

# **TUGAS AKHIR**

## **ANALISIS SISTEM PENGKONDISI UDARA**

Disusun dan diajukan sebagai Tugas Akhir

Untuk memenuhi salah satu syarat penyelesaian studi strata satu (S1)

Di Universitas Kristen Indonesia

**DISUSUN OLEH :**

**NAMA : ISMAIL. M. LUBIS**

**NIM : 9851050007**



**FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN**

**UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA**

**JAKARTA**

**2003**



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA  
 FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN  
 JAKARTA

Nomor :

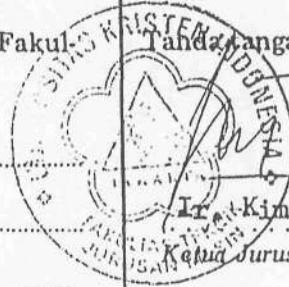
285/PA/1774/ET-UKI/109-02

SURAT TUGAS SARJANA

1. Dengan persetujuan Ketua/Sekretaris Jurusan Mesin Fakultas Teknik — UKI, maka :

Nama : Ismail

No. Pokok/NIRM : 9851050007



Tanda Tangan :

*[Handwritten Signature]*

Ir. Kimar Turnip, MS  
 Ketua Jurusan Mesin

berjanji akan menyelesaikan tugas ini dalam waktu yang ditentukan dengan kesungguhan, kreatifitas dan penuh tanggung jawab sesuai dengan kepribadian seorang Sarjana Teknik yang diharapkan daripadanya.

Catatan pembimbing:

2. Jenis Tugas : UTAMA

Spesifikasi tugas : Analisis sistem Perencanaan U-axe  
 - Pengumpulan data teknis A@ Split  
 - Pelajari sifat perpaduan helor untuk pipe bearing -  
 - Analisis sistem

Diberikan pada tanggal : 20pebru 2002

Selesai pada tanggal : 29 Oktober 2003

Dosen pembimbing : Ir. Gozen RS. Sitia

*[Handwritten Signature]*  
 Dosen Pembimbing

3. Pembayaran uang tugas pada tanggal : 18. November 2003

*[Handwritten Signature]*  
 (S. H. R. I. T. I.)  
 Bag Keuangan UKI

1. Telah diperiksa dan disetujui pada tanggal :

(.....)  
 Ketua Jurusan Mesin

5. Tugas selesai dan diterima pada tanggal :


(.....)  
 Ketua Jurusan Mesin

coret yang tidak perlu.

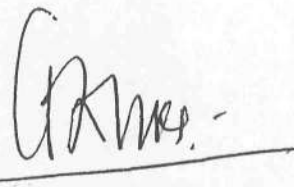
## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini telah disetujui dan disahkan untuk diajukan sebagai salah satu syarat untuk menempuh sidang sarjana strata satu Fakultas Teknik Jurusan Mesin Universitas Kristen Indonesia.

*Tugas disetujui dan disahkan*  
Disetujui oleh:




Ir. Victor M. Napitupulu, MS.  
Co. Dosen Pembimbing



Ir. Gozen R. S Sitio.  
Dosen Pembimbing

Disahkan oleh :



Ir. Kimar Turnip, MS.  
Ketua Jurusan Teknik Mesin

---

## ABSTRAK

Refrigerasi dan pengkondisian udara merupakan penerapan dari sistem perpindahan kalor dan termodinamika. Pengkondisi udara tersebut mempunyai komponen utama yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator. Kondensor dan evaporator merupakan suatu alat penukar kalor yang mempunyai cara kerja dan konstruksi yang sama tetapi mempunyai fungsi yang berbeda pada sistem pengkondisi udara. Pada kondensor terjadi kondensasi (pengembunan) akibat pelepasan kalor dan sedangkan pada evaporator terjadi penguapan sebagai akibat dari pemindah kalor dari sekitar. Konstruksi kondensor dan evaporator pada sistem pengkondisi udara ini adalah jenis tabung bersirip (finned tube) dengan aliran fluida berupa aliran silang (cross flow), antara fluida satu dengan fluida yang lain, yang dalam hal ini refrigeran sebagai fluida yang diembunkan atau diuapkan dan udara atau air sebagai media pendingin atau yang akan didinginkan.

Tugas Akhir ini bertujuan untuk menganalisa secara perhitungan dengan menggunakan rumus-rumus untuk membuat suatu sistem pengkondisi udara yang baik dan menganalisa termal yang terjadi pada sistem dengan menganggap kondisi evaporator dan kondensor dalam keadaan kering dan membandingkan dengan hasil pengujian.

---

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa dan Maha Pengasih, dalam segala berkat dan segala karunia-Nya yang telah diberikan kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “ANALISIS SISTEM PENGKONDISI UDARA”.

Tugas Akhir ini dibuat untuk melengkapi persyaratan menyelesaikan pendidikan srata satu di Fakultas Teknik Jurusan Mesin Universitas Kristen Indonesia.

Pada kesempatan ini saya mengucapkan banyak terima kasih kepada :

- Bapak Ir. Kimar Turnip, MS sebagai Ketua Jurusan dan stafnya yang telah banyak membantu saya guna terselesainya Tugas Akhir ini.
- Bapak Ir. Gozen R. S. Sitio sebagai Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
- Bapak Ir. Victor Napitupulu, MS sebagai Co. Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
- Keluarga saya yang telah banyak memberikan dorongan mental serta dorongan spiritual sehingga terselesainya Tugas Akhir ini.
- Bapak Pujo, sebagai Staff Laboratorium Fakultas Teknik Jurusan Mesin Universitas Kristen Indonesia atas segala pinjaman buku dan juga pinjaman referensinya yang telah saya gunakan pada Tugas Akhir ini.
- Seluruh rekan mahasiswa Fakultas Teknik Jurusan Mesin Universitas kristen Indonesia, terutama sekali rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknik Jurusan Mesin Universitas kristen Indonesia angkatan 98 yang telah membantu serta mendukung saya dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Akhir kata penulis menyadari dalam penulisan ini masih banyak dijumpai kekurangan, baik pada kualitas penyusunan maupun kuantitas penyusunan pada Tugas Akhir ini. Seperti ada pepatah mengatakan “Tak ada gading yang tak retak”. Oleh karena itu dengan lapang dada dan sangat terbuka saya sebagai penulis menerima segala kritik serta saran-saran yang bermanfaat demi penyempurnaan Tugas Akhir ini.

Semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi para rekan-rekan yang membutuhkannya.

Jakarta, 2003

( Ismail M. Lubis )

PENULIS

---

## DAFTAR ISI

<b>SURAT TUGAS</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR NOTASI</b> .....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar belakang masalah.....	1
1.2 Permasalahan .....	1
1.3 Batasan masalah .....	2
1.4 Rumusan masalah.....	2
1.5 Maksud dan tujuan penulisan.....	2
1.6 Metode dan cara penyelesaian masalah .....	2
1.7 Sistematika penulisan .....	3
<b>BAB II PENGKONDISI UDARA</b> .....	5
2.1 Kompresor.....	5
2.1.1 Klasifikasi kompresor .....	5
2.2 Kondensor .....	7
2.3 Katup ekspansi .....	8
2.3.1 Klasifikasi katup ekspansi.....	8
2.4 Evaporator .....	10
2.4.1 Klasifikasi evaporator .....	11
<b>BAB III SISTEM PENGKONDISI UDARA</b> .....	13

---

3.1 Siklus refrigerasi.....	13
3.2 Pemanasan dan pendinginan udara lembab pada permukaan yang diperluas.....	16
3.3 Beda temperatur rata-rata logaritma alat penukar kalor dengan aliran silang pada tabung bersirip .....	17
3.4 Efisiensi berbagai permukaan yang diperluas.....	26
3.5 Kofisien perpindahan kalor menyeluruh untuk tabung bersirip kering pada alat penukar kalor .....	31
3.6 Hubungan perpindahan kalor dengan luas permukaan dan bentuk geometri.....	35
3.7 Bilangan reynolds.....	37
3.8 Kofisien perpindahan kalor dalam tabung .....	39
3.9 Kofisien perpindahan kalor pada tabung bagian luar .....	40
3.10 Penurunan tekanan di dalam tabung .....	42
3.11 Penurunan tekanan di luar tabung .....	42
3.12 Penurunan tekanan di dalam pipa kapiler .....	43
3.13 Perpindahan kalor di dalam koil pendingin dengan permukaan basah.....	49
3.13.1 Efisiensi pada permukaan yang diperluas untuk pendinginan dan pengurangan kelembaban.....	51
3.13.2 Kofisien perpindahan kalor menyeluruh untuk tabung bersirip basah pada alat penukar kalor .....	53
3.13.3 Beda enthalpi rata-rata logaritma udara untuk tabung bersirip basah pada alat penukar kalor .....	55
<b>BAB IV ANALISIS SISTEM PENGKONDISI UDARA .....</b>	<b>57</b>
4.1 Evaporator.....	57
4.1.1 Perhitungan laju massa aliran refrigeran.....	60
4.1.2 Perhitungan luas permukaan perpindahan kalor .....	60



---

4.1.3	Perhitungan karakteristik permukaan sisi udara .....	61
4.1.4	Perhitungan bilangan reynolds.....	62
4.1.5	Perhitungan kofisien perpindahan kalor dalam tabung .....	63
4.1.6	Perhitungan kofisien perpindahan kalor pada tabung bagian luar .....	64
4.1.7	Perhitungan penurunan tekanan di dalam tabung .....	64
4.1.8	Perhitungan penurunan tekanan di luar tabung.....	65
4.1.9	Perhitungan efisiensi sirip .....	65
4.1.10	Perhitungan kofisien perpindahan kalor total evaporator.....	66
4.1.11	Perhitungan kapasitas evaporator .....	67
4.1.12	Perhitungan beda temperatur rata-rata .....	67
4.2	Kondensor .....	69
4.2.1	Perhitungan laju perpindahan kalor .....	71
4.2.2	Perhitungan luas total permukaan perpindahan kalor .....	71
4.2.3	Perhitungan karakteristik permukaan sisi udara .....	72
4.2.4	Perhitungan bilangan reynolds.....	73
4.2.5	Perhitungan kofisien perpindahan kalor dalam tabung .....	74
4.2.6	Perhitungan kofisien perpindahan kalor pada tabung bagian luar .....	75
4.2.7	Perhitungan penurunan tekanan di dalam tabung .....	75
4.2.8	Perhitungan penurunan tekanan di luar tabung.....	76
4.2.9	Perhitungan efisiensi sirip .....	77
4.2.10	Perhitungan kofisien perpindahan kalor total kondensor .....	77
4.2.11	Perhitungan kapasitas kondensor .....	78
4.2.12	Perhitungan beda temperatur rata-rata .....	78
4.3	Kompresor .....	79
4.4	Katup ekspansi .....	79

---

4.4.1	Perhitungan konversi massa .....	80
4.4.2	Perhitungan kecepatan rata-rata.....	82
4.4.3	Perhitungan bilangan reynolds.....	82
4.4.4	Perhitungan faktor gesekan .....	82
4.4.5	Perhitungan faktor gesekan rata-rata.....	83
4.4.6	Perhitungan panjang pipa kapiler.....	83
4.4.7	Perhitungan penurunan tekanan.....	86
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>88</b>
5.1	Kesimpulan .....	88
5.2	Saran .....	89
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>90</b>
<b>LAMPIRAN</b>		

---

## DAFTAR NOTASI

- $A$  = Luas penampang pipa kapiler bagian dalam ( $m^2$ )
- $A_0$  = Luas permukaan total perpindahan kalor ( $m^2$ )
- $A_i$  = Luas penampang dalam tabung ( $m^2$ )
- $A_p$  = Luas permukaan luar tabung ( $m^2$ )
- $A_{p,i}$  = Luas permukaan dalam tabung ( $m^2$ )
- $A_{p,o}$  = Luas permukaan luar tabung yang tidak tertutup akar sirip ( $m^2$ )
- $A_{p,m}$  = Luas permukaan tabung rata-rata ( $m^2$ )
- $A_f$  = Luas permukaan sirip ( $m^2$ )
- $A_{ff}$  = Luas frontal pada satu sisi ( $m^2$ )
- $A_{FB}$  = Luas permukaan akar sirip ( $m^2$ )
- $A_c$  = Luas aliran bebas sisi udara ( $m^2$ )
- $a$  = Jarak horizontal antara tabung (m)
- $b'_R$  = Nilai pada temperatur refrigeran (kJ/kg C)
- $b_{w,m}$  = Nilai pada temperatur rata-rata film (kJ/kg C)
- $b_w$  = Kofisien yang ditentukan pada temperatur lapisan air  $t_w$
- $c$  = Jarak transversal antara tabung (m)
- $c_p$  = Kalor spesifik fluida (kJ/kg C)
- $D$  = Diameter laluan atau tabung (m)
- $D$  = Diameter dalam pipa kapiler (m)
- $D_0$  = Diameter luar tabung (m)
- $D_i$  = Diameter dalam tabung (m)
- $D_m$  = Diameter rata-rata tabung (m)
- $D_h$  = Diameter hidraulik udara (m)

- F = Faktor koreksi
- f = Faktor gesekan (yang diperoleh dari diagram moody)
- $f_m$  = Faktor gesekan rata-rata
- $f_1$  = Faktor gesekan pada titik 1
- $f_2$  = Faktor gesekan pada titik 2
- G = Kecepatan aliran massa udara lembab per satuan luas ( $\text{kg/m}^2\text{s}$ )
- $G_a$  = Kecepatan aliran massa udara kering per satuan luas ( $\text{kg/m}^2\text{s}$ )
- g = Gravitasi bumi ( $\text{m/s}^2$ )
- h = Enthalpi ( $\text{kJ/kg}$ )
- h = Kofisien perpindahan kalor untuk temperatur udara ( $\text{W/m}^2 \text{ C}$ )
- $h_i$  = Kofisien perpindahan kalor konveksi dalam tabung ( $\text{W/m}^2 \text{ C}$ )
- $h_f$  = Entalpi cairan jenuh ( $\text{kJ/kg}$ )
- $h_g$  = Entalpi uap jenuh ( $\text{kJ/kg}$ )
- $h_{fg}$  = Enthalpi campuran cairan-uap ( $\text{kJ/kg}$ )
- $h_1$  = Enthalpi udara saturasi udara masuk pada  $t_{db1}$  dan  $t_{wb1}$  ( $\text{kJ/kg}$ )
- $h_2$  = Enthalpi udara saturasi udara keluar pada  $t_{db2}$  dan  $t_{wb2}$  ( $\text{kJ/kg}$ )
- $h_{c,0}$  = Kofisien konveksi permukaan luar ( $\text{W/m}^2 \text{ C}$ )
- $h_{0,w}$  = Kofisien perpindahan kalor daerah luar pada kondisi basah ( $\text{W/m}^2 \text{ C}$ )
- $h_{F,M}$  = Kofisien perpindahan kalor untuk temperatur rata-rata sirip ( $\text{W/m}^2 \text{ C}$ )
- $h_{F,B}$  = Kofisien perpindahan kalor untuk temperatur dasar sirip ( $\text{W/m}^2 \text{ C}$ )
- $h_{s,P}$  = Enthalpi udara saturasi yang ditentukan pada  $t_p$  ( $\text{kJ/kg}$ )
- $h_{s,R}$  = Enthalpi udara saturasi yang ditentukan pada  $t_R$  ( $\text{kJ/kg}$ )
- $\Delta h_m$  = beda enthalpi rata-rata logarithma udara ( $\text{kJ/kg}$ )
- $h_{s,R,1}$  = Enthalpi udara saturasi pada temperatur  $t_{R,1}$  ( $\text{kJ/kg}$ )
- $h_{s,R,2}$  = Enthalpi udara saturasi pada temperatur  $t_{R,2}$  ( $\text{kJ/kg}$ )

- $k$  = Konduktivitas termal sirip (W/m C)  
 $k$  = Konduktivitas termal udara (W/m C)  
 $k_w$  = Konduktivitas termal lapisan air (W/m C)  
 $k_p$  = Konduktivitas termal tabung (W/m C)  
 $k_f$  = Konduktivitas termal refrigeran (W/m C)  
 $k_F$  = Konduktivitas termal sirip (W/m C)  
 $k_d$  = Kedalaman kondensor (m)  
 $L$  = Panjang laluan aliran fluida (m)  
 $L$  = Total panjang tabung (m)  
 $L$  = Panjang aliran fluida (m)  
 $L$  = Tinggi radial sirip (m)  
 $L_x$  = Panjang tabung (m)  
 $L_y$  = Tinggi sirip (m)  
 $L_t$  = Panjang tabung (m)  
 $\Delta L$  = Panjang ruas pipa kapiler (m)  
 $m$  = Laju aliran massa (kg/s)  
 $n_f$  = Jumlah sirip per meter  
 $Nu$  = Bilangan Nusselt  
 $p$  = Tekanan (Pa)  
 $P$  = Perimeter (m)  
 $P$  = Nilai besaran  
 $Pr$  = Bilangan Prandtl  
 $P_d$  = Tekanan buang (Psia)  
 $P_s$  = Tekanan hisap (Psia)  
 $\Delta p$  = Penurunan tekanan (Pa)

- $P_{\text{kondensor}}$  = Tekanan pengembunan (Psia)
- $P_{\text{evaporator}}$  = Tekanan penguapan (Psia)
- $q_k$  = Laju pelepasan kalor (W)
- $q_e$  = Laju penyerapan kalor (W)
- $Q$  = Laju aliran volume ( $\text{m}^3/\text{s}$ )
- $r_h$  = Jari-jari hidraulik dalam tabung (m)
- $r_c$  = Perbandingan kompresi
- $r_1$  = Jari-jari luar tabung (m)
- $r_2$  = Jari-jari ekivalen (m)
- $R$  = Nilai besaran
- $Re$  = Bilangan Reynolds
- $Re_1$  = Bilangan Reynolds pada titik 1
- $Re_2$  = Bilangan Reynolds pada titik 2
- $t$  = Temperatur bola kering udara (C)
- $t'$  = Temperatur keluar fluida dingin (C)
- $t_h$  = Temperatur fluida panas (C)
- $t_c$  = Temperatur fluida dingin (C)
- $t_p$  = Temperatur tabung (C)
- $t_R$  = Temperatur refrigeran (C)
- $t_1$  = Temperatur masuk fluida dingin (C)
- $t_2$  = Temperatur keluar fluida dingin (C)
- $t_f$  = Temperatur fluida panas (C)
- $t_f$  = Tebal sirip (m)
- $t_{p,i}$  = Temperatur permukaan pipa bagian dalam (C)
- $t_{p,o}$  = Temperatur permukaan pipa bagian luar (C)

- $t_{F,M}$  = Temperatur rata-rata sirip (C)
- $t_{F,B}$  = Temperatur dasar sirip (C)
- $\Delta t_m$  = Beda temperatur rata-rata (C)
- $\Delta t_{m,cf}$  = Beda temperatur rata-rata logaritma (C)
- $T$  = Temperatur fluida panas (C)
- $T_1$  = Temperatur masuk fluida panas (C)
- $T_2$  = Temperatur keluar fluida panas (C)
- $U_0$  = Kofisien perpindahan kalor menyeluruh ( $W/m^2 C$ )
- $v$  = Volume spesifik ( $m^3/kg$ )
- $v_1$  = Volume spesifik udara masuk ( $m^3/kg$ )
- $v_2$  = Volume spesifik udara keluar ( $m^3/kg$ )
- $v_m$  = Volume spesifik rata-rata ( $m^3/kg$ )
- $v_v$  = Volume spesifik fluida uap ( $m^3/kg$ )
- $v_f$  = Volume spesifik cairan jenuh ( $m^3/kg$ )
- $v_g$  = Volume spesifik uap jenuh ( $m^3/kg$ )
- $V$  = Volume total bidang perpindahan ( $m^3$ )
- $V$  = Kecepatan aliran fluida (m/s)
- $V$  = Kecepatan refrigeran (m/s)
- $V_m$  = Kecepatan refrigeran rata-rata (m/s)
- $V_1$  = Kecepatan refrigeran pada titik 1 (m/s)
- $V_2$  = Kecepatan refrigeran pada titik 2 (m/s)
- $W$  = Rasio kelembaban (kg/kg)
- $W$  = Kerja kompresor (kJ/s)
- $x$  = Fraksi uap dalam campuran cairan-uap

- 
- $x_p$  = Tebal dinding tabung (m)
- $\Delta x$  = Fraksi uap dalam campuran cairan-uap
- $y$  = Tebal sirip kering (m)
- $y_w$  = Tebal lapisan film air (m)
- $y_F$  = Tebal sirip basah (m)
- $\mu$  = Viskositas fluida (kg/m.s)
- $\mu$  = Viskositas udara (kg/m.s)
- $\mu_f$  = Viskositas cairan jenuh (Pa.s)
- $\mu_g$  = Viskositas uap jenuh (Pa.s)
- $\rho$  = Rapat massa fluida (kg/m<sup>3</sup>)
- $\eta_F$  = Efisiensi sirip kering
- $\eta_{Fw}$  = Efisiensi sirip basah
- $\sigma$  = Perbandingan luas aliran bebas dengan luas frontal sisi udara
- $\alpha$  = Perbandingan luas total perpindahan kalor dengan volume total (m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>)
- $\varepsilon$  = Efektifitas mesin tata udara