TUGAS AKHIR

PERANCANGAN SISTEM PENDINGINAN DAN PEMANASAN (REFRIGERASI DAN PENGKONDISIAN UDARA) UNTUK RUANG PASIEN DAN LABORATORIUM DI RUMAH SAKIT UMUM PEKALONGAN

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S1) Jurusan Teknik Mesin

Disusun oleh :

NAMA : Mufti Setiawan

NIM : 0130311-117

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

UNIVERSITAS MERCU BUANA

JAKARTA

2005

LEMBAR PENGESAHAN

Nama	:	Mufti Setiawan
NIM	:	0130311-117
Fakultas	:	Teknologi Industri
Jurusan	:	Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir	:	**PERANCANGAN SISTEM PENDINGINAN DAN PEMANASAN (REFRIGERASI DAN PENGKONDISIAN UDARA) UNTUK RUANG PASIEN DAN LABORATORIUM DI RUMAH SAKIT UMUM PEKALONGAN**

Tugas akhir ini telah disetujui dan diterima sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik, jenjang pendidikan Strata-1, Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Mesin.

Jakarta, Juli 2005

Pembimbing

(DR. Mardani Ali Sera M.Eng)

LEMBAR PENGESAHAN

Nama	:	Mufti Setiawan
NIM	:	0130311-117
Fakultas	:	Teknologi Industri
Jurusan	:	Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir	:	**PERANCANGAN SISTEM PENDINGINAN DAN PEMANASAN (REFRIGERASI DAN PENGKONDISIAN UDARA) UNTUK RUANG PASIEN DAN LABORATORIUM DI RUMAH SAKIT UMUM PEKALONGAN**

Tugas akhir ini telah disetujui dan diterima sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik, jenjang pendidikan Strata-1, Fakultas Teknologi Industri, Jurusan Teknik Mesin.

Jakarta, Juli 2005

Koordinator Tugas Akhir

(Ir. Ruli Nutranta M.Eng)

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama	:	Mufti Setiawan
NIM	:	0130311-117
Fakultas	:	Teknologi Industri
Jurusan	:	Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir	:	**PERANCANGAN SISTEM PENDINGINAN DAN PEMANASAN (REFRIGERASI DAN PENGKONDISIAN UDARA) UNTUK RUANG PASIEN DAN LABORATORIUM DI RUMAH SAKIT UMUM PEKALONGAN**

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil kerja saya sendiri dan tidak menyadur sebagian atau seluruhnya dari karya orang lain kecuali pada bagian yang telah disebutkan sumbernya.

Jakarta, Juli 2005

Mufti Setiawan

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, hanya karena rahmat dan hidyah-Nya kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir kami yang berjudul : "PERANCANGAN SISTEM PENDINGINAN DAN PEMANASAN (REFRIGERASI DAN PENGKONDISIAN UDARA) UNTUK RUANG PASIEN DAN LABORATORIUM DI RUMAH SAKIT UMUM PEKALONGAN" ini tepat pada waktunya.

Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan syarat mengikuti ujian Sarjana Teknik Mesin, Universitas Mercu Buana Jakarta.

Terwujudnya Tugas Akhir ini, tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini kiranya tidaklah terlalu berlebihan apabila kami mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. Yuriadi Kusuma Msc, selaku Ketua Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Mercu Buana Jakarta.
2. DR. Mardani Ali Sera M.Eng, selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membantu dalam penyusunan tugas Akhir ini.
3. Seluru staff pengajar dan Civitas Academica Universitas Mercu Buana Jakarta.
4. Rekan-rekan seperjuangan mahasiswa Teknik Mesin yang telah banyak membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini, yang tidak mampu kami sebutkan satu persatu.

5. Kedua orang tua serta kakak tercinta yang banyak memberikan dorongan, pengorbanan serta doa restu sejak mengikuti perkuliahan hingga menyelesaikan Tugas Akhir ini.

6. Istriku tercinta yang banyak memberikan pengorbanan serta doa restu sejak mengikuti perkuliahan hingga menyelesaikan Tugas Akhir ini.

7. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Karena kami sadar, tanpa bantuannya mungkin kami tidak akan dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini dengan baik. Mudah-mudahan segala amal baik dan pengorbanan Bapak, Ibu, Saudara yang telah diberikan kepada kami mendapat imbalan yang lebih besar dari Allah SWT.

Akhirnya kami menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu saran dan kritik yang membangun sangat kami harapkan.

Harapan kami semoga Tugas Akhir ini berguna dan bermanfaat bagi kami khususnya, bagi pembaca dan dunia pendidikan pada umumnya.

Jakarta, Juli 2005

Penyusun

DAFTAR ISI

Halaman

LEMBAR PENGESAHAN i

LEMBAR PENGESAHAN ii

LEMBAR PERNYATAAN iii

KATA PENGANTAR iv

ABSTRAK vi

DAFTAR ISI vii

DAFTAR TABEL x

DAFTAR GAMBAR DAN DIAGRAM xi

DAFTAR LAMPIRAN xiii

DAFTAR NOTASI xiv

BAB I. PENDAHULUAN 1

1.1. LATAR BELAKANG 1

1.2. RUMUSAN MASALAH 3

1.3. MAKSUD DAN TUJUAN 3

1.4. BATASAN MASALAH 4

1.5. METODOLOGI PERANCANGAN 4

1.6. SISTEMATIKA PENULISAN 5

BAB II. DASAR TEORI 6

2.1. DIAGRAM PSIKOMETRI 6

2.2. PRINSIP KERJA MESIN PENDINGIN 9

2.3. DAUR REFRIGERASI KOMPRESI UAP 11

2.4. KOMPONEN-KOMPONEN UTAMA MESIN PENDINGIN 15
2.4.1. Kompresor 15
2.4.2. Kondensor 19
2.4.3. Alat Ekspansi 23
2.4.4. Evaporator 29
2.5. REFRIGERAN 33
2.6. KIPAS UDARA DAN BLOWER 39
2.7. BEBAN PENDINGINAN DAN PEMANASAN 43
BAB III. DASAR PERANCANGAN 47
3.1. ANALISA PERHITUNGAN BEBAN 47
3.2. PENENTUAN SUHU EVAPORASI DAN KONDENSASI 55
3.3. ANALISA PEMILIHAN DAN PERHITUNGAN KOMPRESOR 56
3.4. ANALISA PEMILIHAN DAN PERHITUNGAN KONDENSOR 58
3.5. ANALISA PEMILIHAN DAN PERHITUNGAN ALAT EKSPANSI 65
3.6. ANALISA PEMILIHAN DAN PERHITUNGAN EVAPORATOR 67
3.7. ANALISA PEMILIHAN DAN PERHITUNGAN KIPAS UDARA 72
3.8. ANALISA PERHITUNGAN HEATER (PEMANAS) 73

BAB IV. ANALISA PERANCANGAN DAN PERHITUNGAN 75

4.1. ANALISA PERHITUNGAN BEBAN 75

4.1.1. Transmisi Termal Dinding 76

4.1.2. Beban Perembesan Udara (Infiltrasi) dan Ventilasi ... 78

4.1.3. Beban dari Dalam Ruangan (Internal Loads) 80

4.1.4. Beban Panas Matahari Melalui Permukaan Tembus Cahaya 81

4.1.5. Beban Panas Matahari pada Permukaan Tak Tembus Cahaya (Opaque Surface) 82

4.1.6. Suhu untuk ruang laboratorium (pendinginan) 84

4.1.7. Suhu untuk ruang pasien (pemanasan) 87

4.2. ANALISA PERHITUNGAN KOMPRESOR 91

4.3. ANALISA PERHITUNGAN KONDENSOR 93

4.4. ANALISA PERHITUNGAN ALAT EKSPANSI 99

4.5. ANALISA PERHITUNGAN EVAPORATOR 101

4.6. ANALISA PEMILIHAN DAN PERHITUNGAN KIPAS UDARA 108

4.7. ANALISA PEMILIHAN DAN PERHITUNGAN HEATER (PEMANAS) 109

BAB V. PENUTUP 111

5.1. KESIMPULAN 111

5.2. SARAN 112

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

2.1. Kondisi perancangan untuk pendinginan 9

2.2. kondisi perancangan untuk pemanasan 9

2.3. Beberapa refrigeran halokarbon 35

2.4. Beberapa refrigeran anorganik 36

2.5. Refrigeran hidrokarbon 36

2.6. Karakteristik termodinamik sejumlah refrigeran 37

2.7. Jenis dan penggunaan refrigeran 39

3.1. Hambatan termal dari suatu satuan luas permukaan bahan bangunan tertentu pada suhu rata-rata 24 °C 48

3.2. Hambatan termal dari suatu satuan luas permukaan bahan bangunan tertentu pada suhu rata-rata 24 °C 49

3.3. Kebutuhan udara luar untuk ventilasi 50

3.4. Efisiensi penyerapan debu ASHRAE (1-μm partikel) 51

3.5. Kalor sensibel dari peralatan listrik 52

3.6. Kalor sensibel dari orang dan faktor kelompok 53

3.7. Faktor perolehan kalor matahari (SHGF) untuk kaca 54

3.8. Koefisien peneduhan (shading coeficients) 54

3.9. Perbandingan beberapa kondensor 64

4.1. Kondisi perancangan untuk pendinginan 76

4.2. Kondisi perancangan untuk pemanasan 76

DAFTAR GAMBAR DAN DIAGRAM

2.1. Diagram psikometri 8

2.2. diagram tekanan entalpi suatu refrigeran 12

2.3. Daur kompresi uap standar dalam diagram tekanan entalpi beserta diagram alirannya 13

2.4. Daur kompresi uap nyata dibandingkan dengan daur standar 14

2.5. Penampang dua buah rotor kompresor sekrup 16

2.6. Kompresor sudu dari jenis roller 17

2.7. Kompresor dua sudu dan empat sudu 18

2.8. Kondensor berpendingin air berbentuk tabung dan pipa 20

2.9. Katup ekspansi termostatik dan diagram skematik dasarnya 26

2.10. Titik-titik keseimbangan dengan berbagai kondisi beban 27

2.11. Katup ekspansi tekanan konstan 28

2.12. Beban-beban penghangatan dan pendinginan 44

3.1. (a) Siri persegi empat dan (b) sirip gelang yang sesuai 61

3.2. Keefektifan sirip gelang, jari-jari luar r_e m dan jari-jari dam r_i m 61

4.1. Ruangan yang dikondisikan 75

4.2. Penampang dalam dinding 77

4.3. Sirip persegi pada evaporator 84

4.4. Sirip gelang yang sesuai pada evaporator 85

4.5. Sirip persegi pada kondensor 87

4.6. Sirip gelang yang sesuai pada kondensor 88

4.7. Daur kompresi uap standar rancangan 90

5.1. Rancangan secara 3 dimensi 113

5.2. Skema rancangan 114

5.3. Rancangan pendistribusian udara 114

5.4. Proses aliran refrigeran 115

DAFTAR LAMPIRAN

1. Refrigeran 22 : sifat-sifat cairan dan uap jenuh.
2. Refrigeran 22 : sifat-sifat cairan dan uap jenuh (lanjutan).
3. Sifat-sifat uap gas panas lanjut.
4. Diagram tekanan entalpi panas lanjut refrigeran 22.
5. CLTD untuk dinding yang terkenan cahaya matahari.
6. CLTD untuk dinding yang terkenan cahaya matahari (lanjutan).
7. CLTD untuk dinding yang terkenan cahaya matahari (lanjutan).
8. Data cuaca di beberapa negra asia.
9. Sifat-sifat beberapa logam.
10. Beberapa jenis kipas udara dan karakteristiknya.
11. Jenis dan karakteristik beberapa refrigeran.
12. Daya hantar termal dan viskositas refrigeran.
13. Katalog ALCO thermo expansion valve.
14. Katalog ALCO thermo expansion valve.
15. Katalog ALCO thermo expansion valve.
16. Katalog ALCO thermo expansion valve.

DAFTAR NOTASI

A = luas permukaan [m^2]
A_i = luas permukaan dalam pipa (m^2).
A_m = luas permukaan rata-rata sekeliling pipa (m^2).
A_o = luas permukaan luar pipa (m^2).
A_p = luas permukaan utama (pipa) (m^2).
c_p = kalor spesifik fluida (J/kg.K).
C = konstanta (0,023).
CLTD = Cooling Load Temperature Difference
D = diameter dalam (DD) pipa (m).
h_i = koefisien perpindahan kalor di dalam pipa ($W/m^2.K$).
h_f = koefisien perpindahan kalor sisi-udara ($W/m^2.K$)
h_1 = entalpi saat meninggalkan evaporator (kW/kg)
h_2 = entalpi saat keluar kompresor (kW/kg)
h_3 = entalpi saat memasuki evaporator (kW/kg)
h_4 = entalpi saat memasuki evaporator (kW/kg)
I_s = menyatakan sensibel dalam
I_l = menyatakan laten dalam
k = daya hantar termal fluida (W/m.K).
K_t = faktor koreksi.
$K_{\Delta p}$ = faktor koreksi
L = panjang sirip (jarak sirip dari dasar) (m)
LMTD = Perbedaan temperatur rata-rata antar refrigeran dan fluida (°C).
m = massa fluida (kg)
M = angka Mach sirip (M^1)
P = daya (kW)
P_t = jumlah total tekanan akibat kipas udara (mm H_2O).
P_s = tekanan statik (mm H_2O).
P_v = tekanan dinamik (mm H_2O).
q = kalor yang diperlukan (kW).
q_{sg} = energi matahari yang menembus permukaan (W)
q_w = energi matahari yang menembus permukaan (W)
Q = laju aliran volumetrik udara luar (L/s)
Q_n = kapasitas nominal katup ekspansi (kW)
R^*_{tot} = hambatan termal total [K/W]
SC = single heat (koefisien peneduhan)
t = waktu yang diperlukan (s).
$t_0 - t_1$ = beda suhu luar dan dalam (K)
t_c = temperatur kondensasi (°C).
t_i = temperatur fluida setelah melewati kondensor (°C).
t_o = temperatur fluida sebelum melewati kondensor (°C).
T = suhu sirip pada jarak x (°C)
T_∞ = suhu lingkungan (°C)
T_0 = suhu didasar sirip (°C)
U = koefisien perpindahan kalor total [$W/m^2.K$]

UA = $1/R^{*}_{tot}$ [W/K]
v = kecepatan udara (m/s).
U_o = koefisien perpindahan kalor total (W/m^2).
V = laju pemasukan udara untuk ventilasi (m/s)
V_r = laju aliran udara daur ulang (m/s)
V_m = laju udara luar minimum untuk penghuni tertentu dari tabel (m/s)
W = laju aliran masa (kg/s)
x = tebal pipa (m)
y = setengah tebal sirip (m)
$1/_{hff}$ = faktor pengotoran (m^2).
Δh_i = kerja kompresi isentropik (kW/kg)
ρ = rapat massa fluida (m/s).
μ = viskositas fluida (pa.s).
η = keefektifan sirip.