

## **TUGAS AKHIR**

### **ANALISA SISTEM PENGKONDISIAN UDARA PADA BUS ANTAR KOTA ANTAR PROVINSI DENGAN KAPASITAS 41 ORANG**

**Diajukan guna melengkapi sebagian syarat  
dalam mencapai gelar Sarjana Strata Satu (S1)**



**Di susun oleh :**

**Nama : Lugut Dwi Kisworo**  
**NIM : 01303-062**  
**Program Studi : Teknik Mesin**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA**

**2011**

## **TUGAS AKHIR**

# **ANALISA SISTEM PENGKONDISIAN UDARA PADA BUS ANTAR KOTA ANTAR PROVINSI DENGAN KAPASITAS 41 ORANG**

**Diajukan guna melengkapi sebagian syarat  
dalam mencapai gelar Sarjana Strata Satu (S1)**



**Di susun oleh :**

**Nama : Lugut Dwi Kisworo**  
**NIM : 01303-062**  
**Program Studi : Teknik Mesin**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA  
2011**

## LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Lugut Dwi Kisworo  
N.I.M : 01303-062  
Jurusan : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknologi Industri  
Judul Skripsi : Analisa Sistem Pengkondisian Udara  
Pada Bus Antar Kota Antar Provinsi  
Dengan Kapasitas 41 Orang.

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan Skripsi yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Skripsi ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib di Universitas Mercu Buana.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

**Penulis,**

( Lugut Dwi Kisworo)

# **LEMBAR PENGESAHAN**

## **Analisa Sistem Pengkondisian Udara Pada Bus Antar Kota Antar Provinsi Dengan Kapasitas 41 Orang**

Disusun Oleh :

Nama : Lugut Dwi Kisworo  
NIM : 01303-062  
Jurusan : Teknik Mesin

Pembimbing,

( Nanang Ruhyat, ST.MT )

Mengetahui,

Koordinator Tugas Akhir / Ketua Program Studi

( Dr. Abdul Hamid, M.Eng )

## ABSTRAK

Sistem pengkondisian udara (*Air Conditioning*) berfungsi untuk memberikan kenyamanan bagi penghuni ruangan melalui proses pengaturan temperatur, kelembaban, kebersihan, dan pendistribusiannya secara serentak dalam ruangan tersebut. Dalam Tugas Akhir ini akan menganalisa sistem pengkondisian udara yang bekerja pada bus antar kota antar provinsi. Beban pendinginan yang terjadi pada bus antar kota antar provinsi terdiri dari beban luar, beban dalam, dan infiltrasi (perembesan udara luar). Beban luar yang terjadi pada bus yaitu beban pendinginan yang terjadi secara konveksi dan konduksi serta radiasi dari matahari, beban dalam yang terjadi pada bus yaitu beban pendinginan yang terjadi karena kalor yang dikeluarkan dari penumpang dan lampu-lampu penerangan, dan beban infiltrasi yaitu beban pendinginan yang terjadi karena udara lingkungan yang masuk kedalam ruangan penumpang melalui celah atau pintu bus yang digunakan untuk keluar masuknya penumpang selama bus beroperasi.

Pada Tugas Akhir ini akan menghitung faktor-faktor yang mempengaruhi beban pendinginan pada bus tersebut. Selain itu juga memperhitungkan *Refrigeration Effect* (RE), kerja kompresor ( $q_{komp}$ ), dan *Coefficient Of Performance* (COP) dari mesin pendingin pada bus tersebut. Sebelum melakukan perhitungan-perhitungan yang telah disebutkan sebelumnya, harus dilakukan pengukuran-pengukuran temperatur bagian yang akan dihitung dengan waktu yang berbeda-beda yaitu pada pukul 06:00, 13:00, dan 17:00, serta mengetahui terlebih dahulu kapasitas dari mesin pendingin yang digunakan. Sehingga dapat diketahui optimum atau tidaknya kapasitas mesin pendingin untuk mengatasi faktor-faktor yang mempengaruhi beban pendinginan pada bus antar kota antar provinsi tersebut.

Setelah melakukan perhitungan faktor yang mempengaruhi beban pendinginan pada waktu yang berbeda-beda maka didapat bahwa kapasitas mesin pendingin sebesar 28.810 kcal/jam untuk beban pendinginan pada pukul 06:00 sebesar 5.234,633 kcal/jam adalah kelebihan, pada pukul 13:00 sebesar 28.719,249 adalah optimum, dan pada pukul 17:00 sebesar 14.761,762 kcal/jam adalah kelebihan. Dan COP dari mesin pendingin pada waktu yang berbeda cukup baik karena memiliki nilai diatas 4 yaitu pada pukul 06:00 adalah 7,57, pukul 13:00 adalah 5,43, dan pukul 17:00 adalah 5,96.

## NOTASI

<b>Simbol</b>	<b>Besaran</b>	<b>Satuan</b>
A	Luas Permukaan Dinding Bus	$m^2$
$A_1$	Luas Pintu dan Dinding Bus	$m^2$
$A_2$	Luas Dinding Belakang	$m^2$
$A_3$	Luas Atap Bus	$m^2$
$A_4$	Luas Lantai Bus	$m^2$
$A_k$	Total Luas Kaca	$m^2$
B	Koefisien Angin	-
CLF	Cooling Load Factor = 0,58	-
COP	Coefficient Of Performance	-
ERSH	Effective Room Sensible Heat	kcal/jam
$h_i$	Koefisien Perpindahan Panas Udara Ruangan Bus	$W/(m^2.K)$
$h_o$	Koefisien Perpindahan Panas Udara Luar Bus	$W/(m^2.K)$
H	Jumlah Panas yang dipancarkan	-
J	Radiasi Total Matahari	$W/m^2$
$k_1, k_2, k_3$	Konduktivitas Bahan pada Badan Bus	$W/(m^2.K)$
No	Jumlah Penumpang Bus	-
$q_{komp}$	Kerja Kompresor	$kJ/kg$

Q	Panas yang Terjadi Secara Konveksi dan Konduksi	kcal/jam
	1 kW dapat menghasilkan 860 kcal/jam	
	1 W dapat menghasilkan 0,86 kcal/jam	
Q/L	Infiltrasi Spesifik	m <sup>3</sup> /h.cm <sup>2</sup>
RE	Refrigerating Effect	kJ/kg
RH	<i>Relative Humidity</i> (Kelembaban Relatif)	%
Rs	Koefisien Perpindahan Panas Untuk Seluruh Permukaan Dinding = 0,058 [W/(m <sup>2</sup> .°C)]	[W/(m <sup>2</sup> .°C)]
Te <sub>surya</sub>	Temperatur Ekuivalen Matahari	°C
T <sub>i</sub>	Temperatur Udara Ruangan dalam Bus	K
T <sub>o</sub>	Temperatur Udara Luar	K
T <sub>SAT</sub>	Temperatur Udara Matahari ( <i>Sol Air Temperature</i> )	K
V	Kecepatan Udara	m/s
$\alpha_{\text{warna}}$	Absorptivitas Warna Permukaan Dinding	-
$\Delta t$	Perbedaan Temperatur Udara Luar dengan Ruangan	-
$\sigma$	Konstanta Stefan-Boltzmann 5,669 x 10 <sup>-8</sup>	[W/(m <sup>2</sup> .K <sup>4</sup> )
$\varepsilon$	Emisivitas Bahan	-
$\tau$	Faktor transmisi bagian transparan/kaca	-

## KATA PENGANTAR

**Assalamu'alaikum Wr. Wb.**

Dengan penuh ketulusan penulis mengucapkan segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Dalam Tugas Akhir ini penulis mengambil tema tentang analisis sistem pengkondisian udara pada bis antar kota antar provinsi dengan kapasitas 41 orang. Karena tema ini dirasakan sangat diperlukan untuk memberikan kenyamanan dalam memperoleh udara segar selama menempuh perjalanan yang cukup jauh bagi pengendara dan penumpang bis antar kota antar provinsi. Selain itu analisis ini juga diperlukan untuk mengetahui dan memperhitungkan seberapa besar beban pendinginan yang diperoleh melalui faktor-faktor beban pendinginan yang mempengaruhi bis tersebut, sehingga dengan segala macam perhitungan beban pendinginan yang mempengaruhi bis dapat diperoleh optimum atau tidaknya kapasitas dari sistem pengkondisian udara (*Air Conditioning*) tersebut terhadap beban-beban pendinginannya.

Walaupun penulisan Tugas Akhir ini belum dapat memberikan sesuatu yang signifikan untuk ilmu pengetahuan, namun dengan segala kerendahan hati, penulis mempersembahkannya, dan semoga hal ini kiranya dapat membawa manfaat bagi kita semua.

Setiap hasil karya, suatu prestasi, kesuksesan atau kemajuan selalu membutuhkan usaha dan perjuangan. Selalu ada harga yang harus dibayar untuknya. Namun, setiap prestasi juga tidak terlepas dari keterlibatan dan campur tangan banyak pihak, seperti juga dengan halnya penulisan Tugas Akhir ini akhirnya dapat terselesaikan karena dukungan yang luar biasa dari mereka, dan tiada kata yang lebih pantas, selain ucapan terima kasih setulus-tulusnya kepada :

1. Allah SWT yang begitu mengasihi saya, yang selalu memberikan kekuatan, damai sejahtera, bimbingan, hikmat, serta berkah yang melimpah.



2. Ayah dan ibu tercinta beserta seluruh keluarga saya, dengan penuh kesabaran yang tiada henti dalam sebuah penantian yang telah begitu mencintai dan mendidik saya dengan dasar-dasar yang benar, dan saling menguatkan dalam proses pertumbuhan hidup ini, dan juga telah banyak memberikan semangat serta doa yang selalu mengalir dalam setiap langkah kehidupan saya.
3. Rany Aulya, kekasih tersayang pujaan hatiku, yang begitu mendukung dan memberikan kekuatan, serta harapan di setiap doanya.
4. Bapak Nanang Ruhyat, ST.MT selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak memberikan waktu dan ilmu pengetahuan selama penulisan Tugas Akhir ini serta memperkenankan penulis untuk mengambil tema ini sehingga penulisan Tugas Akhir ini akhirnya dapat terselesaikan.
5. Bapak Dr. Abdul Hamid, M.Eng selaku kaprodi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Mercu Buana.
6. Bapak Dr. Abdul Hamid, M.Eng selaku Koordinator Tugas Akhir.
7. Seluruh dosen Fakultas Teknologi Industri Universitas Mercu Buana yang telah memberikan ilmu pengetahuan selama kegiatan perkuliahan.
8. Bapak Ir. Dedy Setiawan, selaku Kepala Bidang Teknik di P.O. Sindoro Satriamas Tanah Merah Jakarta yang telah memberikan izin untuk melakukan Tugas Akhir dan telah banyak membimbing serta membantu memberikan data-data untuk penulisan sehingga Tugas Akhir ini dapat terwujud.
9. Teman-teman lingkaran mesin 2003 yang begitu baik, yang tidak bisa saya sebutkan semuanya satu persatu, yang telah banyak memberikan arahan, kritik, saran dan ikut serta dalam proses pertumbuhan diri.
10. Semua pihak yang telah banyak membantu baik secara fisik maupun mental hingga tersusunnya Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan-kekurangan yang disebabkan keterbatasan data dan penguasaan materi, demi kesempurnaan Tugas Akhir ini penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak.

Akhir kata semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada kita semua dan semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan banyak manfaat khususnya bagi rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Mesin dan bagi masyarakat industri pada umumnya, Amin.

**Wassalamu'alaikum Wr.Wb.**

Jakarta, Januari 2011

Penulis

## DAFTAR ISI

Halaman Judul .....	i
Lembar Pernyataan .....	ii
Lembar Pengesahan .....	iii
Abstrak.....	iv
Notasi .....	v
Kata Pengantar .....	vii
Daftar Isi .....	x
Daftar Tabel .....	xiv
Daftar Gambar.....	xv
<b>BAB I    PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang Penelitian .....	1
1.2 Rumusan Penelitian .....	3
1.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.4 Metode Penyelesaian Penelitian .....	4
1.5 Tujuan Penelitian .....	4
1.6 Sitematika Penulisan .....	4

## BAB II TEORI DASAR SISTEM PENGKONDISIAN UDARA

2.1 Pengenalan Mesin Pendingin .....	6
2.2 Kompresor.....	9
2.2.1 Berdasarkan Metode Kompresinya.....	9
2.2.2 Menurut Konstruksinya .....	16
2.3 Kondensor .....	17
2.3.1 Kondensor dengan Pendinginan Udara ( <i>Air Cooled</i> ) .....	17
2.3.2 Kondensor dengan Pendinginan Air ( <i>Water Cooled</i> ) .....	18
2.3.3 Kondensor dengan Pendinginan Campuran Udara dan Air ( <i>Evaporative</i> ) .....	21
2.4 Evaporator.....	22
2.4.1 Berdasarkan Konstruksinya .....	23
2.4.2 Berdasarkan Cara Kerja .....	26
2.4.3 Keadaan Refrigeran yang Ada di Dalamnya .....	28
2.5 Katup Ekspansi .....	29
2.5.1 Katup Ekspansi Manual .....	30
2.5.2 Katup Ekspansi Tekanan Konstan .....	30
2.5.3 Katup Ekspansi Termostatik.....	31
2.5.4 Katup Ekspansi Automatik .....	32
2.5.5 Pipa Kapiler .....	32
2.6 Sistem Distribusi Udara .....	33
2.7 Rancangan Saluran Udara ( <i>Duct</i> ) .....	33
2.8 Bentuk Penampang Saluran .....	33

2.9 Bahan Saluran Udara .....	34
2.10 Isolasi Saluran Udara .....	34
2.11 Kecepatan Aliran Udara.....	35
2.12 Sistem Saluran Udara.....	36
2.13 Menentukan Ukuran Saluran Udara.....	37
2.14 Lubang Keluar .....	38
2.15 Lubang Hisap .....	41

### BAB III ANALISA DAN PERHITUNGAN PENGKONDISIAN

#### UDARA DI BUS

3.1 Sistem Penyegaran Udara di Dalam Bus .....	43
3.2 Perhitungan Beban Pendinginan .....	44
3.3 Langkah Awal Penelitian.....	44
3.4 Diagram Pendinginan, Dimensi Bus dan Suhu.....	46
3.4.1 Diagram Pendinginan pada Bus.....	46
3.4.2 Data Dimensi Bus .....	47
3.4.3 Data Suhu.....	48
3.5 Rumus-rumus yang Digunakan Untuk Perhitungan Beban Pendinginan .....	51
3.5.1 Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi Secara Konveksi dan Konduksi .....	52
3.5.2 Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi Secara Radiasi dari Sinar Matahari Terhadap Bus .....	63

3.5.3 Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi Karena	
Panas yang Dikeluarkan Oleh Penumpang Bus.....	74
3.5.4 Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi Karena	
Panas yang Dikeluarkan Oleh Lampu Penerangan.....	75
3.5.5 Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi	
Panas yang Dihasilkan Karena Penyusupan/Perembesan	
Udara Luar ( <i>Infiltrasi</i> ).....	76
3.5.6 Perhitungan Beban Pendinginan Awal .....	79
3.5.7 Selisih Antara Beban Pendinginan Pada Waktu yang Berbeda	
dengan Kapasitas Mesin Pendingin .....	79
3.5.8 Perhitungan-perhitungan <i>Refrigerating Effect (RE)</i> Kerja	
Kompresor ( $q_{komp}$ ), dan <i>Coefficient Of Performance (COP)</i>	
Dengan Menggunakan Diagram P-h.....	81
3.6 Diagram Alir ( <i>Flow Chart</i> ) Analisa Sistem Pengkondisian	
Udara pada Bus .....	87
BAB IV KESIMPULAN DAN SARAN	
4.1 Kesimpulan .....	88
4.2 Saran .....	89
Daftar Pustaka.....	90

## DAFTAR TABEL

	Halaman	
Tabel 3.1	Hasil pengukuran suhu udara ruangan dan udara luar dari bus beserta kelembaban relatif (RH)	48
Tabel 3.2	Hasil pengukuran suhu tiap-tiap permukaan dinding luar pada bus	49
Tabel 3.3	Hasil pengukuran udara ruangan mesin yang dilakukan pada saat bus berhenti	50
Tabel 3.4	Jumlah radiasi total matahari pada waktu yang berbeda-beda	63
Tabel 4.1	Hasil Perhitungan Beban Pendinginan	77
Tabel 4.2	Beban Pendinginan Awal Pada Waktu yang Berbeda-beda	78
Tabel 4.3	Selisih beban pendinginan dengan kapasitas mesin pendingin	79
Tabel 4.4	Keadaan refrigeran didalam sistem pendingin pada tiap titik	81
Tabel 4.5	Hasil Perhitungan RE, $q_{komp}$ , dan COP	82

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Skema rangkaian utama mesin pendingin	7
Gambar 2.2 Konstruksi kompresor torak	9
Gambar 2.3 Konstruksi kompresor torak pada bus	10
Gambar 2.4 Mekanisme kompresor putar	12
Gambar 2.5 Penampang dua buah rotor sekrup	13
Gambar 2.6 Konstruksi kompresor sekrup	14
Gambar 2.7 Mekanisme kompresor sekrup	14
Gambar 2.8 Kondensor dengan koil bersirip plat	17
Gambar 2.9 Kondensor tabung dan pipa	18
Gambar 2.10 Kondensor tabung dan koil	19
Gambar 2.11 Kondensor koil pipa ganda	20
Gambar 2.12 Kondensor pendingin campuran ( <i>Evaporative</i> )	21
Gambar 2.13 <i>Bare Tube Evaporator</i> (Evaporator tabung dan koil)	22
Gambar 2.14 <i>Finned evaporator</i> pada bus antar kota antar provinsi	23
Gambar 2.15 <i>Shell Tube Evaporator</i> (Evaporator tabung dan pipa)	25
Gambar 2.16 Evaporator jenis ekspansi langsung pada bus	26
Gambar 2.17 Evaporator jenis ekspansi tidak langsung (menggunakan <i>Brine</i> )	27
Gambar 2.18 Dry expansion coil	27
Gambar 2.19 Evaporator jenis basah ( <i>Flooded coil</i> )	28
Gambar 2.20 Katup ekspansi manual	29
Gambar 2.21 Katup ekspansi thermostatic	31
Gambar 2.22 Lubang keluar jenis <i>nozzle</i>	38
Gambar 2.23 Lubang keluar jenis <i>punka</i>	38
Gambar 2.24 Lubang keluar jenis sudu	39
Gambar 2.25 Lubang keluar jenis celah	39
Gambar 2.26 Lubang keluar jenis panci	40



Gambar 2.27	Diffuser langit-langit	40
Gambar 3.1	Diagram pendinginan pada bus	45
Gambar 3.2	Skematik beban pendinginan pada <i>body</i> kiri, kanan, dan depan bus	52
Gambar 3.3	Skematik beban pendinginan pada <i>body</i> belakang bus	56
Gambar 3.4	Skematik beban pendinginan pada atap bus	58
Gambar 3.5	Skematik beban pendinginan pada lantai bus	60
Gambar 3.6	Diagram P-h untuk keadaan refrigeran pada waktu yang berbeda	82
Gambar 3.7	Diagram alir ( <i>Flow Chart</i> ) analisa sistem pengkondisian udara pada bus antar kota antar provinsi	87