)

| Jam               | T <sub>c</sub> mata hari (°C) |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                   | 09.00                         | 10.00 | 11.00 | 12.00 | 13.00 | 16.00 | 17.00 | 18.00 |
| Dinding sbh kiri  | 19,77                         | 22,57 | 30,41 | -     | -     | -     | -     | -     |
| Dinding sbh kanan | -                             | -     | -     | -     | -     | 17,18 | 5,63  | 0     |
| Atap              | -                             | -     | 23,98 | 24,43 | 23,98 |       |       |       |

Tabel 4.2 Temperatur udara matahari (S.A.T)

| Jam               | S A T (°C) |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                   | 09.00      | 10.00 | 11.00 | 12.00 | 13.00 | 16.00 | 17.00 | 18.00 |
| Dinding sbh kiri  | 43,97      | 37,58 | 54,61 | -     | -     | -     | -     | -     |
| Dinding sbh kanan | -          | -     | -     | -     | -     | 17,18 | 5,63  | -     |
| Atap              | -          | -     | 48,18 | 59,43 | 48,18 | -     | -     | -     |

Dari tabel 4.2 diketahui harga maksimum untuk *Solar Air Temperature* (SAT)

1. Untuk dinding sebelah kiri SAT<sub>maks.</sub> = 46,57 °C
2. Untuk dinding sebelah kanan SAT<sub>maks.</sub> = 41,88 °C
3. Untuk bagian atap SAT<sub>maks.</sub> = 59,43 °C

#### 4.2 Perhitungan Luas Permukaan Perpindahan Panas (A)

##### Ukuran Pokok :

- Panjang ruangan = 9 m
- Lebar ruangan = 2,3 m
- Tinggi ruangan = 1,8 m
- Tebal plat besi = 3 mm = 0,003 m
- Tebal papan serabut keras (pada lantai) = 20 mm = 0,020 m
- Tebal papan serabut keras (pada dinding) = 5 mm = 0,005 m

Tabel 4.3. Luas permukaan perpindahan panas

|                          | Luas keseluruhan dinding (m <sup>2</sup> ) | Luas dinding kaca (m <sup>2</sup> ) |
|--------------------------|--|-------------------------------------|
| Dinding sebelah kiri     | 6,3  | 21,21                               |
| Dinding sebelah kanan    | 6,3  | 33,15                               |
| Dinding belakang         | 1,6  | 1,8                                 |
| Dinding depan            | 1,42                                       | 3,84                                |
| Dinding berupa pintu I   | 1,12                                       | -                                   |
| Dinding berupa pintu II  | 1,12                                       | -                                   |
| Dinding berupa pintu III | 1,12                                       | -                                   |
| Atap                     | 21,15                                      |                                     |
| Lantai                   | 21,15                                      | -                                   |

#### 4.3 Perhitungan Koefisien Perpindahan Kalor Keseluruhan (U)

Besarnya harga koefisien perpindahan kalor sangat berkaitan erat dengan kondisi tahanan perpindahan kalor pada permukaan bidang.

$$U = 1 / R_{total}$$

dan

$$R_{total} = R_{s1} + R_1 + \dots + R_n + R_{so}$$

dimana,

U = Perpindahan kalor menyeluruh

R<sub>total</sub> = jumlah tahanan total dinding

$R_{s1}$  = Tahanan lapisan dalam dinding  
 = 0,125 m<sup>2</sup>.jam.<sup>0</sup>C/kkal

$R_{1,n}$  = Tahanan dari setiap lapisan dinding

$R_{so}$  = Tahanan lapisan luar dinding  
 = 0,05 m<sup>2</sup>.jam.<sup>0</sup>C/kkal

Hasil perhitungan tahanan dan koefisien perpindahan kalor keseluruhan dapat dilihat pada tabel 4.4. dan tabel 4.5.

Tabel 4.4. Bahan bangunan dan tahanan perpindahan kalornya

| NAMA         | BAHAN               | TEBAL (mm) | TAHANAN KALOR |                |
|--------------|---------------------|------------|---------------|----------------|
|              |                     |            | R             | R <sup>1</sup> |
| Lantai       | Besi                | 1,5        | -----         | 0,0242         |
|              | Papan serabut keras | 20         | -----         | 6,80           |
|              | Gabus dengan karbon | 5          | -----         | 26,5           |
|              | Woll                | 2          | -----         | 10             |
| Dinding      | Besi                | 0,5        | -----         | 0,0242         |
|              | Papan serabut keras | 3          | -----         | 6,80           |
|              | Busa polyurethane   | 3 - 10     | -----         | 46,7           |
|              | keras               |            |               |                |
| Dinding kaca | Kaca                | -----      | 0,0075        | -----          |
| Atap         | Besi                | 3          | -----         | 0,0242         |
|              | Papan serabut keras | 3          | -----         | 6,80           |
|              | Busa polyethylene   | 10         | -----         | 46,7           |
|              | keras               |            |               |                |

Tabel 4.5. Tahanan Total dan Koefisien Perpindahan Kalor Keseluruhan dari system

| Bagian        | J E N I S B A H A N |                  |        |                  |       | Gabus karbon | R <sub>tot</sub> /U      |
|---------------|---------------------|------------------|--------|------------------|-------|--------------|--------------------------|
|               | Besi                | Papan srbt keras | Kaca   | Busa poly. keras | Woll  |              |                          |
| Dinding kiri  | 0,0000726           | 0,034            | 0,0075 | 1,1401           | ----- | -----        | <u>0,35667</u><br>2,803  |
| Dinding kanan | 0,0000726           | 0,034            | 0,0075 | 0,1401           | ----- | -----        | <u>0,35667</u><br>2,803  |
| Belakang      | 0,0000726           | -----            | 0,0075 | 0,467            | ----- | -----        | <u>0,649573</u><br>1,539 |
| Depan         | 0,0000726           | -----            | 0,0075 | -----            | ----- | -----        | <u>0,175757</u><br>5,869 |
| Atap          | 0,0000726           | 0,0204           | -----  | 0,02             | ----- | -----        | <u>0,428973</u><br>2,331 |
| Lantai        | 0,0000726           | 0,068            | -----  | -----            | 0,02  | 0,1075       | <u>0,37123</u><br>2,693  |

Dari tabel 4.5 akhirnya diperoleh bahwa :

1. Untuk dinding sebelah kiri  $R_{total} = 0,35667$  m<sup>2</sup>.jam.<sup>0</sup>C/kkal  
 $U = 2,803$  kkal / m<sup>2</sup>.jam.<sup>0</sup>C
2. Untuk dinding sebelah kanan  $R_{total} = 0,35667$  m<sup>2</sup>.jam.<sup>0</sup>C/kkal  
 $U = 2,803$  kkal / m<sup>2</sup>.jam.<sup>0</sup>C
3. Bagian belakang  $R_{total} = 0,649573$  m<sup>2</sup>.jam.<sup>0</sup>C/kkal  
 $U = 1,539$  kkal / m<sup>2</sup>.jam.<sup>0</sup>C
4. Bagian depan  $R_{total} = 0,175757$  m<sup>2</sup>.jam.<sup>0</sup>C/kkal  
 $U = 5,869$  kkal / m<sup>2</sup>.jam.<sup>0</sup>C
5. Bagian atap  $R_{total} = 0,428973$  m<sup>2</sup>.jam.<sup>0</sup>C/kkal  
 $U = 2,331$  kkal / m<sup>2</sup>.jam.<sup>0</sup>C
6. Bagian lantai  $R_{total} = 0,37123$  m<sup>2</sup>.jam.<sup>0</sup>C/kkal  
 $U = 2,693$  kkal / m<sup>2</sup>.jam.<sup>0</sup>C

#### 4.4 Perhitungan Beban Kalor

Perhitungan beban kalor meliputi beban kalor laten dan beban kalor sensibel dari bagian-bagian / bidang-bidang :

1. Daerah perimeter; daerah atap, dinding, kaca, lantai dan pintu
2. Beban kalor oleh udara infiltrasi
3. Daerah interior; lampu dan peralatan listrik dan manusia
4. Beban kalor dari mesin

Yang dapat dilihat pada tabel 3.6 berikut :

Tabel 4.6. Beban Kalor Keseluruhan

| BEBAN KALOR                      | JUMLAH (kkal./jam) |
|----------------------------------|--------------------|
| 1. Kalor sensibel                |                    |
| - Atap                           | 1672,77            |
| - Dinding                        | 803,65             |
| - Melalui kaca                   | 851,32             |
| - Lantai                         | 541,09             |
| - Pintu                          | 29,82              |
| - Lampu tidur                    | 0,81               |
| - Lampu neon                     | 0,081              |
| - Motor blower                   | 0,860              |
| - Peralatan elektronik lainnya   | 1,1448             |
| - Manusia                        | 2300               |
| - Kalor udara infiltrasi         | 207,68             |
| - Kalor udara kontak dgn mesin   | 4365,96            |
| <b>Sub Total</b>                 | <b>10775,1858</b>  |
| II. Kalor Laten                  |                    |
| - Manusia                        |                    |
| - Kalor udara infiltrasi         |                    |
| - Kalor udara yg kontak dg mesin |                    |
| <b>Sub Total</b>                 | <b>1952,25</b>     |
| <b>Total</b>                     | <b>12727,358</b>   |

## 4.5 Perhitungan Koefisien Prestasi dan Daya Kompresor

Refrigeran yang digunakan dalam oleh kendaraan Bus besar yang ditinjau adalah jenis Freon, yakni Freon 12 (R12) maka diperoleh:

$$\text{Tekanan di } P_1 = 35 \text{ Psi} = 2,45 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Tekanan di } P_2 = 150 \text{ Psi} = 10,50 \text{ kg/cm}^2$$

Dengan bantuan Diagram Mollier diperoleh harga-harga :

$$i_1 = 85 \text{ BTU/lb}$$

$$i_2 = 102 \text{ BTU/lb}$$

$$i_3 = i_4 = 35 \text{ BTU/lb}$$

Sehingga diperoleh harga-harga untuk:

1. Kalor yang diserap evaporator (efek refrigerasi) ( $q_c$ )

$$q_c = 27,8 \text{ kkal/kg}$$

2. Kalor ekuivalen sebagai beban kerja kompresi (AL)

$$AL = 9,452 \text{ kkal/kg}$$

3. Kalor Pengembunan ( $q_{con}$ )

$$q_{con} = 37,252 \text{ kkal/kg}$$

4. Jumlah refrigeran yang bersirkulasi (G)

$$G = 289,25 \text{ kg/jam}$$

5. Koefisien Prestasi / *Coefficient Of Performance* (COP)

$$\underline{COP = 3,94}$$

6. Daya teoritik untuk menggerakkan kompresor ( $N_{kt}$ )

$$\underline{N_{kt} = 5,71 \text{ kW}}$$

7. Daya aktual untuk menggerakkan kompresor ( $N_{akt}$ ) dengan efisiensi kompresi

sebesar  $\eta_c = 80\%$  dan efisiensi mekanis  $\eta_m = 0,80$  maka:

$$\underline{N_{akt} = 11,95 \text{ kW}}$$

8. Jumlah kalor yang dilepas kondensor (kalor pengembunan) ( $Q_{con}$ )

$$\underline{Q_{con} = 5864,585 \text{ kkal/jam}}$$

9. Jumlah udara pendingin yang diperlukan kondensor untuk mengembunkan uap refrigeran yang keluar dari kompresor ( $Q_a$ ):

$$\underline{Q_a = 377,65 \text{ m}^3/\text{jam}}$$

10. Kapasitas pendinginan dari evaporator ( $Q_{evp}$ ):

$$\underline{Q_{evp} = 4154,66 \text{ kkal/jam}}$$

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Setiap ruangan kendaraan terutama kendaraan roda empat yang mengangkut muatan baik berupa orang maupun barang sangat membutuhkan tingkat kenyamanan (comfortable) dan kebugaran tertentu, baik bagi penumpang maupun barangnya. Untuk itu diperlukan mesin pengkondisian udara guna menyiapkan udara segar.

Pada kendaraan bus besar terutama bus antar kota antar propinsi kebutuhan mesin pengkondisian udara terutama untuk kenyamanan bagi penumpangnya.

Dari hasil analisa data diperoleh kesimpulan bahwa mesin penyegaran udara (AC) yang terpasang pada kendaraan Bus Besar di perusahaan transportasi PO.X memiliki parameter-parameter utama pendinginan sebagai berikut :

1. Jumlah refrigeran yang bersirkulasi sebesar 289,25 kg/jam dari harga terendah 375 kg/jam.
2. Koefisien Prestasi (COP) sebesar 3,94 dari kisaran 3,75 s/d 4,50
3. Daya aktual untuk menggerakkan kompresor sebesar 11,95 kW sedangkan daya hasil perhitungannya hanya sebesar 5,71 Kw (lebih rendah).
4. Kapasitas pendinginan dari evaporator sebesar 4154,66 kkal/jam

Jadi secara keseluruhan dapat disimpulkan bahwa mesin penyegaran udara (AC) yang terpasang pada kendaraan Bus Besar yang menjadi objek penelitian Kompresornya sudah tidak layak untuk dapat digunakan.

## 5.2 Saran

Demi menjaga agar penumpang tetap merasakan kenyamanan dalam berkendara maka disarankan :

1. Diadakan perawatan secara rutin terhadap sistem penyegaran udara setiap periode waktu tertentu, terutama sesuai waktu yang ditetapkan oleh manual book pabrikaan.
2. Jumlah penumpang yang diangkut agar sesuai dengan kapasitas tempat duduk yang tersedia agar mesin penyegaran udaranya tidak mengalami pembebanan lebih (*over load*) beban kalornya.
3. Perawatan dan perbaikan terhadap sistem penyegaran udaranya agar diberikan kepada pihak yang berkompeten.
4. Segera dilakukan penggantian terhadap kompresor dengan daya di atas 11,95 Kw. (Kapasitas 10 s/d 15 Kw).

5. Holman Jp. “ Perpindahan Kalor” , Erlangga, Jakarta 1993.
6. Iwan Kurniawan, “Merawat dan Memperbaiki AC”, Puspa Swara, Jakarta 2000.
7. Sumanto, “ Dasar-dasar Mesin Pendingin”, Andi, Yogyakarta, 2004.
8. Thermo King Coop. “ Maintenance Manual”, Thermo King 1989.
9. Wibert F. Stoecker dan Supratman Hara, “ Refrigerasi dan Pengkondisian Udara” Erlangga, Jakarta 1992.
10. Wibert F. Stoecker and Jerorl W. Jones, “ Refrigeration and Air Conditioning”, Mc. Grow Hill Book Company, 1982.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Althouse, Turnquist, Bracciano, 2003, Modern Refrigeration & Air Conditioning, Instructor Manual with answer Key, The Goodheard-Willcox Company, USA.
2. Arismunandar dan Heizo, “Penyegaran Udara”, Paradnya Paramita, Jakarta 1981.
3. Carrier Air Co, “Hand Book of Air Conditionin System”, Mc. Graw-Hill Book Company, New York 1965.
4. Edwin P. Anderson, “Refrigeration and Air Conditioning Guide – I” Howard W. Sams And Co., Inc; Indianapolis, Indiana 1966.