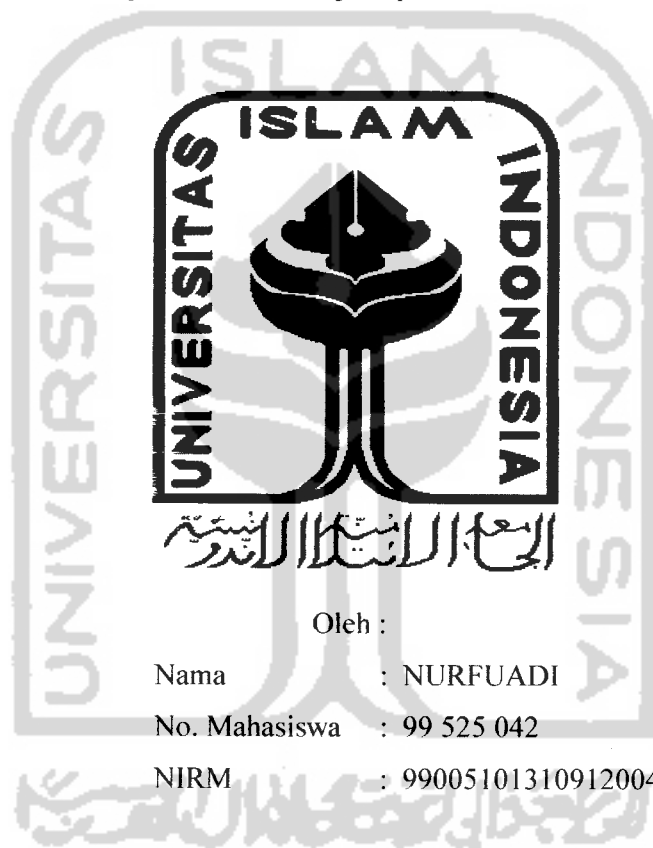


**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN
SISTEM PENGKONDISIAN UDARA SEDERHANA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM FAN DAN KOIL**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana pada Jurusan Teknik Mesin



Oleh :

Nama : NURFUADI

No. Mahasiswa : 99 525 042

NIRM : 990051013109120042

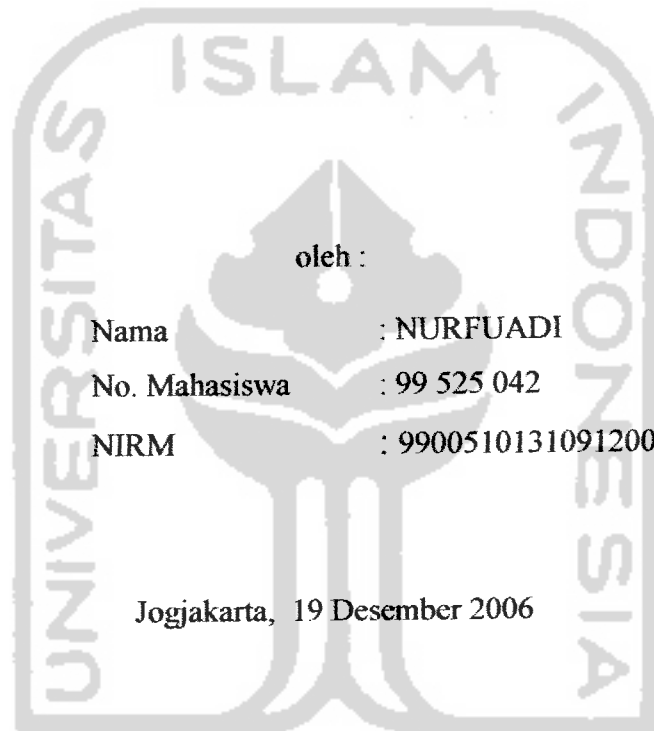
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

JOGJAKARTA

2007

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
PERANCANGAN DAN PEMBUATAN
SISTEM PENGKONDISIAN UDARA SEDERHANA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM FAN DAN KOIL

TUGAS AKHIR



Menyetujui,

Pembimbing I



(Ir. H. Hudaya, MM)

Pembimbing II



(Agung Nugroho Adi, ST., MT)

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PERANCANGAN DAN PEMBUATAN
SISTEM PENGKONDISIAN UDARA SEDERHANA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM FAN DAN KOIL

TUGAS AKHIR

Oleh :

Nama : NURFUADI
No. Mahasiswa : 09 525 042
NIRM : 990051013109120042

Telah Dipertahankan di Depan Sidang Penguji sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 4 Januari 2007

Tim Penguji

Agung Nugroho Adi, ST., MT
Ketua

Muhammad Ridlwan, ST., MT
Anggota I

Yustiasih Purwaningrum, ST., MT
Anggota II

(Handwritten signatures of Agung Nugroho Adi, Muhammad Ridlwan, and Yustiasih Purwaningrum)

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



(Handwritten signature of Muhammad Ridlwan)
Muhammad Ridlwan, ST., MT

HALAMAN PERSEMBAHAN

Kupersembahkan tugas akhir ini untuk:

Bapak dan Mama tercinta, atas segala pengorbanan, kasih sayang, kesabaran, ketulusan, serta do'a yang selalu menyertai setiap langkahku dalam menggapai cita-cita.

*Mbak nung & Mas has, arie & wardoyo, arif, siafi
Serta peri kecilku Rama & Naswaha,
bersama kalian aku bisa merasakan kebahagiaan*

Keluarga Besar Alm Mbah Panggiyo Suwarno dan Alm Mbah Joyo Ulomo

*Kekasihku Evi Rosita Wati,
untuk kasih sayang dan dorongan semangat yang telah engkau berikan selama ini.
Tetaplah menjadi bidadari yang selalu mengisi ruang dihatiku.*

*Saudara-saudaraku di Teknik Mesin VII, Teman-teman KKN Unit: SL-56
Wisma Kamboja, BMP kost,
yang telah membuat hari-hariku menjadi lebih berwarna.*

MOTTO

“Dan, barangsiapa yang bertakwa kepada Allah niscaya Allah akan menjadikan baginya jalan kemudahan dalam urusannya.”

(QS. Ath-Thalâq: 5)

“Maka sabarlah kamu sebagaimana orang-orang yang mempunyai keteguhan hati dari Rasul-rasul.”

(QS. Al-Ahqâf: 35)

“Bekerjalah kamu niscaya Allah dan Rasul-Nya serta orang-orang mukmin akan melihat pekerjaanmu.”

(QS. At-Taubah: 105)

”Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan) kerjakanlah dengan sungguh-sungguh urusan yang lain. Dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap.”

(QS. Al-Insyirah: 6-8)

KATA PENGANTAR



Assalaamu'alaikum Wr.Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat dan salam semoga tercurah kepada Rosulullah Muhammad SAW beserta para keluarganya , sahabat dan para pengikutnya hingga akhir zaman.

Tugas Akhir berjudul Perancangan dan Pembuatan Sistem Pengkondisian Udara sederhana dengan menggunakan Sistem Fan dan Koil ini disusun salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

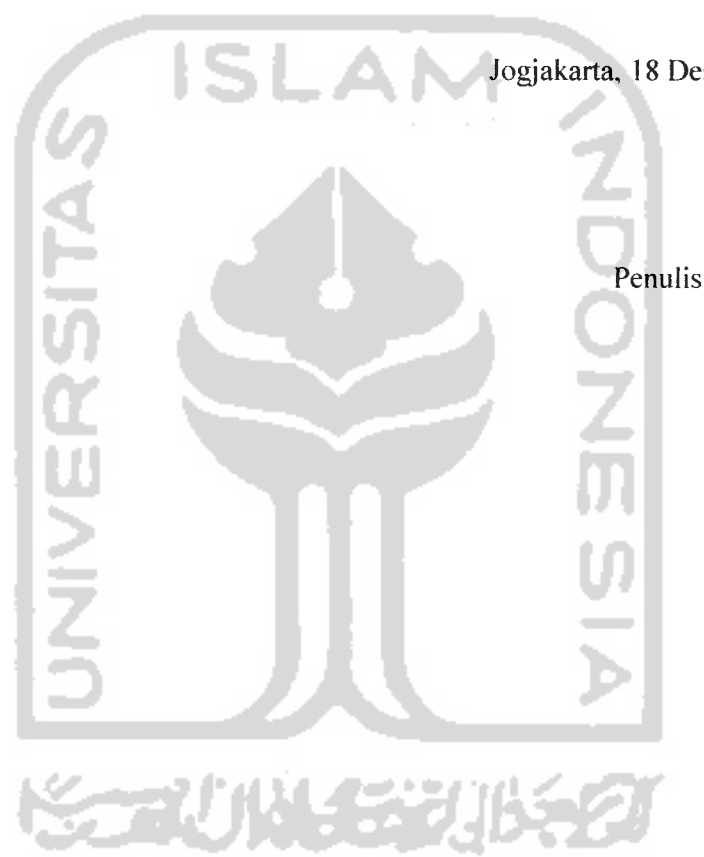
Tentunya penulisan tugas akhir tidak dapat terselesaikan dengan baik tanpa bantuan baik moral maupun spiritual dari berbagai pihak. Atas segala bantuan yang diberikan kepada penulis, baik berupa bimbingan, dorongan, kerjasama, fasilitas dan kemudahan lainnya maka pada kesempatan ini penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Fathul Wahid, ST., Msc, Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
2. Bapak Muhammad Ridlwan, ST., MT, Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
3. Bapak. Ir. H. Hudaya, MM, Bapak. Agung Nugroho Adi, ST., MT, pembimbing Tugas Akhir yang telah meluangkan waktunya sampai terselesaikannya Tugas Akhir ini.
4. Bapak dan Ibu Dosen serta karyawan FTI UII yang telah membimbing dan membantu baik kegiatan akademis maupun administratif
5. Dan untuk semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam laporan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari para pembaca demi kemajuan penulis di masa mendatang

Harapan penulis laporan ini dapat membantu mengembangkan ilmu pengetahuan penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Wassalaamu'alaikum Wr.Wb.



**PERANCANGAN DAN PEMBUATAN
SISTEM PENGKONDISIAN UDARA SEDERHANA
DENGAN MENGGUNAKAN SISTEM FAN DAN KOIL**

Abstraksi

Pengkondisian udara diartikan sebagai suatu proses perlakuan terhadap udara sehingga kondisinya sesuai dengan yang diharapkan. Jadi dengan kata lain, pengkondisian udara merupakan suatu proses mengkondisikan suatu udara agar mencapai temperatur, kelembaban, kandungan oksigen dan tingkat kebersihan yang diinginkan.

Dalam perancangan kali ini, dititikberatkan pada proses perancangan komponen-komponen penyusun dari sistem pengkondisian udara sederhana dengan menggunakan sistem fan dan koil, khususnya pada perancangan bagian koil pendingin. Awal dari proses perancangan ini adalah menentukan material yang akan digunakan sebagai bahan dalam pembuatan koil pendingin dan komponen-komponen lainnya yang kemudian dilanjutkan dengan menentukan dimensi dari alat yang akan dibuat.

Hasil analisis menunjukkan kecepatan aliran udara yang terlalu tinggi mengakibatkan waktu kontak udara dengan koil pendingin semakin singkat, semakin singkat waktu kontak udara dengan koil pendingin menyebabkan faktor simpang (BF) semakin besar. Terjadi pada kondisi 3, kipas dengan kecepatan 2200 rpm.

***Kata kunci:* Pengkondisian udara, fan dan koil, sifat-sifat udara**

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Penguji	iii
Halaman Persembahan.....	iv
Halaman Motto.....	v
Kata Pengantar	vi
Abstraksi	viii
Daftar Isi	ix
Daftar Tabel	xii
Daftar Gambar.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	2
1.6. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1. Tinjauan Umum Kelembaban Udara.....	4
2.1.1.Kelembaban Absolut (w)	4
2.1.2.Kelembaban Relatif (ϕ).....	5
2.1.3.Temperatur Bola Basah (t_{wb}).....	6
2.1.4.Temperatur Bola Kering (t_{db})	7
2.2. Psikrometri	8
2.2.1. Bagan Psikrometrik.....	8
2.2.2. Entalpi (h).....	9
2.2.3. Temperatur Titik Embun (t_{dp}).....	9
2.2.4. Volume Spesifik (v).....	10

2.3.	Proses-proses Pengkondisian Udara Pada Psikrometri	11
2.3.1.	Pendinginan dan Penurunan Kelembaban.....	11
2.4.	Siklus Refrigerasi	13
BAB III	PERANCANGAN ALAT	14
3.1.	Diagram Alir Proses Perancangan	14
3.2.	Perancangan Alat	15
3.3.	Komponen Alat Sistem Pengkondisian Udara.....	16
3.3.1	Rangka Utama	16
3.3.2	Koil Pendingin.....	17
3.3.3	Kotak Pengarah Udara	17
3.3.4	Kipas Udara.....	18
3.3.5	Selang Penghubung.....	18
3.3.6	Pompa	19
BAB IV	PENGUJIAN DAN PENGAMBILAN DATA	20
4.1.	Pendahuluan	20
4.2.	Persiapan Pengujian	20
4.3.	Pengujian	21
4.4.	Analisis Data.....	21
4.5.	Data Hasil Percobaan	22
4.5.1	Kondisi 1, Kipas Dengan Kecepatan 1800 Rpm	22
4.5.2	Kondisi 2, Kipas Dengan Kecepatan 2000 Rpm	23
4.5.3	Kondisi 3, Kipas Dengan Kecepatan 2200 Rpm	23
4.6.	Perhitungan Data.....	24
4.6.1	Perhitungan Rata-rata Kondisi 1.....	24
4.6.2	Perhitungan Rata-rata Kondisi 2.....	27
4.6.3	Perhitungan Rata-rata Kondisi 3.....	30
BAB V	ANALISIS DATA HASIL PERHITUNGAN DAN ANALISIS PEMBUATAN ALAT	33
5.1.	Analisis Pembuatan Alat.....	33
5.2.	Analisis Kondisi Kipas 1,2 Dan 3 Pada Koil Pendingin ...	34

5.2.1	Kondisi 1 Kipas Dengan Kecepatan 1800 Rpm	36
5.2.2	Kondisi 2 Kipas Dengan Kecepatan 2000 Rpm	37
5.3.3	Kondisi 3 Kipas Dengan Kecepatan 2200 Rpm	37
BAB VI PENUTUP		39
6.1.	Kesimpulan	39
6.2	Saran-saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA.....		40
LAMPIRAN.....		xv



DAFTAR TABEL

Tabel 3.4. Spesifikasi kipas.....	18
Tabel 3.5. Jenis dan ukuran material selang penghubung	19
Tabel 3.6. Spesifikasi pompa	19
Tabel 4.1. Data hasil percobaan kondisi 1	22
Tabel 4.2. Data hasil percobaan kondisi 2	23
Tabel 4.3. Data hasil percobaan kondisi 3	23
Tabel 5.1. Perhitungan SHF dan LHF koil pendingin	38



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Garis-garis Kelembaban Absolut.....	5
Gambar 2.2.	Garis-garis Kelembaban Relatif.....	6
Gambar 2.3.	Termometer Bola basah	6
Gambar 2.4.	Garis-garis Temperatur Bola basah	7
Gambar 2.5.	Termometer Bola kering	7
Gambar 2.6.	Garis-garis Temperatur Bola kering	8
Gambar 2.7.	Garis-garis Dew point	9
Gambar 2.8.	Garis Volume Spesifik	10
Gambar 2.9.	Proses-proses Psikrometri.....	11
Gambar 2.10.	Pendinginan dan Pengurangan Kelembaban.....	12
Gambar 2.11.	Siklus Refrigerasi Kompresi Uap	13
Gambar 3.1.	<i>Flowchart</i> Perancangan Alat.....	14
Gambar 3.2.	Susunan Alat Sistem Pengkondisian Udara	15
Gambar 3.3.	Diagram Proses Sistem Pengkondisian Udara	15
Gambar 3.4.	Rangka Utama.....	16
Gambar 3.5.	Koil Pendingin dengan Sirip Aluminium.....	17
Gambar 3.6.	Kotak Pengarah Udara	17
Gambar 3.7.	Kipas Udara.....	18
Gambar 5.1.	Grafik Koil Pendingin.....	35
Gambar 5.1.a.	Pendinginan Udara Lembab.....	36
Gambar 5.1.b.	Pendinginan Udara Lembab.....	36

BAB I

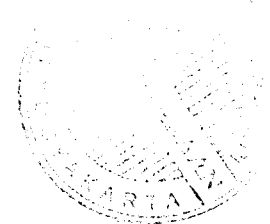
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknik refrigerasi dari tahun ke tahun semakin meningkat sejalan dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi. Hal ini ditunjukkan dengan semakin luasnya penggunaan sistem refrigerasi dalam berbagai bidang kehidupan, terutama yang umum adalah untuk mengawetkan makanan. Perkembangan teknik refrigerasi juga merintis jalan bagi pembuatan dan penggunaan mesin pengkondisian udara. Pada mulanya pengkondisian udara itu dimaksudkan untuk memperbaiki proses suatu pekerjaan atau industri. Namun setelah itu penggunaannya diperluas untuk memenuhi kebutuhan akan kenyamanan bagi orang yang berada di dalam suatu ruangan.

Di daerah yang beriklim panas atau tropis, termasuk Indonesia mesin pengkondisian udara bisa dikatakan telah menjadi kebutuhan. Pada sebuah bengkel, mesin pengkondisian udara sangat diperlukan untuk menyerap panas yang dikeluarkan oleh orang, peralatan-peralatan listrik dan mesin-mesin perkakas, serta sumber panas lainnya dalam ruangan tersebut untuk dipindahkan ke tempat lain. Dengan adanya mesin pengkondisian udara, temperatur ruangan dapat menjadi sejuk dan tubuh manusia bisa terbebas dari kegerahan atau kepanasan yang menimbulkan ketidaknyamanan, dan dalam lingkungan kerja dapat menciptakan suasana kerja yang efektif.

Pengkondisian udara adalah suatu proses pendinginan udara sehingga dapat mencapai temperatur dan kelembaban yang dipersyaratkan terhadap kondisi dari suatu ruangan tertentu. Mesin pengkondisian udara yang sederhana pada dasarnya terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu fan (kipas), koil (lilitan pipa), pompa. Sistem pengkondisian udara dengan sistem ini, penyerapan panas dilakukan melalui koil pendingin pada temperatur rendah. [WHR 86]



1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang dan membuat sistem pengkondisian udara yang sederhana.
2. Bagaimana menganalisis besarnya pengaruh kecepatan fan terhadap kelembaban udara yang dihasilkan oleh sistem pengkondisian udara.

1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah meliputi :

1. Perancangan sistem pengkondisian udara sederhana dengan menggunakan media air.
2. Perancangan koil pendingin menggunakan sirip agar perpindahan kalor yang terjadi menjadi lebih sempurna.
3. Dalam analisis dan pengujian kali ini yang di uji adalah koil pendingin.

1.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang ingin dicapai adalah sebagai berikut:

1. Membuat sistem pengkondisian udara sederhana, dengan memaksimalkan hasil dari sistem refrigerasi.
2. Mengetahui seberapa besar pengaruh kecepatan dari kipas terhadap kelembaban udara yang dihasilkan sistem pengkondisian udara.

1.5. Manfaat penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari hasil penelitian ini adalah:

1. Menghasilkan sistem pengkondisian sederhana yang dapat mengatur temperatur, kelembaban, kebersihan, dan sirkulasi udara dalam suatu ruangan.
2. Mendapatkan hasil pengujian dan analisis kelembaban udara dengan mengoptimisasi alat ukur yang sudah ada.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari masing-masing bab yaitu Bagian pendahuluan berisikan halaman judul, lembar pengesahan dosen pembimbing, lembar pengesahan dosen penguji, halaman motto, kata pengantar, abstraksi, daftar isi, daftar tabel dan juga daftar gambar. Bab I pendahuluan berisikan tentang latar belakang masalah yang akan diteliti, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat dari tugas akhir dan sistematika penulisan laporan tugas akhir ini.

Bab II landasan teori berisikan teori-teori yang melandasi penyusunan tugas akhir ini. Teori-teori ini berisikan penjelasan-penjelasan tentang proses perancangan, penentuan bahan, hingga pembuatan alat pengkondisian udara. Bab III perancangan alat berisikan penjelasan tentang proses perancangan alat mulai dari penentuan material yang digunakan dalam pengkondisian udara, sketsa rancangan dan perhitungan. Bab IV percobaan dan pengambilan data menjelaskan tentang langkah-langkah percobaan proses pengkondisian udara dan pengambilan data dari hasil percobaan.

Bab V analisis dan pembahasan menjelaskan tentang hasil pengujian yang dilakukan dari sistem yang akan dibuat berdasarkan data-data yang didapat. Bab VI penutup berisikan kesimpulan mengenai semua uraian yang telah dijabarkan pada bab-bab sebelumnya dan juga dilengkapi saran-saran agar alat yang dibuat dapat bermanfaat bagi semuanya. Bagian akhir ini memuat daftar pustaka, yaitu sumber acuan yang digunakan dalam pelaksanaan dan pembuatan laporan tugas akhir dan lampiran yang memuat gambar rangkaian perancangan sistem.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Umum Kelembaban Udara [WHR86]

Dalam usaha pengkondisian udara di daerah tropis seperti halnya di Indonesia, pengkondisian udara diartikan sebagai proses perlakuan terhadap udara itu sendiri sehingga penghuni yang berada di dalam ruangan akan merasa nyaman. Jadi hal ini dapat diartikan adalah suatu proses pengkondisian udara sehingga mencapai temperatur dan kelembaban yang sesuai dengan yang diinginkan terhadap kondisi udara dari ruang tertentu. Udara yang mengandung uap air dinamakan udara lembab atau udara basah, sedangkan udara kering adalah udara yang sama sekali tidak mengandung uap air.

Pada kelembaban udara dikenal beberapa sifat udara, yaitu kelembaban absolut dan kelembaban relatif, temperatur bola kering, temperatur bola basah, psikrometrik, temperatur titik embun, entalpi dan volume spesifik.

2.1.1. Kelembaban absolut (w) [WBT92]

Kelembaban absolut ialah berat atau massa air yang terkandung dalam setiap kilogram udara kering. Rasio kelembaban ditentukan dengan dasar 1 kg, seperti beberapa sifat udara yang akan dipelajari, yaitu entalpi dan volume spesifik. Dalam pengujian dan analisis kelembaban udara untuk menghitung kelembaban absolut dapat digunakan persamaan gas ideal :

$$W = \frac{\text{kg uap air}}{\text{kg udara kering}} = \frac{P_s V / R_s T}{P_a V / R_a T} = \frac{P_s / R_s}{(P_t - P_s) / R_a} \quad (2.1)$$

dengan W = kelembaban absolut (kg uap air / kg udara kering)

V = volume sembarang campuran udara-uap (m^3)

P_t = tekanan atmosferik = $P_a + P_s$ (P_a)

P_a = tekanan parsial udara kering, (P_a)

R_s = tetapan gas untuk uap-air = 461,5 J/kg.K

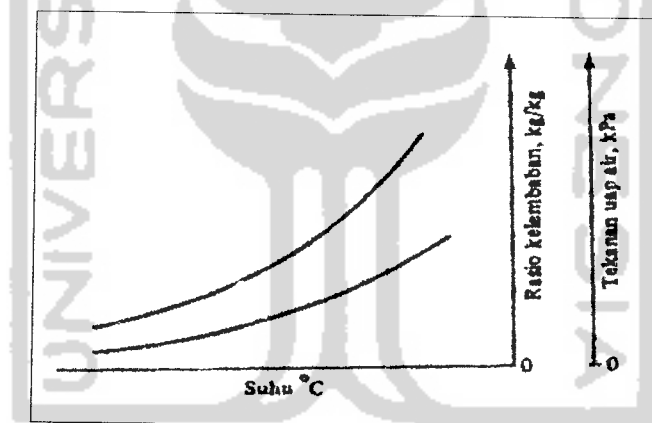
R_a = tetapan gas untuk udara kering 287 J/kg.K

P_s = tekanan parsial uap air dalam keadaan jenuh.

Dengan mensubstitusi nilai numeris R_a dan R_s ke dalam persamaan di atas, diperoleh:

$$W = \frac{287}{461.5} \frac{P_s}{P_t - P_s} = 0,622 \frac{P_s}{P_t - P_s} \quad (2.2)$$

Di dalam persamaan ini terdapat tekanan atmosferik P_t dan bertitik tolak dari sini pengembangan bagan psikrometrik dilakukan, sehingga pada tekanan tertentu bagan tersebut menjadi lain. Persamaan (2.2) menunjukkan hubungan antara rasio kelembaban dan tekanan uap-air, sehingga skala-skala tersebut dapat ditunjukkan sebagai ordinat bagan psikrometrik seperti yang digambarkan pada gambar 2.1. dalam persamaan hubungan antara W dan P_s tidak linear. Pada gambar bagan psikrometrik, skala W dibagi secara linear, yang menyebabkan skala P_s kurang linear.

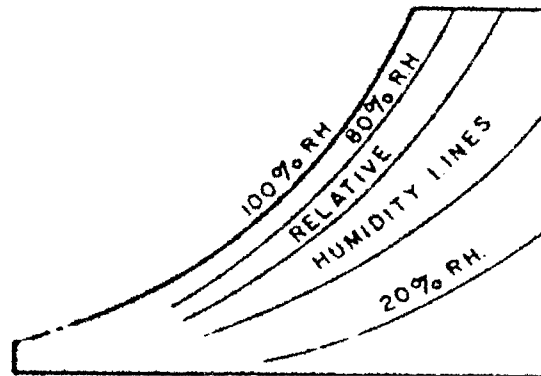


Gambar 2.1. garis-garis kelembaban absolut

2.1.2. Kelembaban relatif (ϕ)

Kelembaban relatif adalah perbandingan antara kelembaban dari udara lembab dengan kelembaban jenuh pada temperatur yang sama. Dari hubungan-hubungan gas ideal, kelembaban relatif dapat dinyatakan dengan :

$$\phi = \frac{\text{tekanan uap air parsial}}{\text{tekanan jenuh air murni pada suhu yang sama}} \quad (2.3)$$

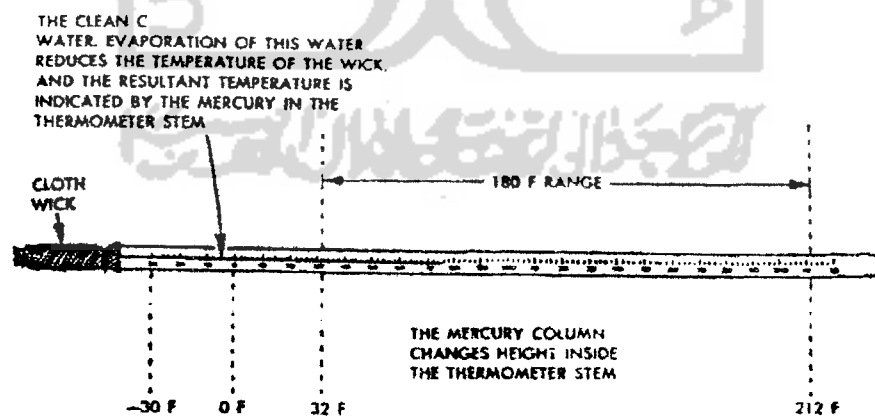


Gambar 2.2. garis-garis kelembaban relatif

Garis-garis kelembaban relatif konstan dapat digambarkan pada bagan psikrometrik, seperti pada gambar 2.2 dengan mengukur jarak vertikal antar garis jenuh dan alas bangun.

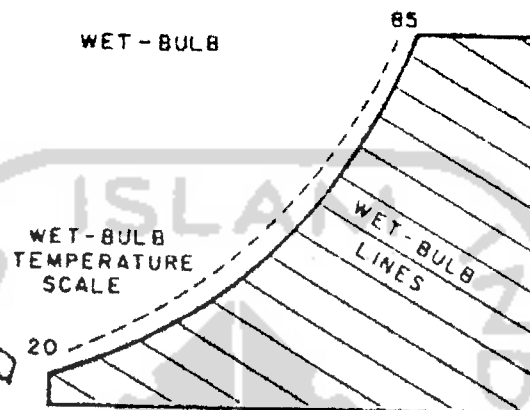
2.1.3. Temperatur bola basah (t_{wb}) [CEN89]

Temperatur bola basah adalah temperatur yang ditunjukkan oleh termometer bola basah dimana sensornya dibalut dengan kain basah untuk menghilangkan radiasi panas. Pada alat ini, sumbu berair membasahi permukaan yang terbatas, sehingga perubahan keadaan udara yang melewati bola basah dapat diketahui seperti pada gambar 2.3. Temperatur bola basah kadang-kadang dinamakan temperatur adiabatik (*adiabatic saturated temperature*).



Gambar 2.3 Termometer bola basah

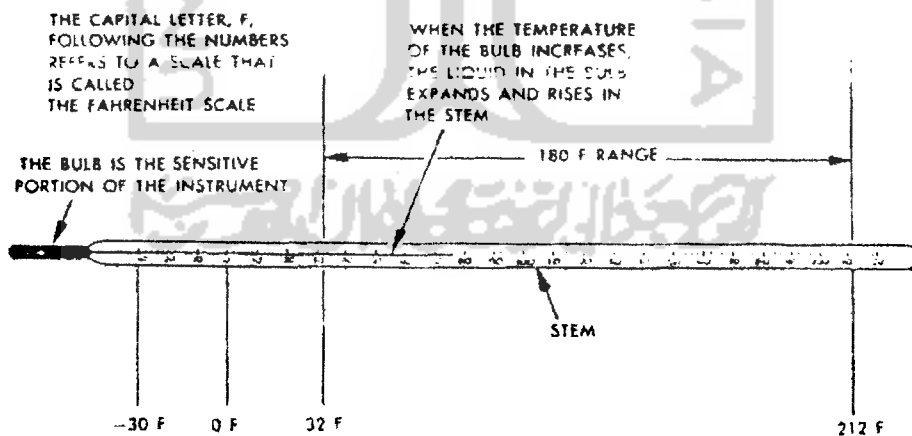
Skala pembacaan temperatur bola basah dapat diketahui melalui garis-garis diagonal yang bergerak melengkung ke bawah seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini kurva temperatur bola basah. Jumlah garis-garis temperatur bola basah tergantung dari batas derajat temperatur yang akan di ukur.



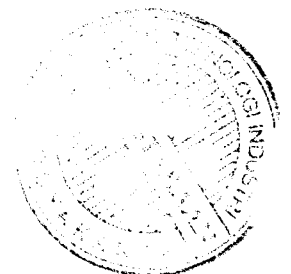
Gambar 2.4 Garis-garis temperatur bola basah

2.1.4. Temperatur bola kering (t_{db})

Temperatur bola kering tersebut dapat dibaca pada termometer dengan sensor kering dan terbuka.

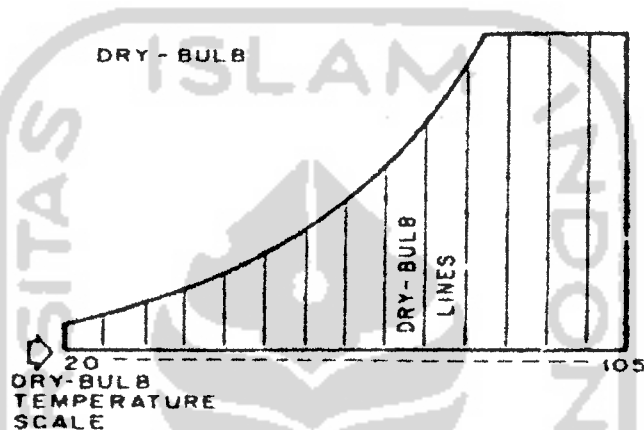


Gambar 2.5 Termometer bola kering



Sama halnya dengan skala pembacaan pada temperatur bola basah, temperatur bola kering dapat diketahui melalui garis-garis diagonal yang bergerak melengkung ke bawah seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6 kurva temperatur bola kering. Jumlah garis-garis temperatur bola kering tergantung dari batas derajat temperatur yang akan di ukur.

Skala pembacaan temperatur bola kering (t_{db}) melalui bagan psikrometrik seperti terlihat pada gambar 2.6



Gambar 2.6. Garis-garis temperatur bola kering

2.2. Psikrometri [WBT92]

Psikrometri adalah segala hal yang berkaitan dengan perilaku kandungan uap air di dalam atmosfer. Psikrometri merupakan kajian tentang sifat-sifat campuran udara dan uap air yang memiliki arti penting di dalam pengujian dan analisis kelembaban udara karena udara atmosfer tidak kering betul tetapi merupakan campuran antara udara dan uap air.

2.2.1. Bagan Psikrometrik

Bagan psikrometrik terlihat pada lampiran merupakan sebuah sarana penunjang sederhana untuk mengukur udara di berbagai kondisi dengan meminimalkan waktu penghitungan yang dibutuhkan. Bagan psikrometrik memuat beberapa sifat udara, yaitu kelembaban relatif, temperatur bola kering, temperatur bola basah, temperatur titik embun, entalpi dan volume spesifik.

2.2.2. Entalpi (h)

Entalpi adalah energi kalor yang dimiliki oleh suatu zat pada suatu temperatur tertentu. Entalpi dari udara lembab dengan perbandingan kelembaban w , pada temperatur t

$$h = 1,005 t + W(2501 + 1,859 t) \text{ kJ/kg udara kering (kJ/kg)} \quad (2.4)$$

di mana,

t = temperatur udara ($^{\circ}\text{C}$)

w = perbandingan kelembaban dari udara lembab (kg/kg)

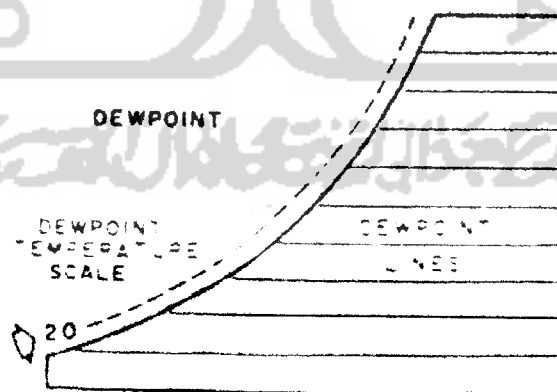
1,005 = kalor spesifik dari udara kering (kJ/kg $^{\circ}\text{C}$)

1,859 = kalor spesifik rata-rata dari uap air (kJ/kg $^{\circ}\text{C}$)

2501 = kalor laten dari air pada 0°C (kJ/kg)

2.2.3. Temperatur Titik Embun (t_{dp})

Temperatur titik embun adalah temperatur air pada keadaan di mana tekanan uapnya sama dengan tekanan uap dari udara (lembab). Jadi, pada temperatur tersebut uap air dalam udara mulai mengembun dan hal tersebut terjadi apabila udara (lembab) didinginkan. Gambar 2.7 menunjukkan garis-garis *dewpoint* dengan skala temperatur tertentu.



Gambar 2.7 Garis-garis dew point

Jika udara lembab atau udara jenuh dengan uap air didinginkan, tekanan uap air turun, demikian pula kemampuan untuk menyerap kandungan uap air akan berkurang. Akibatnya uap air akan mengembun dan berbentuk tetes air. Temperatur pada saat kandungan uap air di dalam udara mulai mengembun disebut temperatur titik embun.

2.2.4. Volume spesifik (v)

Volume spesifik adalah volume udara campuran dengan satuan meter-kubik udara kering atau meter-kubik campuran per kilogram udara kering, karena volume yang diisi oleh masing-masing substansi sama.

Dari persamaan gas ideal, volume spesifik v adalah :

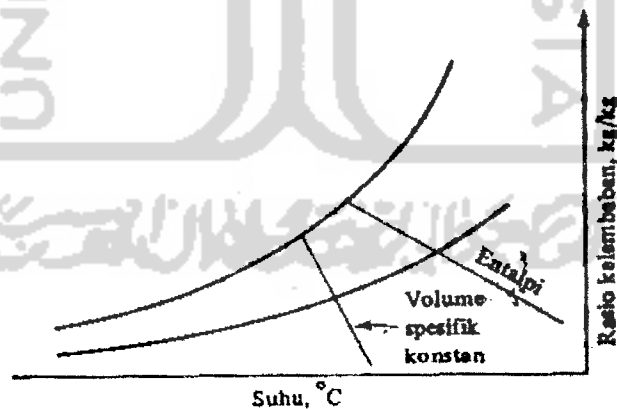
$$v = \frac{R_a T}{P_a} = \frac{R_a T}{P_t - P_s} \text{ m}^3/\text{kg udara kering} \quad (2.5)$$

dengan : R_a = tetapan gas untuk udara kering 287 J/kg.K

T = Temperatur (K)

P_t = tekanan atmosferik = $P_a + P_s$ (P_a)

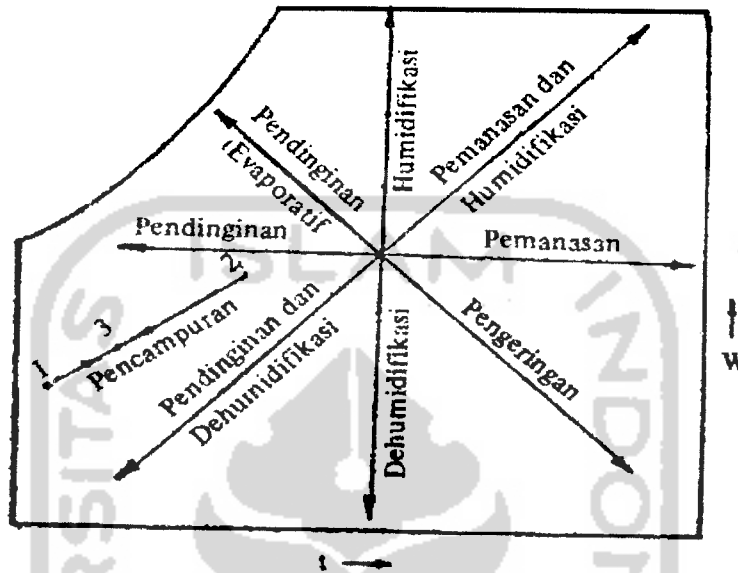
P_s = tekanan parsial uap air dalam keadaan jenuh.



Gambar 2.8. Garis volume spesifik

2.3 Proses-proses Pengkondisian Udara Pada Psikrometri [BERD88]

Pada saluran pengkondisian udara terdapat proses-proses yang terlibat langsung di dalamnya.



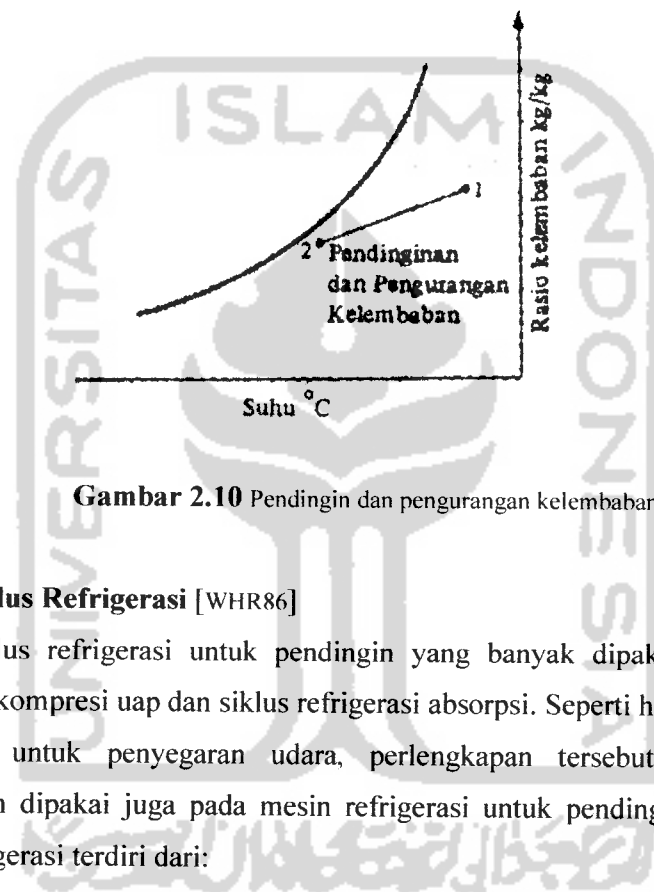
Gambar 2.9. Proses-proses psikrometri

2.3.1. Pendinginan dan Penurunan Kelembaban (*Cooling & dehumidifying*)

Pada musim panas kelembaban udara dapat diturunkan dengan proses pendinginan dan penurunan kelembaban (dehumidifikasi). Untuk proses ini digunakan peralatan koil pendingin. Permukaan koil yang dingin mempunyai suhu rendah dari suhu titik embun (t_{dp}) udara, hal ini mengakibatkan kandungan uap air akan mengembun.

Salah satu fungsi koil pendingin adalah menurunkan temperatur aliran udara. Satu hal yang selalu terjadi secara alami bersamaan dengan penurunan temperatur yaitu pengurangan kelembaban. Sebagian besar sirip pendingin udara biasanya tersusun atas pipa-pipa dengan sirip-sirip yang diletakkan pada bagian luarnya, dengan maksud untuk memperluas permukaan yang bersentuhan dengan udara.

Adanya udara yang mengalir melalui permukaan luar pipa sirip pendingin menyebabkan cairan air dingin berubah fasa menjadi fasa uap, hal ini disebabkan air dingin menyerap kalor dari udara, sehingga udara yang melewati koil pendingin temperaturnya rendah. Kondisi seperti ini menyebabkan penurunan garis anak panah secara vertikal dari atas ke bawah, yang ditunjukkan pada gambar 2.10



Gambar 2.10 Pendingin dan pengurangan kelembaban

2.4. Siklus Refrigerasi [WHR86]

Siklus refrigerasi untuk pendingin yang banyak dipakai adalah siklus refrigerasi kompresi uap dan siklus refrigerasi absorpsi. Seperti halnya pada mesin refrigerasi untuk penyegaran udara, perlengkapan tersebut di bawah ini kebanyakan dipakai juga pada mesin refrigerasi untuk pendingin. Prose-proses siklus refrigerasi terdiri dari:

A. Penguapan

Di dalam evaporator refrigeran akan menguap dan menyerap kalor dari udara ruangan yang dialirkan melalui permukaan luar pipa evaporator. Selama proses penguapan, di dalam pipa akan terdapat campuran refrigeran dalam fasa cair dan gas.

B. Kompresi

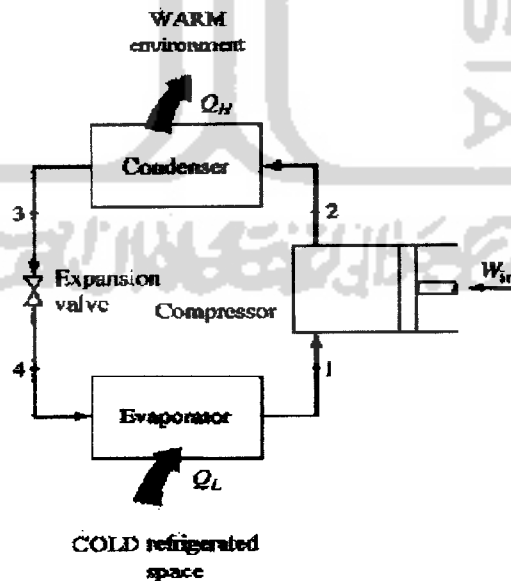
Kompresor mengisap uap refrigeran dari evaporator. Di dalam kompresor, tekanan refrigeran dinaikkan sehingga memudahkan pencairannya kembali. Jumlah refrigeran yang bersirkulasi dalam siklus refrigerasi tergantung pada jumlah uap yang diisap masuk dalam kompresor.

C. Pengembunan (*kondensasi*)

Uap refrigeran yang bertekanan dan bertemperatur tinggi pada akhir kompresi dapat dengan mudah dicairkan dengan mendinginkannya dengan udara pendingin pada sistem pendinginan udara. Di dalam kondensor refrigeran mengalami perubahan dari fasa uap ke fasa cair, dimana terdapat campuran refrigeran dalam fasa uap cair, tekanan (tekanan pengembunan) dan temperaturnya (temperatur pengembunan)

D. Ekspansi

Katup ekspansi berfungsi untuk menurunkan tekanan dari refrigeran cair (tekanan tinggi) yang dicairkan di dalam kondensor, supaya dapat mudah menguap. Cairan refrigeran mengalir ke dalam evaporator, tekanannya turun dan menerima kalor penguapan dari udara, sehingga menguap secara berangsur-angsur. Selanjutnya, proses siklus tersebut di atas terjadi berulang-ulang.

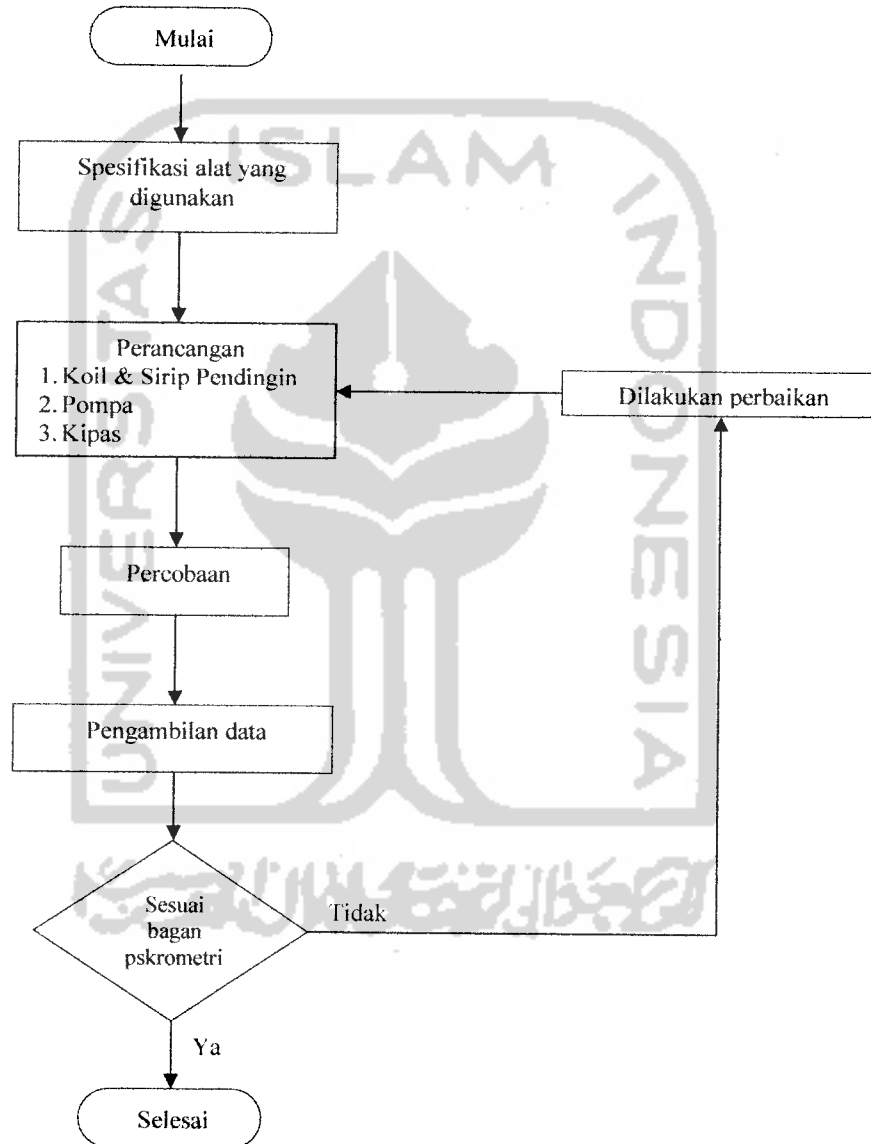


Gambar 2.11. Siklus Refrigerasi kompresi uap

BAB III PERANCANGAN ALAT

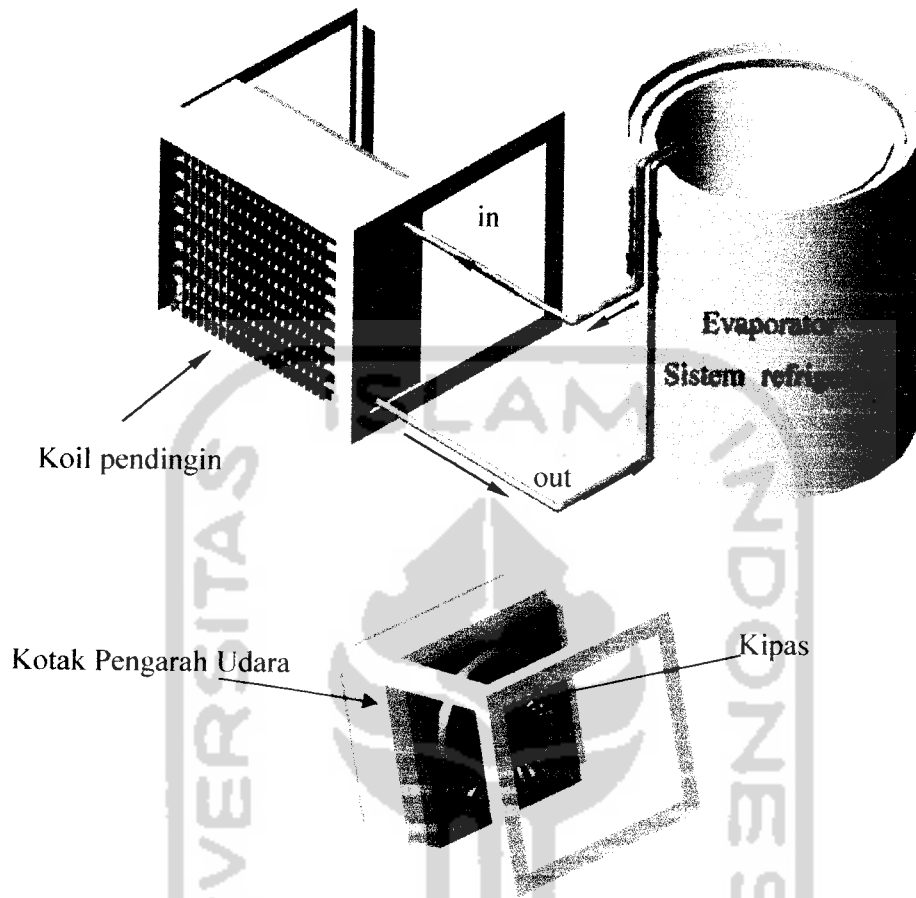
3.1. Diagram Alir Proses Perancangan

Proses perancangan alat diperlihatkan dengan diagram alir / *flowchart* pada gambar 3.1

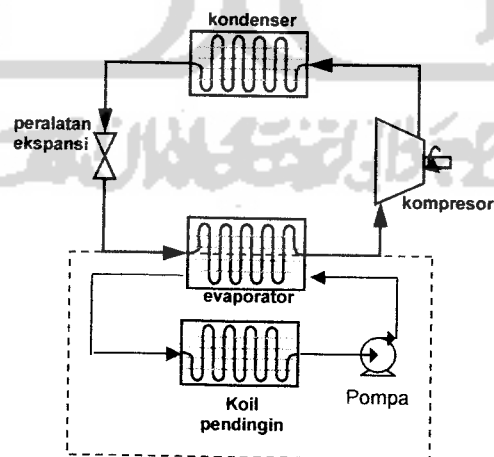


Gambar 3.1. *Flowchart* Perancangan Alat

3.2. Perancangan Alat



Gambar 3.2. Susunan alat sistem pengkondisian udara



Gambar 3.3 Skema kerja sistem pengkondisian udara

Sistem pengkondisian sederhana yang menggunakan fan dan koil memanfaatkan air dingin hasil dari sistem refrigerasi. Proses pengoperasian diawali dengan menjalankan sistem refrigerasi kurang lebih 30 menit dan didapat air dingin dengan suhu 0 sampai $(-5)^{\circ}\text{C}$. Bertujuan agar udara yang dikondisikan di dalam ruangan mencapai temperatur dan kelembaban yang sesuai dengan yang dipersyaratkan. Kemudian air dingin yang dihasilkan dari sistem refrigerasi dialirkan dengan menggunakan pompa yang disambung dengan selang plastik menuju koil pendingin, secara bersamaan fan (kipas) mengalirkan udara bebas pada koil pendingin kemudian dialirkan ke ruangan. Air dingin yang dikondisikan akan bersirkulasi kembali dalam sistem refrigerasi. Proses pengkondisian udara dan aliran air dingin dapat dilihat pada gambar 3.2.

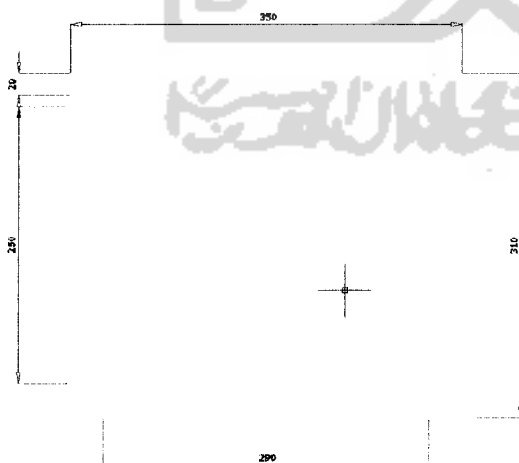
3.3. Komponen Alat Sistem Pengkondisian Udara

Komponen alat adalah sebagai berikut :

3.3.1. Rangka Utama

Pada perancangan sistem pengkondisian udara ini, rangka utama memiliki fungsi sebagai penyangga komponen-komponen penyusun sistem pengkondisian udara. Komponen-komponen tersebut antara lain koil pendingin dan fan (kipas).

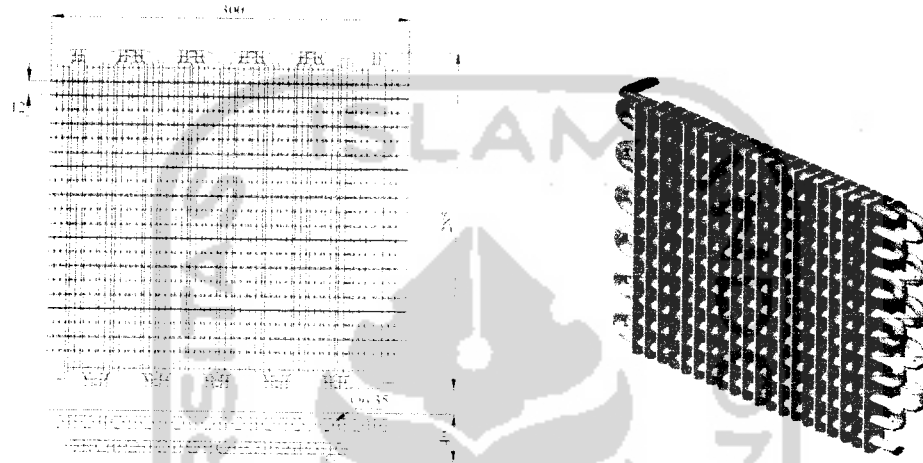
Sedangkan material yang digunakan sebagai rangka utama adalah besi siku dengan bentuk bujur sangkar.



Gambar 3.3. Rangka Utama

3.3.2. Koil pendingin (*Cooling Coil*).

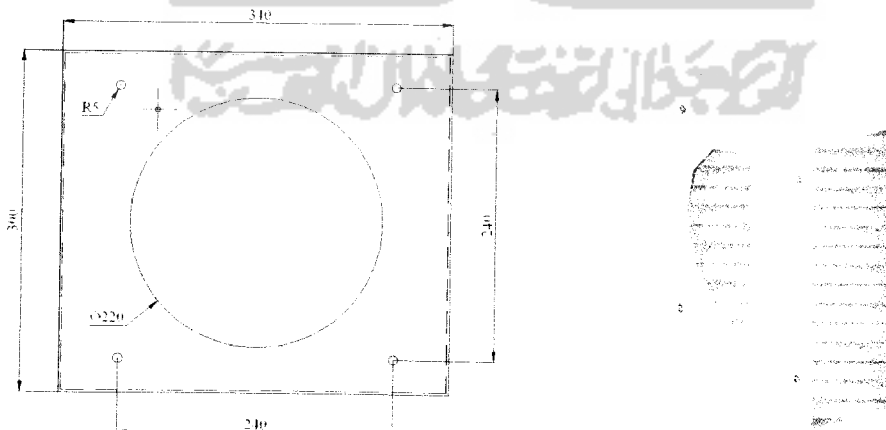
Koil pendingin adalah koil yang terdiri dari susunan tube dimana di dalam tube tersebut mengalir air dingin (*chilled water*) dari *evaporator*. Koil ini berfungsi untuk mendinginkan udara dengan cara melewatkan udara melalui susunan permukaan tube tersebut. Material yang digunakan adalah pipa tembaga dengan sirip aluminium.



Gambar 3.4 Koil pendingin dengan sirip aluminium

3.3.3. Kotak pengarah udara

Berfungsi sebagai pengarah udara dari fan dan juga sebagai dudukan fan, sebelum dikondisikan dan disirkulasikan ke ruangan. Sedangkan material yang digunakan untuk kotak pengarah udara adalah aluminium.



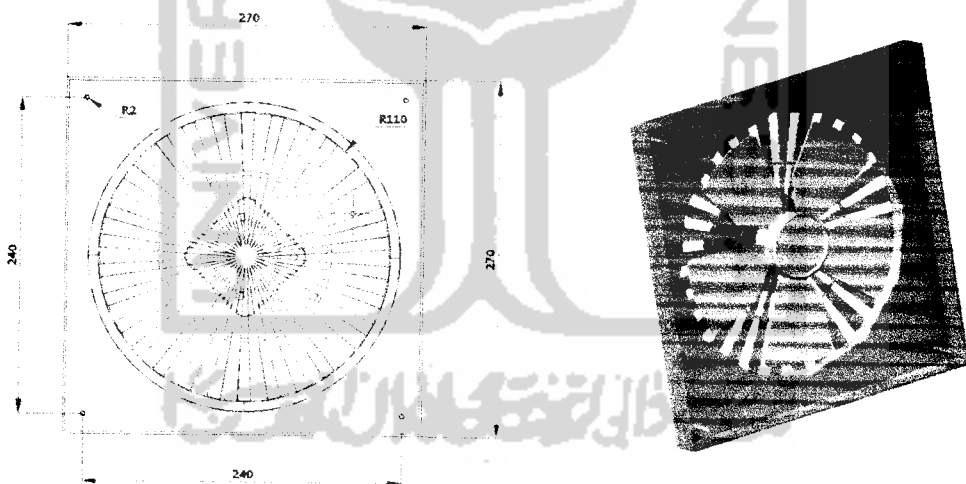
Gambar 3.5. Kotak pengarah udara

3.3.4. Kipas udara (*fan*)

Kipas udara adalah suatu peralatan yang digunakan untuk menghasilkan udara, yang digunakan adalah kipas udara tipe aliran axial, yaitu dimana udara yang mengalir secara *axial* melewati impeller. Kipas udara aliran axial banyak digunakan untuk aplikasi kenyamanan karena mempunyai beberapa keuntungan, yaitu: efisiensi yang komparatif pada tekanan tinggi dan udara dapat divariasikan untuk memenuhi kebutuhan sistem distribusi udara dengan cara sederhana, yaitu dengan mengatur kecepatan kipas.

Tabel 3.4. Spesifikasi kipas

No	Putaran	Voltage	Frequency	Daya	Ampere
1.	1800 rpm	230 volt	50 Hz	36/10 watt	0,26 A
2.	2000 rpm				
3.	2200 rpm				



Gambar 3.6. Kipas Udara

3.3.5. Selang Penghubung

Selang penghubung berfungsi sebagai saluran air yang menghubungkan koil pendingin dan *evaporator* dari sistem refrigerasi. Selang penghubung yang digunakan memiliki spesifikasi seperti tercantum pada tabel 3.5

Tabel 3.5. Jenis dan ukuran material selang penghubung

Material	Panjang (mm)	Diameter luar (mm)	Diameter dalam (mm)
plastik	200	15	13

3.3.6. Pompa

Pompa adalah mesin yang berfungsi mengalirkan fluida dalam hal ini air melalui selang dari *evaporator* sistem refrigerasi ke koil pendingin sistem pengkondisian udara. Pompa yang digunakan memiliki spesifikasi seperti tercantum pada tabel 3.6.

Tabel 3.6. Spesifikasi pompa

Power	Voltage	Frequency	Total head	Max delivery volume
12 watt	220 volt	50 Hz	0,8 meter	700 L/H

BAB IV PENGUJIAN DAN PENGAMBILAN DATA

4.1. Pendahuluan

Untuk mengetahui kinerja dari alat yang telah dibuat, maka sangatlah perlu dilakukannya pengujian. Hasil pengujian tersebut kemudian dianalisis sehingga dapat diketahui kekurangan-kekurangan yang masih terdapat pada alat.

4.2. Persiapan pengujian

Sebelum melakukan pengujian maka dilakukan terlebih dahulu langkah-langkah persiapan agar pengujian dapat berjalan dengan baik, antara lain:

1. Menyiapkan unit koil pendingin sebagai alat utama pengujian, juga kondisi sambungan-sambungannya hingga tidak terjadi kebocoran.
2. *Setting* Kecepatan kipas apakah kecepatan kipas bekerja normal sehingga udara yang dihembuskan dari kipas tersebut sampai pada bagian unit *koil* pendingin.
3. Pastikan keadaan pompa dan pipa dapat beroperasi dengan baik, sehingga dapat mengalirkan air dingin dari *evaporator* ke unit *koil* pendingin.
4. Menyiapkan alat ukur yang akan digunakan dan mengisi air pada sumbu basah sehingga kedua alat ukur dapat bekerja dengan baik. Alat ukur diletakkan di tengah pada tiap unit yang akan diuji dan letaknya satu garis dari unit *koil* pendingin sampai kipas udara.
5. Alat ukur dan lain sebagainya di atur dalam kondisi siap pakai untuk pengujian.

4.3. Pengujian

Setelah persiapan pengujian dilakukan dan semua keperluan pengujian dipenuhi maka pelaksanaan pengujian dapat dilakukan dengan cara-cara sebagai berikut:

1. Sakelar Pompa diposisikan pada kondisi on, mengamati sesaat apakah pompa mampu mengalirkan air dingin dari *evaporator* ke unit *coil* pendingin.
2. Kipas dihidupkan melalui sakelar diposisikan pada kondisi on, mengamati sesaat kondisi udara normal apakah kipas mampu mengalirkan udara kebagian unit *coil* pendingin.
3. Pencatatan temperatur udara dilakukan pada bagian sebelum coil pendingin dan bagian setelah coil pendingin.
4. Pencatatan temperatur air dilakukan sebelum melewati coil pendingin dan setelah melewati coil pendingin.
5. Percobaan tersebut dilakukan sebanyak 3 kali dengan selang waktu percobaan masing-masing 5 menit untuk tiap satu kali percobaan.
6. Pencatatan data kondisi temperatur udara di lakukan beberapa titik yang telah ditentukan sebelumnya.

4.4. Analisis Data

Setelah dilakukan prosedur pengujian dan didapatkan data-data hasil pengujian, maka tahap berikutnya yang dilakukan adalah analisis data hasil percobaan. Adapun prosedur analisis data sebagai berikut:

1. Perhitungan sifat-sifat udara

Untuk perhitungan sifat-sifat udara, dihitung masing-masing kondisi kecepatan kipas pada unit coil pendingin. Sifat-sifat udara yang di hitung:

a. Kelembaban absolut

Kelembaban absolut dapat dihitung dengan menggunakan rumus 2.2 yaitu:

$$W = 0,622 \frac{P_s}{P_t - P_s} \quad (\text{ kg/kg udara kering})$$

b. Kelembaban relatif

Kelembaban relatif dapat dihitung dengan menggunakan rumus 2.3 yaitu:

$$\Phi = \frac{P_s}{P_g} \times 100\% \quad (\%)$$

c. Entalpi

Entalpi dapat dihitung dengan menggunakan rumus 2.4 yaitu:

$$h = 1,005 (t) + W [2501 + 1,859 (t)] \quad (\text{kJ/kg})$$

d. Volume spesifik

Volume spesifik dapat dihitung dengan menggunakan rumus 2.5 yaitu:

$$v = \frac{R_a T}{P_t - P_s} \quad (\text{m}^3 / \text{kg udara kering})$$

2. Analisis data hasil perhitungan

Setelah hasil perhitungan sifat-sifat udara didapatkan, maka hasil perhitungan tersebut dicocokkan dengan bagan psikrometrik. Melalui bagan psikrometrik inilah dapat diketahui apakah perhitungan sifat-sifat udara tersebut benar atau tidak.

4.5. Data Hasil Percobaan

Setelah dilakukan percobaan, maka data-datanya disusun dalam bentuk tabel, seperti dapat dilihat berikut ini:

4.5.1. Kondisi 1, Kipas Dengan Kecepatan 1800 Rpm

Pada pengambilan data percobaan kondisi 1, semua aktif. Untuk pengambilan data percobaan dilakukan beda waktu 5 menit.

Tabel 4.1. Data percobaan kondisi 1 kipas dengan kecepatan 1800 Rpm

No	Temperatur udara sebelum koil pendingin		Temperatur udara setelah koil pendingin		Temperatur air sebelum koil pendingin	Temperatur setelah koil Pendingin
	T _{db} (°C)	T _{wb} (°C)	T _{db} (°C)	T _{wb} (°C)	°C	°C
1	29.5	24.5	22	21	17	17

2.	29.5	24.5	22	21	17	17
3.	29.5	24.5	21.5	20.5	17	18
Rata-rata	29.5	24.5	21.83	20.83	17	17.33

4.5.2. Kondisi 2, Kipas Dengan Kecepatan 2000 Rpm

Pada pengambilan data percobaan kondisi 2, semua aktif. Untuk pengambilan data percobaan dilakukan beda waktu 5 menit.

Tabel 4.2. Data percobaan kondisi 2, kipas dengan kecepatan 2000 Rpm

No	Temperatur udara sebelum koil pendingin		Temperatur udara setelah koil pendingin		Temperatur air sebelum koil pendingin	Temperatur setelah koil pendingin
	T _{db} (°C)	T _{wb} (°C)	T _{db} (°C)	T _{wb} (°C)	°C	°C
1	29.5	24.5	22	21	18	18
2.	29.5	24.5	22	21	18	18
3.	29.5	24.5	21.5	21	18	19
Rata-rata	29.5	24.5	21.83	21	18	18.33

4.5.3 Kondisi 3, Kipas Dengan Kecepatan 2200 Rpm

Pada pengambilan data percobaan kondisi 3, semua aktif. Untuk pengambilan data percobaan dilakukan beda waktu 5 menit.

Tabel 4.3. Data percobaan kondisi 3, kipas dengan kecepatan 2200 Rpm

No	Temperatur udara sebelum koil pendingin		Temperatur udara setelah koil pendingin		Temperatur air sebelum koil pendingin	Temperatur setelah koil pendingin
	T _{db} (°C)	T _{wb} (°C)	T _{db} (°C)	T _{wb} (°C)	°C	°C
1	29	24.5	22	21	19	19
2.	29	24.5	22	21	19	19
3.	29	24.5	22	21.5	19	19
Rata-rata	29	24.5	22	21.16	19	19

4.6. Perhitungan Data

Untuk perhitungan data hasil percobaan, yang dihitung adalah rata-ratanya dari tiga kali percobaan pada 3 kondisi. Proses perhitungan selanjutnya dilakukan dengan menggunakan *software* EES (*Engineering Equation Solver*). EES merupakan *software* perhitungan yang di dalamnya telah terdapat fungsi-fungsi sebagai solusi untuk persoalan-persoalan termodinamika.

4.6.1. Perhitungan rata-rata kondisi 1, kipas dengan kecepatan 1800 rpm

1. Koil Pendingin

Sebelum koil pendingin

Diketahui:

$$T_{db} = 29,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{wb} = 24,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{dp} = 22,52 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ (Bagan psikrometrik)}$$

P_s interpolasi dari lampiran 1

$$\text{Untuk } T = 22 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad P = 2.642$$

$$T = 24 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad P = 2.982$$

Maka:

P_s untuk $T = 22.52$ adalah

$$\frac{22.52 - 22}{24 - 22} = \frac{P - 2.642}{2.982 - 2.642}$$

$$0.0945 = P - 2.642$$

$$P_s = 2.7304 \text{ kpa}$$

P_g interpolasi dari lampiran 2

$$\text{Untuk } T = 29 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad P = 4.0055$$

$$T = 30 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad P = 4.2431$$

Maka:

P_g untuk $T = 29.5$ adalah

$$\frac{29.5 - 29}{30 - 29} = \frac{P - 4.0055}{4.2431 - 4.0055}$$

$$0.01188 = P - 4.0055$$

$$P_g = 4.1243 \text{ kpa}$$

Kelembaban Absolut

$$\begin{aligned}
 W &= 0,622 \frac{P_s}{P_t - P_s} \\
 &= 0,622 \frac{2,7304}{101,325 - 2,7304} \\
 &= 0,01722 \text{ kg uap air / kg udara kering}
 \end{aligned}$$

Kelembaban Relatif

$$\begin{aligned}
 \Phi &= \frac{P_s}{P_g} \times 100\% \\
 &= \frac{2,7304}{4,1243} = 66,20\%
 \end{aligned}$$

Entalpi

$$\begin{aligned}
 h &= 1,005 (t) + W [2501 + 1,859 (t)] \\
 &= 1,005 (29,5 \text{ } ^\circ\text{C}) + 0,01722 \text{ kg/kg} [2501 + 1,859 (29,5 \text{ } ^\circ\text{C})] \\
 &= 73,68 \text{ kJ/kg udara kering}
 \end{aligned}$$

Volume Spesifik

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{R_a T}{P_t - P_s} \\
 &= \frac{287(29,5 \text{ } ^\circ\text{C} + 273,15)}{101325 \text{ Pa} - 2730,4 \text{ Pa}} \\
 &= 0,880 \text{ m}^3/\text{kg udara kering}
 \end{aligned}$$

Setelah koil pendingin

Diketahui:

$$T_{db} = 21,83 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{wb} = 20,83 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{dp} = 21,66 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (Bagan psikrometrik)}$$

P_s interpolasi dari lampiran 1

$$\text{Untuk } T = 20 \text{ } ^\circ\text{C} \quad P = 2.337$$

$$T = 22 \text{ } ^\circ\text{C} \quad P = 2.642$$

Maka:

P_s untuk $T = 21.66$ adalah

$$\frac{21.66 - 20}{22 - 20} = \frac{P - 2.337}{2.642 - 2.337}$$

$$0.25315 = P - 2.337$$

$$P_s = 2.5901 \text{ kpa}$$

P_g interpolasi dari lampiran 2

$$\text{Untuk } T = 21 \text{ } ^\circ\text{C} \quad P = 2.4861$$

$$T = 22 \text{ } ^\circ\text{C} \quad P = 2.6431$$

Maka:

P_g untuk $T = 21.83$ adalah

$$\frac{21.83 - 21}{22 - 21} = \frac{P - 2.4861}{2.6431 - 2.4861}$$

$$0.13031 = P - 2.4861$$

$$P_g = 2.6164 \text{ kpa}$$

Kelembaban Absolut

$$\begin{aligned} W &= 0,622 \frac{P_s}{P_t - P_s} \\ &= 0,622 \frac{2,5901}{101,325 - 2,5901} \\ &= 0,01632 \text{ kg uap air / kg udara kering} \end{aligned}$$

Kelembaban Relatif

$$\begin{aligned} \Phi &= \frac{P_s}{P_g} \times 100\% \\ &= \frac{2,5901}{2,6164} = 98,99\% \end{aligned}$$

Entalpi

$$\begin{aligned} h &= 1,005 (t) + W [2501 + 1,859 (t)] \\ &= 1,005 (21,83 \text{ } ^\circ\text{C}) + 0,01632 \text{ kg/kg} [2501 + 1,859 (21,83 \text{ } ^\circ\text{C})] \\ &= 63,42 \text{ kJ/kg udara kering} \end{aligned}$$

Volume Spesifik

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{R_a T}{P_t - P_s} \\
 &= \frac{287(21,83^\circ C + 273,15)}{101325 Pa - 2730,4 Pa} \\
 &= 0,857 \text{ m}^3/\text{kg udara kering}
 \end{aligned}$$

4.6.2. Perhitungan rata-rata kondisi 2, kipas dengan kecepatan 2000 rpm**2. Koil Pendingin****Sebelum koil pendingin**

Diketahui:

$$\begin{aligned}
 T_{db} &= 29,5^\circ C \\
 T_{wb} &= 24,5^\circ C \\
 T_{dp} &= 22,52^\circ C \text{ (Bagan psikrometrik)} \\
 P_s &\text{ interpolasi dari lampiran 1} \\
 &\text{Untuk } T = 22^\circ C \quad P = 2.642 \\
 &\quad \quad \quad T = 24^\circ C \quad P = 2.982
 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
 P_s \text{ untuk } T = 22,52 \text{ adalah} \\
 \frac{22,52 - 22}{24 - 22} &= \frac{P - 2.642}{2.982 - 2.642} \\
 0,0945 &= P - 2.642
 \end{aligned}$$

$$P_s = 2.7304 \text{ kpa}$$

 P_g interpolasi dari lampiran 2

$$\begin{aligned}
 &\text{Untuk } T = 29^\circ C \quad P = 4.0055 \\
 &\quad \quad \quad T = 30^\circ C \quad P = 4.2431
 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
 P_g \text{ untuk } T = 29,5 \text{ adalah} \\
 \frac{29,5 - 29}{30 - 29} &= \frac{P - 4.0055}{4.2431 - 4.0055} \\
 0,01188 &= P - 4.0055
 \end{aligned}$$

$$P_g = 4.1243 \text{ kpa}$$

Kelembaban Absolut

$$\begin{aligned}
 W &= 0,622 \frac{P_s}{P_t - P_s} \\
 &= 0,622 \frac{2,7304}{101,325 - 2,7304} \\
 &= 0,01722 \text{ kg uap air / kg udara kering}
 \end{aligned}$$

Kelembaban Relatif

$$\begin{aligned}
 \phi &= \frac{P_s}{P_g} \times 100\% \\
 &= \frac{2,7304}{4,1243} = 66,20\%
 \end{aligned}$$

Entalpi

$$\begin{aligned}
 h &= 1,005 (t) + W [2501 + 1,859 (t)] \\
 &= 1,005 (29,5 \text{ }^\circ\text{C}) + 0,01722 \text{ kg/kg} [2501 + 1,859 (29,5 \text{ }^\circ\text{C})] \\
 &= 73,68 \text{ kJ/kg udara kering}
 \end{aligned}$$

Volume Spesifik

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{R_a T}{P_t - P_s} \\
 &= \frac{287(29,5 \text{ }^\circ\text{C} + 273,15)}{101325 \text{ Pa} - 2730,4 \text{ Pa}} \\
 &= 0,880 \text{ m}^3/\text{kg udara kering}
 \end{aligned}$$

Setelah koil pendingin

Diketahui:

$$T_{db} = 21,83 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_{wb} = 21 \text{ }^\circ\text{C}$$

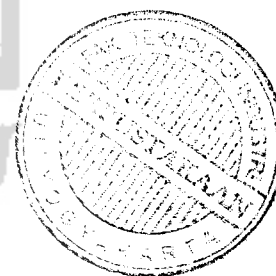
$$T_{dp} = 20,44 \text{ }^\circ\text{C} \text{ (Bagan psikrometrik)}$$

P_s interpolasi dari lampiran 1

$$T = 20 \text{ }^\circ\text{C} \quad P = 2.337$$

$$T = 22 \text{ }^\circ\text{C} \quad P = 2.642$$

Maka:



P_s untuk $T = 20.44$ adalah

$$\frac{20.44 - 20}{22 - 20} = \frac{P - 2.337}{2.642 - 2.337}$$

$$0.0671 = P - 2.337$$

$$P_s = 2.4041 \text{ kpa}$$

P_g interpolasi dari lampiran 2

$$\text{Untuk } T = 21 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \rightarrow \quad P = 2.4861$$

$$T = 22 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \rightarrow \quad P = 2.6431$$

Maka:

P_g untuk $T = 21.83$ adalah

$$\frac{21.83 - 21}{22 - 21} = \frac{P - 2.4861}{2.6431 - 2.4861}$$

$$0.13031 = P - 2.4861$$

$$P_g = 2.6164 \text{ kpa}$$

Kelembaban Absolut

$$\begin{aligned} W &= 0,622 \frac{P_s}{P_t - P_s} \\ &= 0,622 \frac{2,4041}{101,325 - 2,4041} \\ &= 0,01512 \text{ kg uap air / kg udara kering} \end{aligned}$$

Kelembaban Relatif

$$\begin{aligned} \phi &= \frac{P_s}{P_g} \times 100\% \\ &= \frac{2,4041}{2,6164} = 91,89\% \end{aligned}$$

Entalpi

$$\begin{aligned} h &= 1,005 (t) + W [2501 + 1,859 (t)] \\ &= 1,005 (21,83 \text{ } ^\circ\text{C}) + 0,01512 \text{ kg/kg} [2501 + 1,859 (21,83 \text{ } ^\circ\text{C})] \\ &= 60,37 \text{ kJ/kg udara kering} \end{aligned}$$

Volume Spesifik

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{R_w T}{P_t - P_s} \\
 &= \frac{287(21,83^\circ \text{C} + 273,15)}{101325 \text{Pa} - 2730,4 \text{Pa}} \\
 &= 0,855 \text{ m}^3/\text{kg udara kering}
 \end{aligned}$$

4.6.3. Perhitungan rata-rata kondisi 3, kipas dengan kecepatan 2200 rpm**3. Koil Pendingin****Sebelum koil pendingin**

Diketahui:

$$T_{db} = 29^\circ \text{C}$$

$$T_{wb} = 24,5^\circ \text{C}$$

$$T_{dp} = 22,50^\circ \text{C} \text{ (Bagan psikrometrik)}$$

 P_s interpolasi dari lampiran 1

$$\text{Untuk } T = 22^\circ \text{C} \quad P = 2.642$$

$$T = 24^\circ \text{C} \quad P = 2.982$$

Maka:

 P_s untuk $T = 22.50$ adalah

$$\frac{22.50 - 22}{24 - 22} = \frac{P - 2.642}{2.982 - 2.642}$$

$$0.085 = P - 2.642$$

$$P_s = 2.727 \text{ kpa}$$

$$P_g = 4,005 \text{ kpa (lampiran 2)}$$

Kelembaban Absolut

$$\begin{aligned}
 W &= 0,622 \frac{P_s}{P_t - P_s} \\
 &= 0,622 \frac{2,727}{101,325 - 2,727} \\
 &= 0,0172 \text{ kg uap air / kg udara kering}
 \end{aligned}$$

Kelembaban Relatif

$$\begin{aligned}\phi &= \frac{P_s}{P_g} \times 100\% \\ &= \frac{2,727}{4,005} = 68,09\%\end{aligned}$$

Entalpi

$$\begin{aligned}h &= 1,005 (t) + W [2501 + 1,859 (t)] \\ &= 1,005 (29^\circ\text{C}) + 0,0172 \text{ kg/kg} [2501 + 1,859 (29^\circ\text{C})] \\ &= 73,09 \text{ kJ/kg udara kering}\end{aligned}$$

Volume Spesifik

$$\begin{aligned}v &= \frac{R_a T}{P_t - P_s} \\ &= \frac{287(29^\circ\text{C} + 273,15)}{101325\text{Pa} - 2730,4\text{Pa}} \\ &= 0,879 \text{ m}^3/\text{kg udara kering}\end{aligned}$$

Setelah koil pendingin

Diketahui:

$$T_{db} = 22^\circ\text{C}$$

$$T_{wb} = 21,66^\circ\text{C}$$

$$T_{dp} = 21^\circ\text{C} \text{ (Bagan psikrometrik)}$$

P_s interpolasi dari lampiran 1

$$\text{Untuk } T = 20^\circ\text{C} \quad P = 2,337$$

$$T = 22^\circ\text{C} \quad P = 2,642$$

Maka:

P_s untuk $T = 20,44$ adalah

$$\frac{21 - 20}{22 - 20} = \frac{P - 2,337}{2,642 - 2,337}$$

$$0,1525 = P - 2,337$$

$$P_s = 2,489 \text{ kpa}$$

$$P_g = 2,643 \text{ kpa (Lampiran 2)}$$

Kelembaban Absolut

$$\begin{aligned}
 W &= 0,622 \frac{P_s}{P_t - P_s} \\
 &= 0,622 \frac{2,489}{101,325 - 2,489} \\
 &= 0,0156 \text{ kg uap air / kg udara kering}
 \end{aligned}$$

Kelembaban Relatif

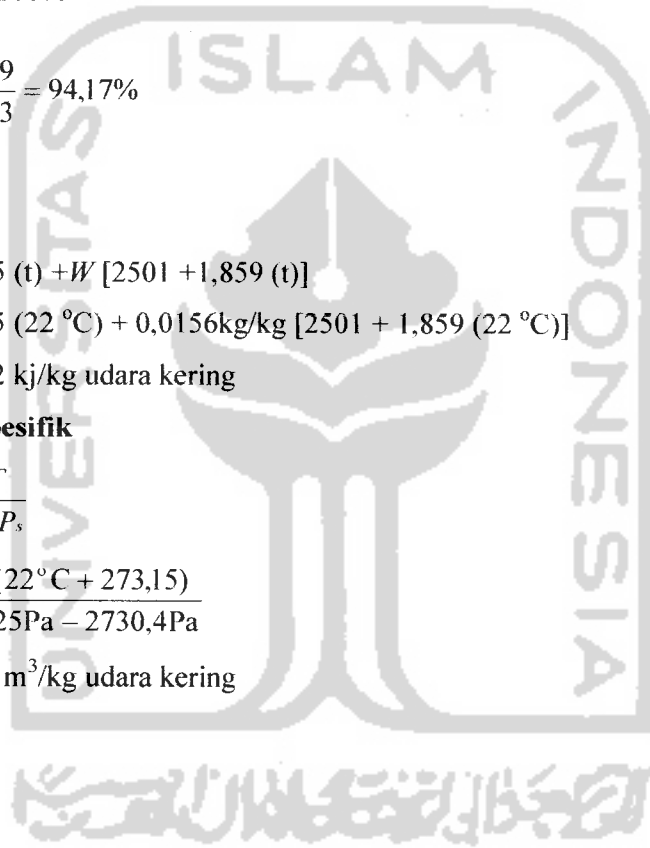
$$\begin{aligned}
 \Phi &= \frac{P_s}{P_g} \times 100\% \\
 &= \frac{2,489}{2,643} = 94,17\%
 \end{aligned}$$

Entalpi

$$\begin{aligned}
 h &= 1,005 (t) + W [2501 + 1,859 (t)] \\
 &= 1,005 (22^\circ\text{C}) + 0,0156\text{kg/kg} [2501 + 1,859 (22^\circ\text{C})] \\
 &= 61,92 \text{ kJ/kg udara kering}
 \end{aligned}$$

Volume Spesifik

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{R_a T}{P_t - P_s} \\
 &= \frac{287(22^\circ\text{C} + 273,15)}{101325\text{Pa} - 2730,4\text{Pa}} \\
 &= 0,856 \text{ m}^3/\text{kg udara kering}
 \end{aligned}$$



BAB V
ANALISIS PEMBUATAN ALAT
DAN DATA HASIL PERHITUNGAN

5.1 Analisis Pembuatan Alat

Pada pengujian yang telah dilakukan pada alat yang dibuat khususnya bagian koil pendingin yang menggunakan material tembaga serta material alumunium pada bagian sirip pendingin. Sebelum dilakukan pembuatan bagian koil pendingin dengan material tembaga dan menggunakan sirip pendingin dengan material aluminium tersebut, juga telah dilakukan pembuatan bagian koil pendingin dengan material tembaga tetapi tidak menggunakan sirip pendingin.

Akan tetapi pada saat dilakukan pengujian, perpindahan kalor terjadi kurang sempurna. Dari pengujian itu dapat diperoleh beberapa analisis kegagalan dari alat yang telah dibuat:

- a. Penggunaan material tembaga dengan dimensi pipa yang besar dan susunan yang kompleks pada pembuatan koil pendingin merupakan salah satu penyebab kurang sempurnanya perpindahan kalor.
- b. Diameter pipa yang terlalu besar menyebabkan terjadi ruang kosong antara pipa dengan air, akibat dari penyesuaian pompa yang sulit ditemukan.

Berdasarkan dari hasil pengujian-pengujian terdahulu, maka dipilihlah koil pendingin dengan penambahan sirip pendingin. Material yang digunakan pipa tembaga pada koil pendingin dan aluminium untuk sirip pendingin. Pemilihan kedua material tersebut didasarkan pada nilai lebih yang dimiliki oleh keduanya diantaranya:

1. Penambahan sirip pendingin dari bahan aluminium dengan maksud memperluas permukaan yang bersentuhan dengan udara
2. Aluminium sebagai material dari sirip pendingin tahan terhadap korosi selain itu aluminium juga memiliki berat yang lebih ringan dibandingkan tembaga
3. Aluminium juga sebagai penghantar panas yang baik.

Setelah dilakukan perbaikan-perbaikan pada sistem pengkondisian udara maka proses selanjutnya adalah pengambilan data, nilai keluaran dicatat berdasarkan bagan psikrometrik dan dasar-dasar teori pada bab sebelumnya. Proses perhitungan menggunakan software EES (*Engineering Equation Solver*) dilakukan untuk mengetahui pengaruh besar kecilnya kecepatan fan terhadap kelembaban udara yang dihasilkan oleh sistem pengkondisian udara.

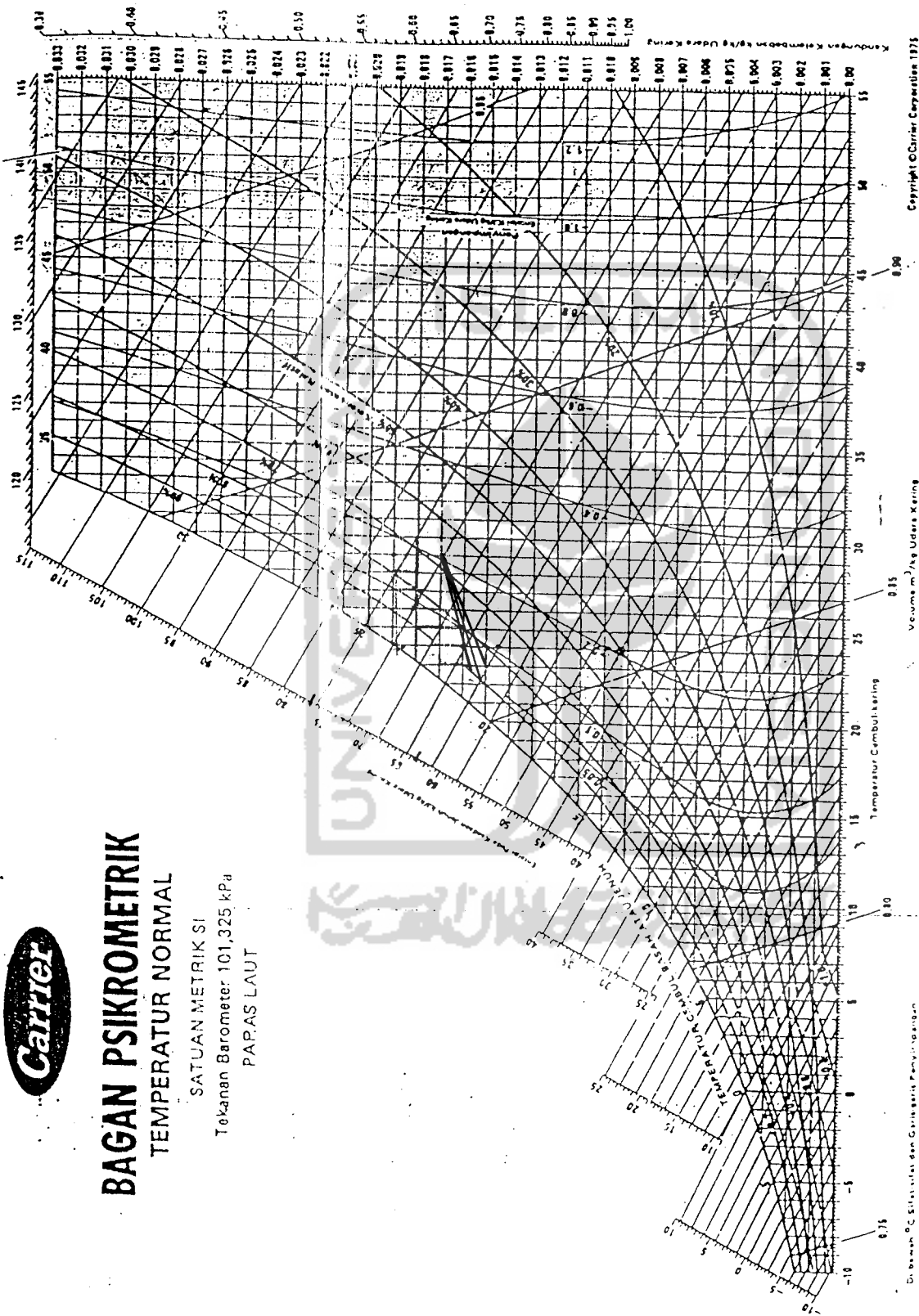
5.2. Analisis kondisi 1,2, dan 3, kipas dengan kecepatan 1800rpm, 2000 rpm, 2200 rpm pada koil pendingin

Gambar 5.2. menunjukkan proses pendingin udara, yang selanjutnya dilustrasikan melalui gambar 5.2.a dan 5.2.b. Secara ideal, apabila udara lembab didinginkan perlahan-lahan, maka garis kondisi akan mencapai garis jenuh tepat pada titik 4. Namun, dalam kenyataannya pendinginan semacam itu tidak pernah terjadi. Hal itu disebabkan karena hanya sebagian udara saja yang menyentuh permukaan koil pendingin dan didinginkan sampai mencapai temperatur hampir sama dengan permukaannya. Sebagian bagian udara sisanya melewati ruang di antara pipa koil pendingin. Oleh karena itu, keadaan udara tersebut pada garis kondisi gambar 5.2.b, melukiskan pencampuran adiabatik antara udara yang tidak menyentuh koil dan udara yang menyentuh koil pendingin. Perbandingan antara udara yang menyentuh koil dan jumlah udara total disebut faktor sentuh (*contact factor, CF*), sedangkan perbandingan antara udara yang tidak menyentuh koil pendingin dan jumlah udara total disebut faktor simpang (*by-pass factor, BF*), sehingga $(CF + BF) = 1$



BAGAN PSIKROMETRIK TEMPERATUR NORMAL

SATUAN METRIK SI
Tekanan Barometer 101,325 kPa
PARAS LAUT



Copyright © Carrier Corporation 1975
Cat. No. 734-002 Printed in U.S.A.

Temperatur Cembul kering
Volume m³/kg Udara Kering

Gambar 5.2 Grafik koil pendingin

- Biru = Kondisi 1, kipas dengan kecepatan 1800 rpm
- Merah = Kondisi 2, kipas dengan kecepatan 2000 rpm
- Hitam = Kondisi 3, kipas dengan kecepatan 2200 rpm

Dibawah © Sitasi dan Grafikaris Penyilindangan
Entitas Asiam Unites Et

2. Kondisi 2 kipas dengan kecepatan 2000 rpm

Diketahui : $h_1 = 73,68 \text{ kJ/kg}$

$h_2 = 60,37 \text{ kJ/kg}$

$h_{dp} = 57,5 \text{ kJ/kg}$ (bagan psikrometrik)

$$\begin{aligned} BF &= \frac{73,68 \text{ kJ/kg} - 60,37 \text{ kJ/kg}}{73,68 \text{ kJ/kg} - 57,5 \text{ kJ/kg}} \\ &= 0,82 \end{aligned}$$

3. Kondisi 3 kipas dengan kecepatan 2200 rpm

Diketahui : $h_1 = 73,09 \text{ kJ/kg}$

$h_2 = 61,92 \text{ kJ/kg}$

$h_{dp} = 60,5 \text{ kJ/kg}$ (bagan psikrometrik)

$$\begin{aligned} BF &= \frac{73,09 \text{ kJ/kg} - 61,92 \text{ kJ/kg}}{73,09 \text{ kJ/kg} - 60,5 \text{ kJ/kg}} \\ &= 0,88 \end{aligned}$$

Faktor simpang BF terbesar terjadi pada kondisi 3 kipas dengan kecepatan 2200 rpm. Hal ini terjadi karena kecepatan aliran udara terlalu tinggi mengakibatkan waktu kontak udara dengan koil pendingin semakin singkat. Semakin singkat waktu kontak udara dengan koil pendingin mengakibatkan faktor simpang semakin besar.

$$SHF = \frac{SH}{TH} = \frac{SH}{SH + LH} = \frac{h_1 - h_2}{(h_1 - h_2) + (h_1 - h_t)}$$

$$LHF = \frac{LH}{TH} = \frac{LH}{SH + LH} = \frac{h_1 - h_2}{(h_1 - h_2) + (h_1 - h_t)}$$

Dimana :

h_1 = entalpi pada kondisi awal

h_2 = entalpi pada kondisi akhir

h_t = entalpi antara kondisi awal dan akhir (bagan psikrometrik)

SH = panas sensibel

LH = panas laten

SHF = faktor kalor sensibel

LHF = faktor kalor laten

1. Kondisi 1 kipas dengan kecepatan 1800 rpm

$$\text{Diketahui : } h_1 = 73,68 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{: } h_2 = 63,42 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{: } h_t = 68,51 \text{ (bagan psikrometrik)}$$

$$\text{SHF} = \frac{5,09}{10,26} = 0,496$$

$$\text{LHF} = \frac{5,17}{10,26} = 0,504$$

Tabel 5.2 Perhitungan SHF dan LHF Koil Pendingin

Pendingin	Kondisi 1	Kondisi 2	Kondisi 3
h_1 (kJ/kg)	73,68	73,68	70,09
h_2 (kJ/kg)	63,42	66,70	67,48
h_t (kJ/kg)	68,51	66,70	67,48
SH (kJ/kg)	5,09	6,33	5,66
LH (kJ/kg)	5,17	6,99	5,61
TH (kJ/kg)	10,26	13,32	11,17
SHF	0,496	0,475	0,498
LHF	0,504	0,524	0,502

Berdasarkan data hasil perhitungan dan tabel 5.2 di atas, faktor kalor sensibel dan faktor kalor laten (SHF dan LHF) mengalami perubahan pada kondisi 1, kipas dengan kecepatan 1800 rpm, kondisi 2, kipas dengan kecepatan 2000 rpm dan kondisi 3, kipas dengan kecepatan 2200 rpm. SHF terbesar terjadi pada kondisi 3, kipas dengan kecepatan 2200 rpm ini berarti perubahan kelembaban absolutnya paling sedikit diantara kondisi yang lain. Hal ini sebagai akibat dari kecepatan aliran udara yang terlalu tinggi sebelum koil pendingin. dan LHF terbesar terjadi pada kondisi 2 kipas dengan kecepatan 2000 rpm .

Dari perhitungan sifat-sifat udara pada koil pendingin didapatkan hasil yang sesuai dengan bagan psikrometrik. Hal ini menunjukkan bahwa pada koil pendingin terjadi proses pendinginan dan pengurangan kelembaban.

BAB VI

PENUTUP

6.1. Kesimpulan

Dari hasil percobaan dan pembahasan tersebut di atas, maka dapat diambil beberapa kesimpulan mengenai pengujian, analisis kelembaban udara dan analisis pembuatan alat. pada sistem pengkondisian udara adalah sebagai berikut:

1. Kecepatan aliran udara yang terlalu tinggi mengakibatkan waktu kontak udara dengan koil pendingin semakin singkat, Semakin singkat waktu kontak udara dengan koil pendingin mengakibatkan faktor simpang (BF) semakin besar. Terjadi pada kondisi 3 kipas dengan kecepatan 2200 rpm.
2. Sistem pengkondisian udara sederhana dengan menggunakan sistem fan dan koil belum bisa bekerja secara maksimal dikarenakan air yang disirkulasikan temperaturnya akan cepat berubah naik dikarenakan kapasitas mesin refrigerasi yang kecil.

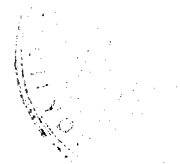
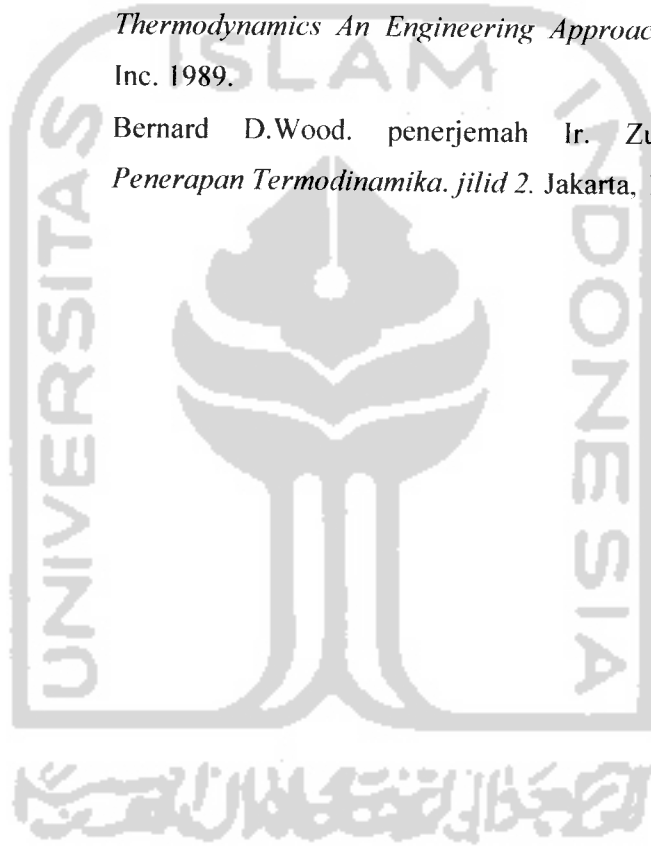
6.2. Saran

Saran-saran berikut dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya:

1. Penggunaan unit refrigerasi yang lebih optimal agar diperoleh temperatur air lebih rendah
2. Perancangan sistem pengkondisian udara dengan menggunakan sistem fan dan koil agar diperhatikan kecepatan aliran udara guna penelitian berikutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [WHR86] W. Arismunandar, Heizo Saito. *Penyegaran Udara*. Jakarta, 1986.
- [WBT 92] W. F. Stoecker, J. W. Jones. Penerjemah Ir. Supratman Hara. *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*. Jakarta, 1992.
- [CEN89] Dr. Yunus A. Çengel, Dr. Michael A. Boles. *Thermodynamics An Engineering Approach*. McGraw-Hill, Inc. 1989.
- [BERD88] Bernard D.Wood. penerjemah Ir. Zulkifli Harahap. *Penerapan Termodinamika. jilid 2*. Jakarta, 1988





APPENDIKS

Tabel A-1 Air: Sifat-sifat cairan dan uap jenuh

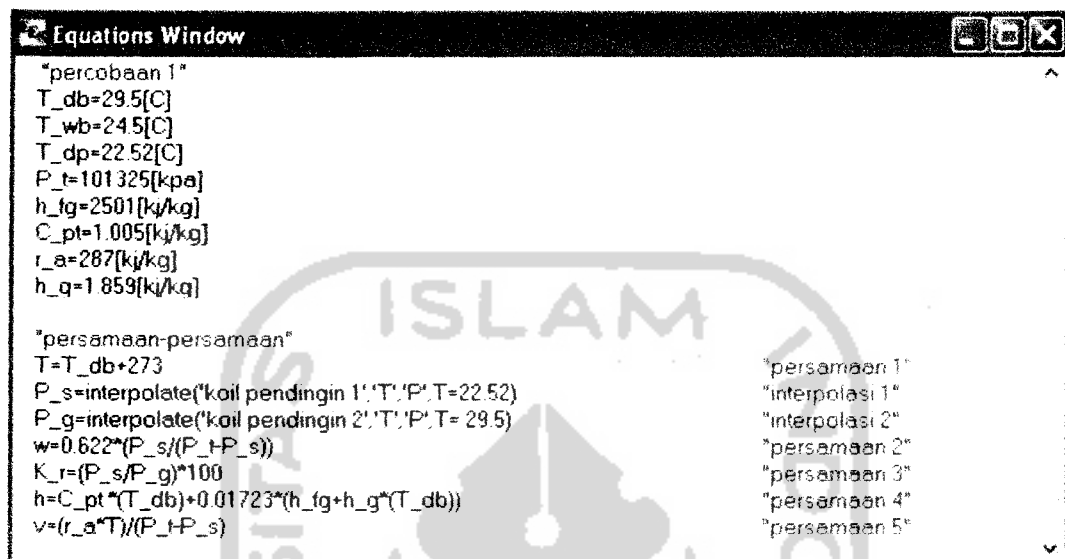
$t, ^\circ\text{C}$	Tekanan jenuh, kPa	Volume spesifik, m^3/kg		Entalpi kJ/kg		Entropi, kJ/kg \cdot K	
		Cairan	Gas	Cairan	Gas	Cairan	Gas
0	0,6108	0,0010002	206,3	- 0,04	2501,6	-0,0002	9,1577
2	0,7055	0,0010001	179,9	8,39	2505,2	0,0306	9,1047
4	0,8129	0,0010000	157,3	16,80	2508,9	0,0611	9,0526
6	0,9345	0,0010000	137,8	25,21	2512,6	0,0913	9,0015
8	1,0720	0,0010001	121,0	33,60	2516,2	0,1213	8,9513
10	1,2270	0,0010003	106,4	41,99	2519,9	0,1510	8,9020
12	1,4014	0,0010004	93,84	50,38	2523,6	0,1805	8,8536
14	1,5973	0,0010007	82,90	58,75	2527,2	0,2098	8,8060
16	1,8168	0,0010010	73,38	67,13	2530,9	0,2388	8,7593
18	2,062	0,0010013	65,09	75,50	2534,5	0,2677	8,7135
20	2,337	0,0010017	57,84	83,86	2538,2	0,2963	8,6684
22	2,642	0,0010022	51,49	92,23	2541,8	0,3247	8,6241
24	2,982	0,0010026	45,93	100,59	2545,5	0,3530	8,5806
26	3,360	0,0010032	41,03	108,95	2549,1	0,3810	8,5379
28	3,778	0,0010037	36,73	117,31	2552,7	0,4088	8,4959
30	4,241	0,0010043	32,93	125,66	2556,4	0,4365	8,4546
32	4,753	0,0010049	29,57	134,02	2560,0	0,4640	8,4140
34	5,318	0,0010056	26,60	142,38	2563,6	0,4913	8,3740
36	5,940	0,0010063	23,97	150,74	2567,2	0,5184	8,3348
38	6,624	0,0010070	21,63	159,09	2570,8	0,5453	8,2962
40	7,375	0,0010078	19,55	167,45	2574,4	0,5721	8,2583
42	8,198	0,0010086	17,69	175,31	2577,9	0,5987	8,2209
44	9,100	0,0010094	16,04	184,17	2581,5	0,6252	8,1842
46	10,086	0,0010103	14,56	192,53	2585,1	0,6514	8,1481
48	11,162	0,0010112	13,23	200,89	2588,6	0,6776	8,1125
50	12,335	0,0010121	12,05	209,26	2592,2	0,7035	8,0776
52	13,613	0,0010131	10,98	217,62	2595,7	0,7293	8,0432
54	15,002	0,0010140	10,02	225,98	2599,2	0,7550	8,0093
56	16,511	0,0010150	9,159	234,35	2602,7	0,7804	7,9759
58	18,147	0,0010161	8,381	242,72	2606,2	0,8058	7,9431
50	19,920	0,0010171	7,679	251,09	2609,7	0,8310	7,9108
62	21,84	0,0010182	7,044	259,46	2613,2	0,8560	7,8790
64	23,91	0,0010193	6,469	267,84	2616,6	0,8809	7,8477
66	26,15	0,0010205	5,948	276,21	2620,1	0,9057	7,8168
68	28,56	0,0010217	5,476	284,59	2623,5	0,9303	7,7864
70	31,16	0,0010228	5,046	292,97	2626,9	0,9548	7,7565

Tabel A-2 Lembab udara:² sifat-sifat termodinamik udara jenuh pada tekanan atmosfer 101,325 kPa.

$t, ^\circ\text{C}$	Tekanan gas, kPa	Perbandingan kelembaban, kg/kg	Volume spesifik, m^3/kg	Entalpi, kJ/kg
-40	0,01283	0,000079	0,6597	-40,041
-35	0,02233	0,000138	0,6740	-34,868
-30	0,03798	0,000234	0,6884	-29,600
-25	0,06324	0,000390	0,7028	-24,187
-20	0,10318	0,000637	0,7173	-18,546
-18	0,12482	0,000771	0,7231	-16,203
-16	0,15056	0,000930	0,7290	-13,795
-14	0,18107	0,001119	0,7349	-11,314
-12	0,21716	0,001342	0,7409	-8,745
-10	0,25971	0,001606	0,7469	-6,073
-8	0,30975	0,001916	0,7529	-3,285
-6	0,36846	0,002280	0,7591	-0,360
-4	0,43716	0,002707	0,7653	2,724
-2	0,51735	0,003206	0,7716	5,991
0	0,61072	0,003788	0,7781	9,470
1	0,6566	0,00407	0,7813	11,200
2	0,7055	0,00438	0,7845	12,978
3	0,7575	0,00471	0,7878	14,807
4	0,8130	0,00505	0,7911	16,692
5	0,8719	0,00542	0,7944	18,634
6	0,9347	0,00582	0,7978	20,639
7	1,0013	0,00624	0,8012	22,708
8	1,0722	0,00668	0,8046	24,848
9	1,1474	0,00716	0,8081	27,059
10	1,2272	0,00766	0,8116	29,348
11	1,3119	0,00820	0,8152	31,716
12	1,4017	0,00876	0,8188	34,172
13	1,4969	0,00937	0,8225	36,719
14	1,5977	0,01001	0,8262	39,362
15	1,7044	0,01069	0,8300	42,105
16	1,8173	0,01141	0,8338	44,955
17	1,9367	0,01218	0,8377	47,918
18	2,0630	0,01299	0,8417	50,998
19	2,1964	0,01384	0,8457	54,205
20	2,3373	0,01475	0,8498	57,544
21	2,4861	0,01572	0,8540	61,021
22	2,6431	0,01674	0,8583	64,646
23	2,8086	0,01781	0,8626	68,425
24	2,9832	0,01896	0,8671	72,366
25	3,1671	0,02016	0,8716	76,481
26	3,3609	0,02144	0,8763	80,777
27	3,5649	0,02279	0,8811	85,263
28	3,7797	0,02422	0,8860	89,952
29	4,0055	0,02572	0,8910	94,851
30	4,2431	0,02732	0,8961	99,977
31	4,4928	0,02900	0,9014	105,337
32	4,7552	0,03078	0,9068	110,946
33	5,0308	0,03266	0,9124	116,819
34	5,3201	0,03464	0,9182	122,968
35	5,6237	0,03674	0,9241	129,411
36	5,9423	0,03895	0,9302	136,161
37	6,2764	0,04129	0,9365	143,239
38	6,6265	0,04376	0,9430	150,660
39	6,9935	0,04636	0,9497	158,445
40	7,3778	0,04911	0,9567	166,615

LAMPIRAN 3 Tampilan EES (*Engineering Equation Solver*)

Tampilan EES “*Equation Windows*”



Gambar 3. Tampilan EES “*Equation Windows*”

Penulisan persamaan pada *Equation Windows*

“Data Percobaan 1 sebelum koil pendingin”

$$T_{db}=29.5[C]$$

$$T_{wb}=24.5[C]$$

$$T_{dp}=22.52[C]$$

$$P_t=101325[kpa]$$

$$h_{fg}=2501[kj/kg]$$

$$C_{pt}=1.005[kj/kg]$$

$$r_a=287[kj/kg]$$

$$h_g=1.859[kj/kg]$$

$$T=T_{db}+273$$

$$P_s = \text{interpolate}('koil pendingin 1', 'T', 'P', T=22.52)$$

$$P_g = \text{interpolate}('koil pendingin 2', 'T', 'P', T= 29.5)$$

$$W = 0.622 * (P_s / (P_t - P_s))$$

$$K_r = (P_s / P_g) * 100$$

$$H = C_{pt} * (T_{db}) + 0.01723 * (h_{fg} + h_g * (T_{db}))$$

$$V = (r_a * T) / (P_t - P_s)$$

Tampilan EES "Formatted Equation"

percobaan 1

$T_{db} = 29.5$ [C]

$T_{wb} = 24.5$ [C]

$T_{dp} = 22.52$ [C]

$P_t = 101325$ [kpa]

$h_{fg} = 2501$ [kJ/kg]

$C_{pt} = 1.005$ [kJ/kg]

$r_a = 287$ [kJ/kg]

$h_g = 1.859$ [kJ/kg]

persamaan-persamaan

$T = T_{db} + 273$ persamaan 1

$P_s = \text{interpolate}$ ('Koil Pendingin 1', T, 'P', T= 22.52) interpolasi 1

$P_g = \text{interpolate}$ ('koil pendingin 2', T, 'P', T= 29.5) interpolasi 2

$w = 0.622 \cdot \left[\frac{P_s}{P_t - P_s} \right]$ persamaan 2

$K_r = \frac{P_s}{P_g} \cdot 100$ persamaan 3

$h = C_{pt} \cdot T_{db} + 0.01723 \cdot (h_{fg} + h_g \cdot T_{db})$ persamaan 4

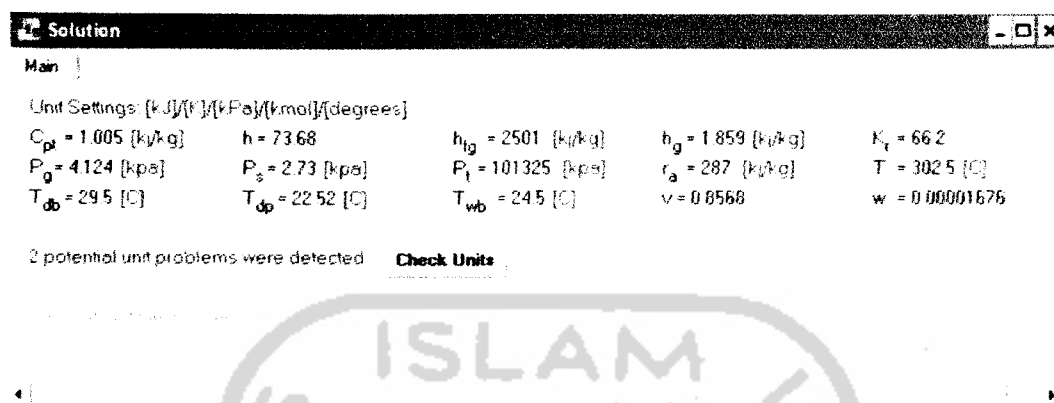
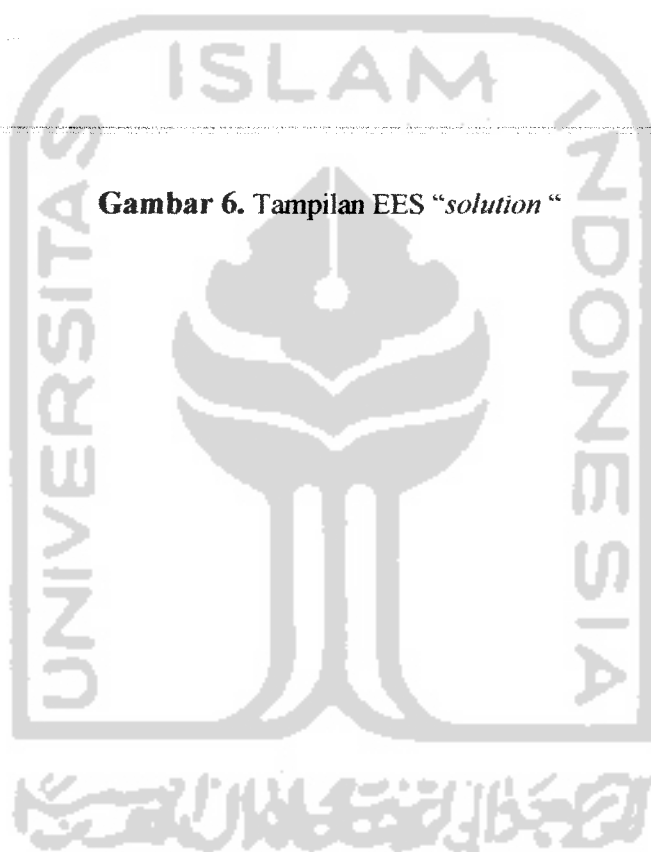
$v = \frac{r_a \cdot T}{P_t - P_s}$ persamaan 5

Gambar 4. Tampilan EES "Formatted Equation"

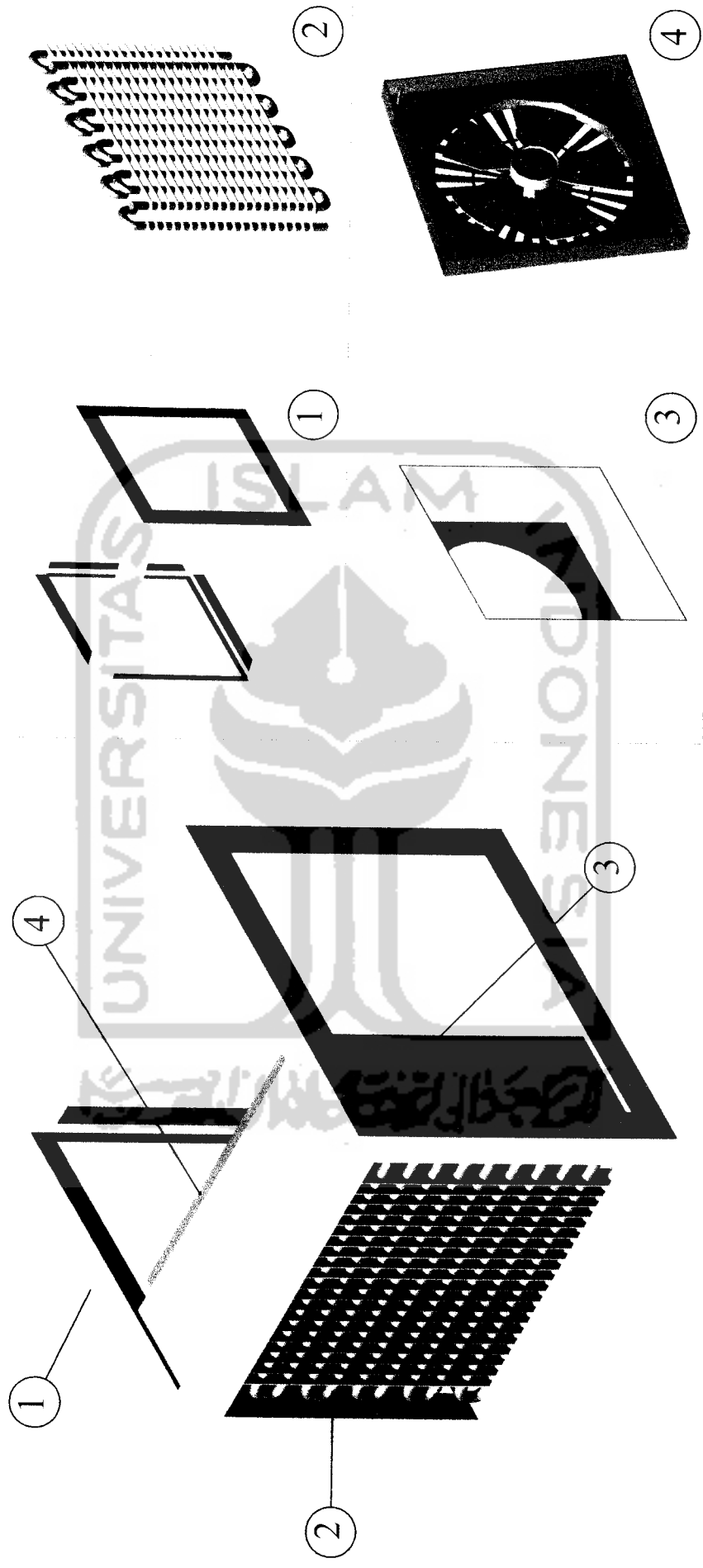
Tampilan EES "Look Up Table"

Koil Pendingin 1	koil pendingin 2	
	T [C]	P [kpa]
Row 1	22	2.642
Row 2	24	2.962

Gambar 5. Tampilan EES "Look Up Table"

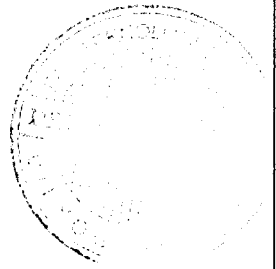
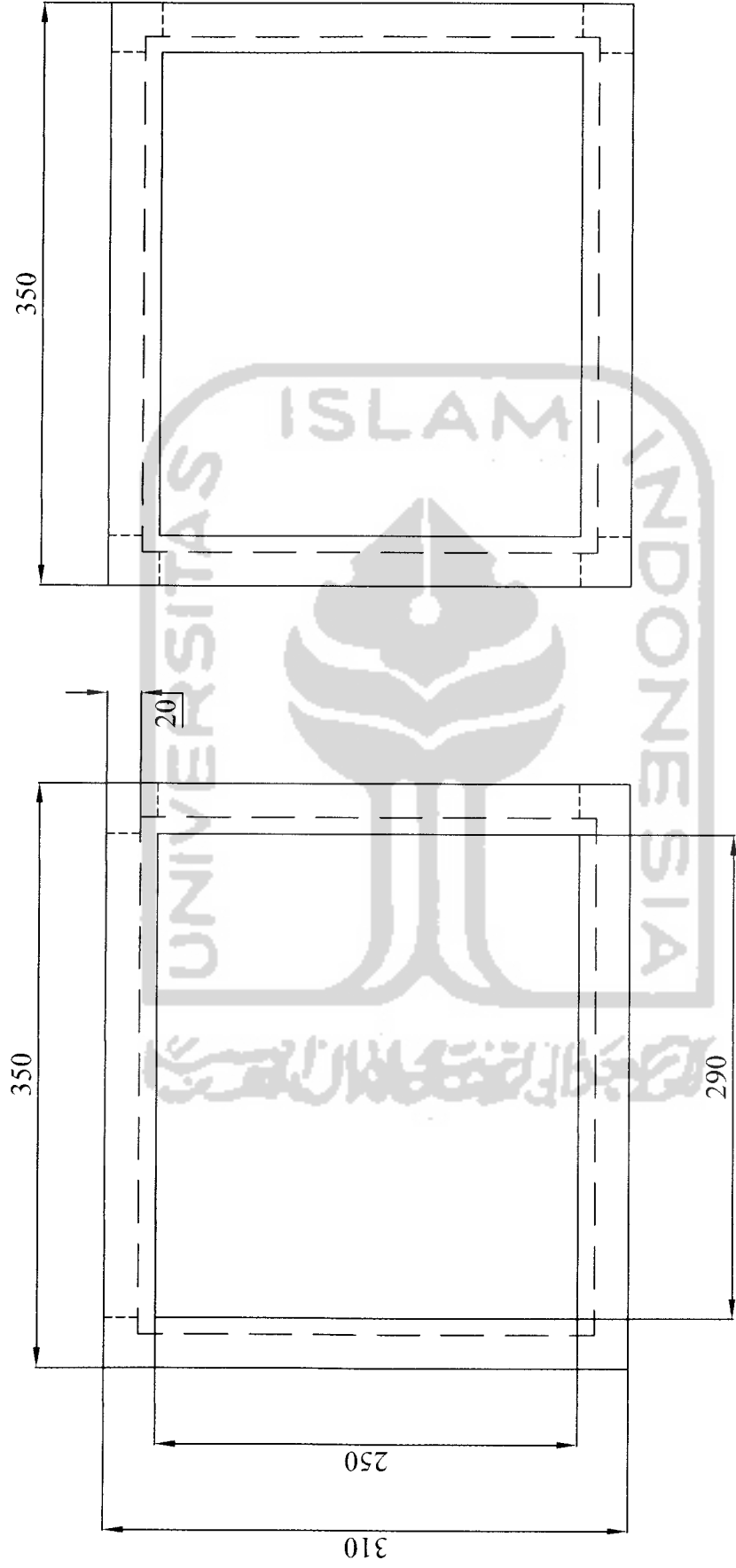
Tampilan EES “*Solution*”Gambar 6. Tampilan EES “*solution*”

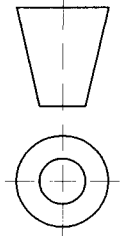
No.	Nama Bagian	Jml.	Ket.
1	Rangka Utama	1	
2	Koil Pendingin	1	
3	Kotak Pengarah Udara	1	
4	Kipas	1	



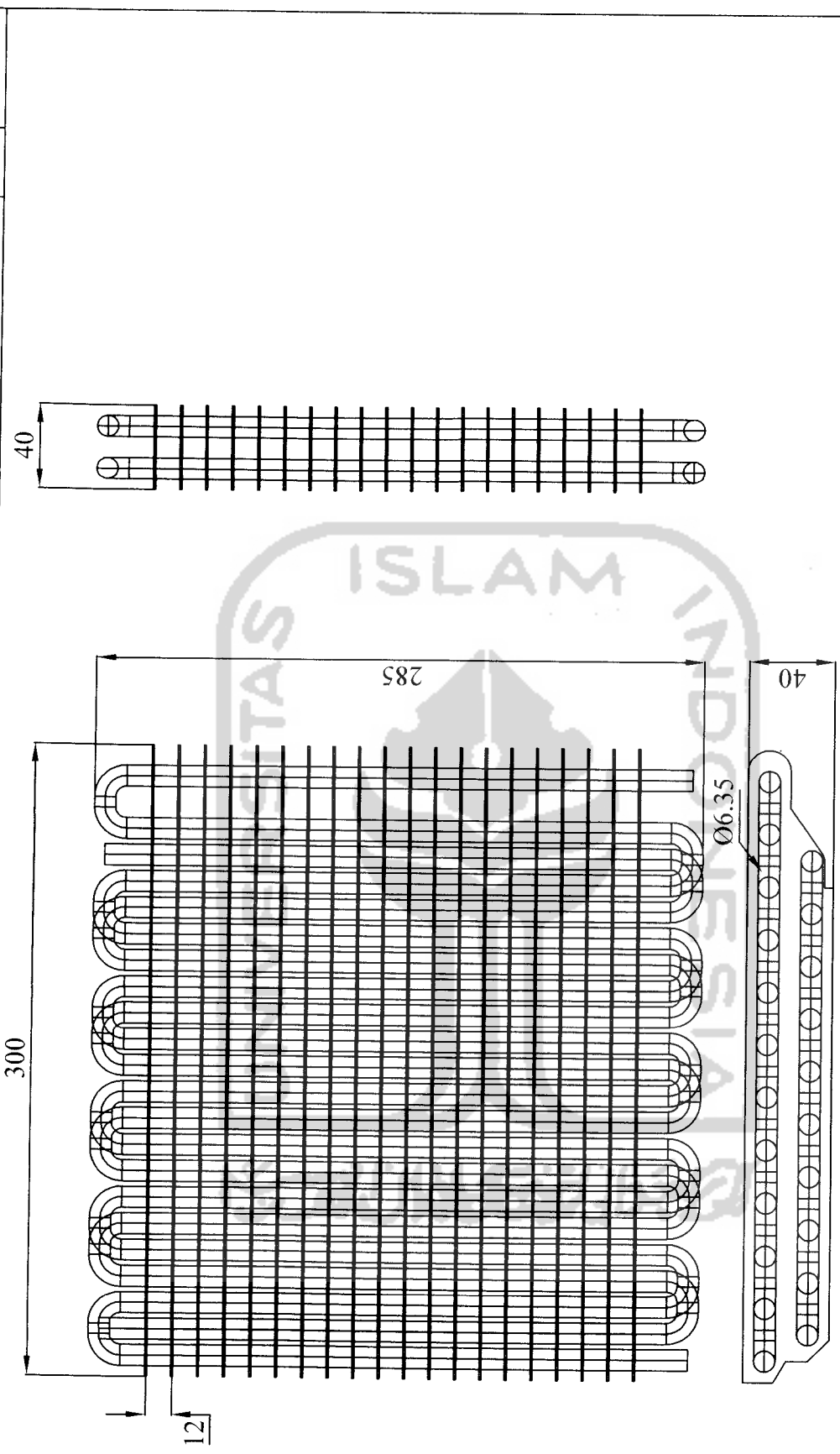
	SKALA : 1:5	DIGAMBAR : Nurfuadi	SKRIPSI
	SATUAN : Milimeter	JURUSAN : Teknik Mesin	
	TANGGAL : 19-12 - 2006	DISETUJUI : Agung Nugroho A, ST., MT.	
Universitas Islam Indonesia		<i>Alat Pengkondisian Udara</i>	
		2006	A ₄

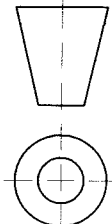
No.	Nama Bagian	Bahan	Jml.	Ket.
1	Rangka Utama	Baja	1	



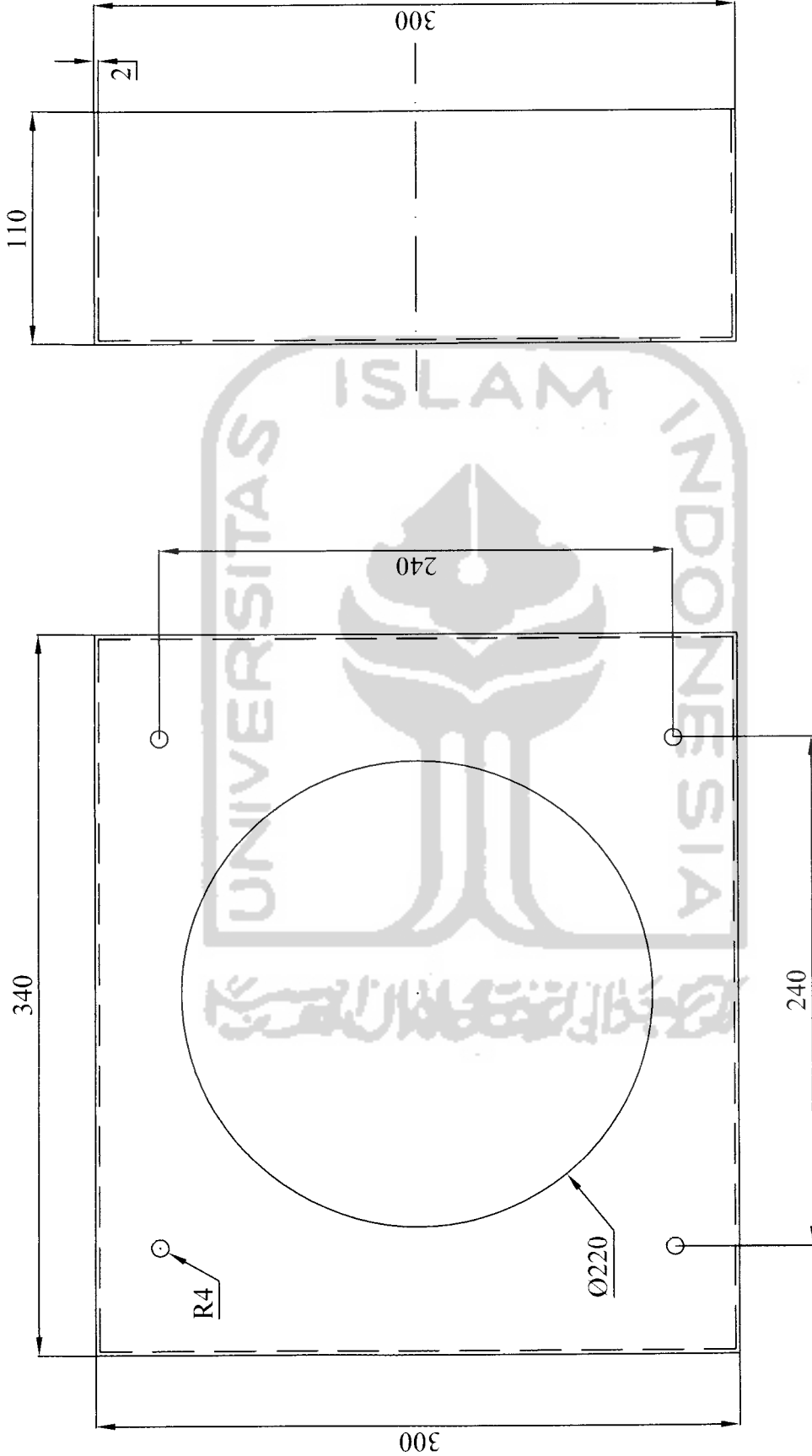
	SKALA : 1:4	DIGAMBAR : Nurfuadi	SKRIPSI
	SATUAN : Milimeter	JURUSAN : Teknik Mesin	
	TANGGAL : 19-12 - 2006	DISETUJUI : Agung Nugroho A, ST., MT.	
<i>Universitas Islam Indonesia</i>	Rangka Utama		2006 A₄

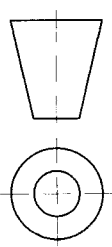
No.	Nama Bagian	Bahan	Jml.	Ket.
1	Koil Pendingin	Aluminium	1	



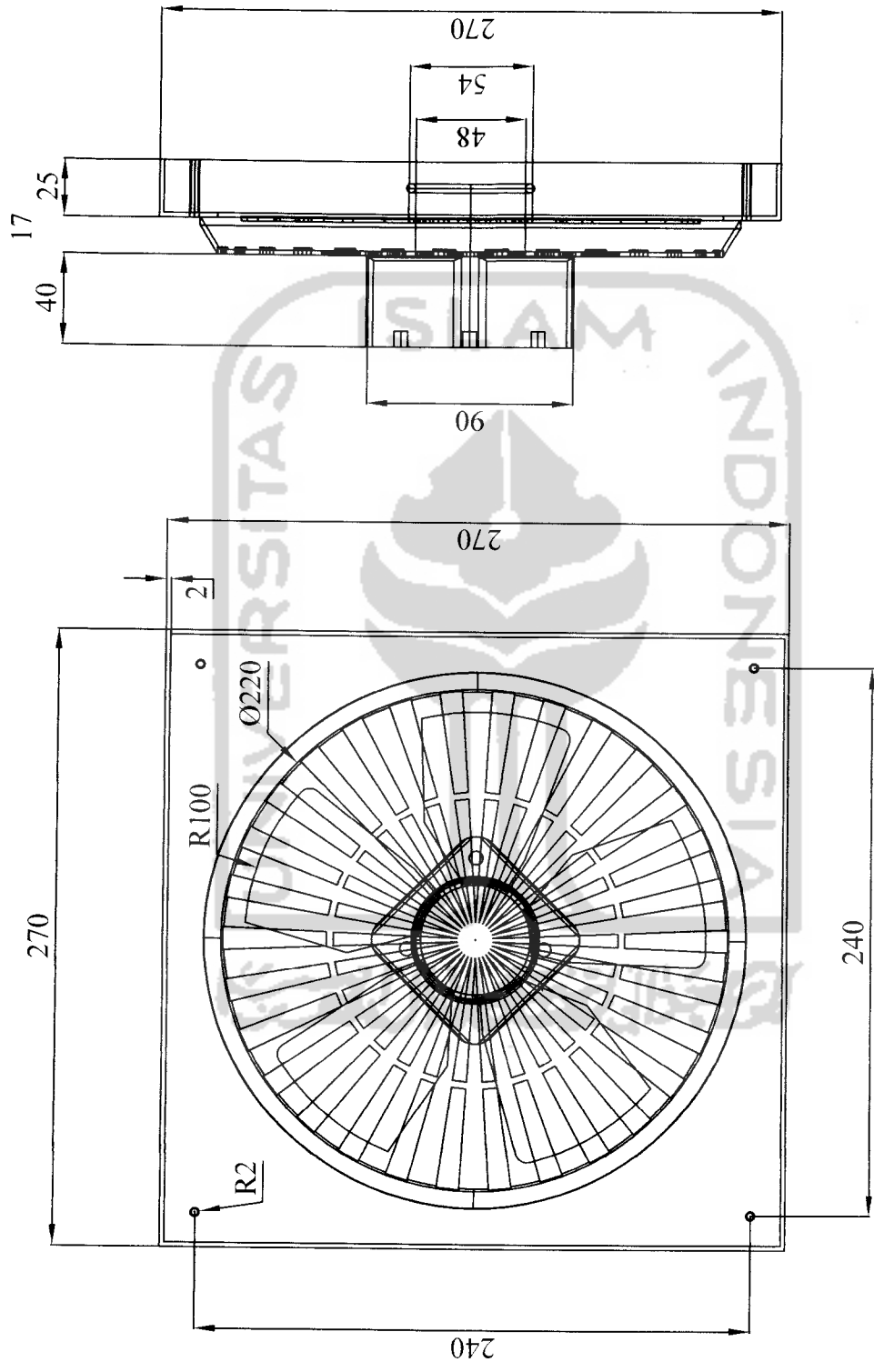
	SKALA : 1:3	DIGAMBAR : Nurfuadi	SKRIPSI
	SATUAN : Milimeter	JURUSAN : Teknik Mesin	
	TANGGAL : 19-12-2006	DISETUJUI : Agung Nugroho A, ST., MT.	
Universitas Islam Indonesia		Koil Pendingin	
		2006	A ₄

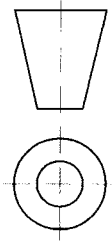
No.	Nama Bagian	Bahan	Jml.	Ket.
1	Kotak Pengarah Udara	Aluminium	1	



	SKALA : 1:3	DIGAMBAR : Nurfuadi	<h1>SKRIPSI</h1>
	SATUAN : Milimeter	JURUSAN : Teknik Mesin	
	TANGGAL : 19-12-2006	DISETUJUI : Agung Nugroho A, ST., MT.	
<i>Universitas Islam Indonesia</i>	<i>Kotak Pengarah Udara</i>	2006	A₄

No.	Nama Bagian	Bahan	Jml.	Ket.
1	Kipas	Plastik	1	



 Universitas Islam Indonesia	SKALA : 1:3	DIGAMBAR : Nurfuadi	SKRIPSI
	SATUAN : Milimeter	JURUSAN : Teknik Mesin	
	TANGGAL : 19-12 - 2006	DISETUJUI : Agung Nugroho A, ST., MT.	
		Kipas	2006
			A ₄