

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 bis antar kota antar provinsi. Beban pendinginan yang terjadi pada bis antar kota antar provinsi terdiri dari beban luar, beban dalam, dan infiltrasi (perembesan udara luar). Beban luar yang terjadi pada bis yaitu beban pendinginan yang terjadi secara konveksi dan konduksi serta radiasi dari matahari, beban dalam yang terjadi pada bis 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 bis yang digunakan untuk keluar masuknya penumpang selama bis beroperasi.

Pada Tugas Akhir ini akan menghitung faktor-faktor yang mempengaruhi beban pendinginan pada bis tersebut. Selain itu juga memperhitungkan *Refrigeration Effect* (RE), kerja kompresor (q_{komp}), dan *Coefficient Of Performance* (COP) dari mesin pendingin pada bis 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 bis 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.

DAFTAR ISI

	Hal
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii

BAB I PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang Penelitian.....	I-1
I.2 Rumusan Penelitian.....	I-2
I.3 Ruang Lingkup Penelitian.....	I-2
I.4 Metode Penyelesaian Penelitian.....	I-2
I.5 Tujuan Penelitian	I-3
I.6 Sistematika Penulisan	I-3

BAB II DASAR TEORI SISTEM PENGKONDISIAN UDARA

II.1 Pengenalan Mesin Pendingin.....	II-1
II.2 Kompresor	II-4
II.2.1 Berdasarkan Metode Kompresinya	II-4
II.2.1.1 <i>Positive Displacement Compressor</i> (kompresor positif)	II-4
II.2.1.2 <i>Non Positive Displacement Compressor</i> (kompresor non positif)..	II-10
II.2.2 Menurut Konstruksinya.....	II-11
II.2.2.1 Kompresor Hermetik.....	II-11
II.2.2.2 Kompresor Semi Hermetik.....	II-12
II.2.2.3 Kompresor Terbuka.....	II-12
II.3 Kondensor	II-12
II.3.1 Kondensor Dengan Pendinginan Udara (<i>Air Cooled</i>)	II-12
II.3.2 Kondensor Dengan Pendinginan Air (<i>Water Cooled</i>)	II-13

II.3.2.1	Jenis Tabung dan Pipa.....	II-14
II.3.2.2	Jenis Tabung dan Koil.....	II-15
II.3.2.3	Jenis Pipa Ganda	II-16
II.3.3	Kondensor Dengan Pendinginan Campuran Udara dan air (<i>Evaporative</i>)...	II-16
II.4	Evaporator	II-17
II.4.1	Berdasarkan Konstruksinya.....	II-18
II.4.1.1	<i>Bare Tube Evaporator</i> (Evaporator tabung dan koil)	II-18
II.4.1.2	<i>Finned Evaporator</i>	II-18
II.4.1.3	<i>Plate surface Evaporator</i>	II-20
II.4.1.4	<i>Shell Tube Evaporator</i> (Evaporator tabung dan pipa)	II-20
II.4.2	Berdasarkan Cara Kerja.....	II-20
II.4.2.1	Sistem Ekspansi Langsung.....	II-20
II.4.2.2	Sistem Ekspansi Tidak Langsung.....	II-21
II.4.3	Keadaan Refrigeran yang Ada Di dalamnya	II-22
II.4.3.1	Evaporator Jenis Ekspansi Kering (<i>Dry Expansion coil</i>)	II-22
II.4.3.2	Evaporator Jenis Basah (<i>Flooded Coil</i>).....	II-23
II.5	Katup Ekspansi	II-23
II.5.1	Katup Ekspansi Manual.....	II-24
II.5.2	Katup Ekspansi Tekanan Konstan	II-24
II.5.3	Katup Ekspansi Termostatik.....	II-25
II.5.4	Katup Ekspansi Otomatis.....	II-26
II.5.5	Pipa Kapiler	II-26
II.6	Sistem Pendinginan dan Aplikasinya.....	II-26
II.7	Sistem Udara Penuh.....	II-27
II.7.1	Sistem Saluran Tunggal	II-27
II.7.1.1	Volume Konstan	II-28
II.7.1.2	Volume Variabel	II-30
II.7.1.3	Pemanas Ulang	II-30
II.7.2	Sistem Saluran Ganda.....	II-31
II.8	Sistem Air Penuh	II-32
II.9	Sistem Air Udara.....	II-32

II.9.1	Unit Koil Kipas.....	II-33
II.9.2	Unit Induksi.....	II-33
II.10	Sistem Penyegar Udara Tunggal.....	II-34
II.11	Macam-macam Aplikasi dari Sistem Pendingin.....	II-36
II.11.1	<i>Domestic Refrigeration</i>	II-36
II.11.2	<i>Commercial Refrigeration</i>	II-36
II.11.3	<i>Industrial Refrigeration</i>	II-36
II.11.4	<i>Transportation Refrigeration</i>	II-37
II.11.5	<i>Comfort Air Conditioning</i>	II-37
II.12	Sistem Distribusi Udara.....	II-38
II.13	Rancangan Saluran Udara (<i>Duct</i>).....	II-38
II.14	Bentuk Penampang Saluran Udara.....	II-38
II.15	Bahan Saluran Udara.....	II-39
II.16	Isolasi Saluran Udara.....	II-39
II.17	Kecepatan Aliran Udara.....	II-40
II.18	Sistem Saluran Udara.....	II-40
II.19	Menentukan Ukuran Saluran Udara.....	II-41
II.19.1	Metoda Kecepatan Sama.....	II-42
II.19.2	Metoda Gesekan Sama.....	II-42
II.19.3	Metoda Tekanan Total.....	II-42
II.19.4	Metoda Perencanaan Saluran Hisap.....	II-43
II.20	Lubang Keluar.....	II-43
II.20.1	Lubang Keluar Aliran Aksial.....	II-43
II.20.2	Lubang Keluar Aliran Radial.....	II-45
II.21	Lubang Hisap.....	II-46

BAB III METODOLOGI PERHITUNGAN

III.1	Sistem Penyegaran Udara di Dalam Bis.....	III-1
III.2	Perhitungan Beban Pendinginan.....	III-2
III.3	Langkah Awal Penelitian.....	III-2
III.4	Data Mesin Pendingin, Dimensi Bis dan Suhu.....	III-3

III.4.1	Diagram Pendinginan Pada Bis	III-3
III.4.1.1	Data Mesin Sistem Pengkondisian Udara	III-4
III.4.2	Data Dimensi Bis	III-4
III.4.3	Data Suhu	III-5
III.4.3.1	Data Suhu Udara Luar dan Ruang Bis	III-5
III.4.3.2	Data Suhu Permukaan Dinding bis	III-6
III.5	Rumus-Rumus yang Digunakan Untuk Perhitungan Beban Pendinginan.....	III-8
III.5.1	Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi Secara Konveksi dan Konduksi	III-9
III.5.1.1	Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi Secara Konveksi dan Konduksi Pada Badan Bis.....	III-9
III.5.1.2	Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi Secara Konveksi dan Konduksi Pada Bagian Transparan/Kaca Bis.....	III-9
III.5.2	Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi Secara Radiasi Dari Sinar Matahari Terhadap Bis	III-10
III.5.2.1	Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi Secara Radiasi Pada Bagian Badan (<i>Body</i>) Bis	III-11
III.5.2.2	Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi Secara Radiasi Pada Bagian Transparan/Kaca Bis	III-11
III.5.3	Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi Karena Panas yang Dikeluarkan Oleh Penumpang Bis	III-12
III.5.4	Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi Karena Panas yang Dikeluarkan Oleh Lampu Penerangan.....	III-13
III.5.5	Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi Karena Panas yang Dihasilkan Karena Penyusupan/Perembesan Udara Luar (<i>Infiltrasi</i>)	III-13
III.5.5.1	Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi Karena Panas Sensibel <i>Infiltrasi</i>	III-13
III.5.5.2	Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi Karena Panas Laten <i>Infiltrasi</i>	III-14

III.5.6	Perhitungan-perhitungan <i>Refrigerating Effect</i> (RE), Kerja Kompresor (q_{komp}), dan <i>Coefficient Of Performance</i> (COP) Dari Diagram P-h.....	III-14
III.5.7	Perhitungan Beban Pendinginan Awal	III-15
III.6	Pembahasan Dari Hasil Perhitungan Beban Pendinginan	III-15
III.7	Diagram Alir (<i>Flow Chart</i>) Analisa Sistem Pengkondisian Udara Pada bis	III-16

BAB IV HASIL PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

IV.1	Perhitungan Beban-Beban Pendinginan.....	IV-1
IV.2	Contoh Perhitungan Beban Pendinginan Pada Pukul 13:00	IV-1
IV.2.1	Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi Secara Konveksi dan Konduksi	IV-1
IV.2.1.1	Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi Secara Konveksi dan Konduksi Pada Permukaan Dinding Kiri, Depan, dan Kanan Bis.....	IV-1
IV.2.1.2	Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi Secara Konveksi dan Konduksi Pada Permukaan Dinding Belakang Bis	IV-5
IV.2.1.3	Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi Secara Konveksi dan Konduksi Pada Permukaan Atap Bis.....	IV-7
IV.2.1.4	Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi Secara Konveksi dan Konduksi Pada Lantai Bis.....	IV-9
IV.2.1.5	Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi Secara Konveksi dan Konduksi Pada Kaca/Bagian Transparan Bis	IV-11
IV.2.2	Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi Secara Radiasi Dari Sinar Matahari Terhadap Bis	IV-12
IV.2.2.1	Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi Secara Radiasi Terhadap	

	Dinding Sebelah Kiri, Kanan, dan Depan Bis	IV-13
IV.2.2.2	Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi Secara Radiasi Terhadap Permukaan Sebelah Belakang Bis	IV-14
IV.2.2.3	Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi Secara Radiasi Terhadap Permukaan Sebelah Atap Bis.....	IV-15
IV.2.2.4	Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi Secara Radiasi Terhadap Bagian Bawah/Lantai Bis.....	IV-16
IV.2.2.5	Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi Secara Radiasi Terhadap Kaca/Bagian Transparan Bis.....	IV-17
	IV.2.2.5.1 Perhitungan Panas Radiasi Pada Kaca Penumpang (Berfilm)	IV-18
	IV.2.2.5.2 Perhitungan Panas Radiasi Pada Kaca Pintu (berfilm)	IV-19
	IV.2.2.5.3 Perhitungan Panas Radiasi Pada Kaca Depan/Pengemudi (Tanpa Kaca Film)	IV-20
IV.2.3	Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi Karena Panas yang Dikeluarkan oleh Penumpang Bis.....	IV-21
	IV.2.3.1 Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi Karena Panas yang Dikeluarkan Oleh Penumpang Bis Berupa Panas Laten.....	IV-21
	IV.2.3.2 Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi Karena Panas yang Dikeluarkan Oleh Penumpang Bis Berupa Panas Sensibel.....	IV-22
IV.2.4	Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi Karena Panas yang Dikeluarkan Oleh Lampu Penerangan	IV-22
IV.2.5	Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi	

Karena Panas yang	
Dihasilkan Karena Penyusupan (Infiltrasi).....	IV-22
IV.2.5.1 Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi	
Karena Panas Sensibel Infiltrasi	IV-23
IV.2.5.2 Perhitungan Beban Pendinginan yang Terjadi	
Karena Panas Laten Infiltrasi	IV-23
IV.2.6 Tabel Hasil Perhitungan Beban Pendinginan Total	
yang Terjadi Didalam Bis.....	IV-24
IV.2.7 Perhitungan Beban Pendinginan Awal.....	IV-25
IV.3 Selisih Antara Beban Pendinginan Pada Waktu yang Berbeda	
Dengan Kapasitas Mesin Pendingin.....	IV-25
IV.4 Perhitungan-Perhitungan <i>Refrigeration Effect</i> (RE), Kerja Kompresor (q_{komp}),	
Dan <i>Coefficient Of Performance</i> (COP) Dengan Menggunakan Diagram P-h.....	IV-26
IV.5 Pembahasan Hasil Perhitungan.....	IV-29
IV.5.1 Pembahasan Hasil Perhitungan Beban Pendinginan	
Pada Waktu yang Berbeda-beda.....	IV-29
IV.5.2 Pembahasan Selisih Antara Beban Pendinginan	
Dengan Kapasitas Mesin Pendingin.....	IV-30
IV.5.3 Pembahasan Keadaan Refrigeran (Bahan Pendingin)	
Dalam Sistem (RE, q_{komp} , dan COP)	
Pada temperatur Lingkungan yang Berbeda-beda.....	IV-31

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan.....	V-1
V.2 Saran.....	V-2

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN-LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema rangkaian utama mesin pendingin.....	II-3
Gambar 2.2	Siklus refrigerasi dalam diagram P-h	II-3
Gambar 2.3	Konstruksi kompresor torak.....	II-5
Gambar 2.4	Konstruksi kompresor pada bis	II-6
Gambar 2.5	Mekanisme kompresor putar	II-8
Gambar 2.6	Penampang dua buah rotor kompresor sekrup	II-9
Gambar 2.7	Konstruksi kompresor sekrup	II-10
Gambar 2.8	Mekanisme kompresor sekrup.....	II-10
Gambar 2.9	Kondensor dengan koil bersirip plat	II-13
Gambar 2.10	Kondensor tabung dan pipa.....	II-14
Gambar 2.11	Kondensor tabung dan koil	II-15
Gambar 2.12	Kondensor koil pipa ganda	II-16
Gambar 2.13	Kondensor pendingin campuran (<i>Evaporative</i>).....	II-17
Gambar 2.14	<i>Bare Tube Evaporator</i> (Evaporator tabung dan koil).....	II-18
Gambar 2.15	<i>Finned evaporator</i> pada bis.....	II-19
Gambar 2.16	<i>Shell Tube Evaporator</i> (Evaporator tabung dan pipa).....	II-20
Gambar 2.17	Evaporator jenis ekspansi langsung pada bis.....	II-21
Gambar 2.18	Evaporator jenis ekspansi tidak langsung (menggunakan <i>Brine</i>).....	II-22
Gambar 2.19	<i>Dry Expansion Coil</i>	II-22
Gambar 2.20	Evaporator jenis basah (<i>Flooded coil</i>).....	II-23
Gambar 2.21	Katup ekspansi manual.....	II-24
Gambar 2.22	Katup ekspansi thermostatik.....	II-25
Gambar 2.23	Sistem udara penuh	II-28
Gambar 2.24	Sistem <i>Zoning</i> (pembagian daerah)	II-29
Gambar 2.25	Sistem unit tiap tingkat	II-30
Gambar 2.26	Sistem pemanas terminal	II-31
Gambar 2.27	Sistem saluran ganda	II-31

Gambar 2.28	Sistem air udara	II-33
Gambar 2.29	Unit koil kipas udara.....	II-34
Gambar 2.30	Sistem penyegar udara jenis paket	II-35
Gambar 2.31	Sistem penyegar udara jenis <i>window</i>	II-35
Gambar 2.32	Lubang keluar jenis <i>nozzle</i>	II-44
Gambar 2.33	Lubang keluar jenis <i>punka</i>	II-44
Gambar 2.34	Lubang keluar jenis <i>sudu</i>	II-44
Gambar 2.35	Lubang keluar jenis <i>celah</i>	II-45
Gambar 2.36	Lubang keluar jenis <i>panci</i>	II-45
Gambar 2.37	Diffuser langit-langit.....	II-46
Gambar 3.1	Diagram pendinginan pada bis.....	III-3
Gambar 3.2	Diagram alir (<i>Flow Chart</i>) analisa sistem pengkondisian udara pada bis.....	III-16
Gambar 4.1	Skematik beban pendinginan pada <i>body</i> kiri, kanan, dan depan bis	IV-1
Gambar 4.2	Skematik beban pendinginan pada <i>body</i> belakang bis.....	IV-6
Gambar 4.3	Skematik beban pendinginan pada atap bis.....	IV-8
Gambar 4.4	Skematik beban pendinginan pada lantai bis.....	IV-10
Gambar 4.5	Diagram P-h untuk keadaan refrigeran pada waktu yang berbeda.....	IV-27

DAFTAR TABEL

Tabel 3-1	Hasil pengukuran suhu udara ruangan dan udara luar dari bis beserta kelembaban relatif (RH).....	III-6
Tabel 3-2	Hasil pengukuran suhu tiap-tiap permukaan dinding luar pada bis.....	III-7
Tabel 3-3	Hasil pengukuran udara ruangan mesin yang dilakukan pada saat bis berhenti	III-8
Tabel 3-4	Jumlah radiasi total matahari pada waktu yang berbeda-beda	III-10
Tabel 4-1	Hasil Perhitungan Beban Pendinginan	IV-24
Tabel 4-2	Beban Pendinginan Awal Pada Waktu yang Berbeda-beda.....	IV-25
Tabel 4-3	Selisih beban pendinginan dengan kapasitas mesin pendingin	IV-25
Tabel 4-4	Keadaan refrigeran didalam sistem pendingin pada tiap titik	IV-27
Tabel 4-5	Hasil Perhitungan RE, q_{komp} , dan COP	IV-28

