

LAPORAN TUGAS AKHIR



Evaluasi Kinerja Mesin Pendingin Ruangan Dengan Menggunakan Energi Laten Pencairan Es

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
guna memperoleh Gelar Diploma III
pada Politeknik Negeri Ujung Pandang**

YULINDA SAPAN

34207036

MARIANI

34207037

**PROGRAM STUDI TEKNIK KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2010**

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul “*Evaluasi Kinerja Mesin Pendingin Ruangan Dengan Memanfaatkan Energi Laten Pencairan Es*” oleh **Yulinda Sapan / Mariani** dengan Nomor Induk Mahasiswa **342 07 036 / 342 07 037** telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Diploma III pada Program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 12 November 2010

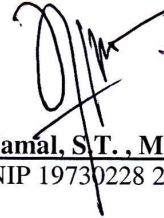
Mengesahkan,

Pembimbing I,



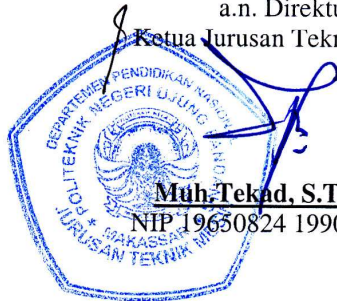
Ir. Firman, M.T.
NIP 19641231 199103 1 002

Pembimbing II,



Jamal, S.T., M.T.
NIP 19730228 200012 1 002

Mengetahui,
a.n. Direktur
Ketua Jurusan Teknik Mesin



Muh. Tekad, S.T., M.T.
NIP 19650824 199003 1 003

LEMBAR PENGESAHAN PANITIA UJIAN SIDANG

Pada hari ini, Jumat 12 November 2010 Panitia Ujian Tugas Akhir menerima dengan baik tugas akhir dari mahasiswa :

Yulinda Sapan 34207036

Mariani 34207037

Dengan judul :“Evaluasi Kinerja Mesin Pendingin Ruangan Dengan Menggunakan Energi Laten Pencairan Es”, diajukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat guna menyelesaikan studi pada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, November 2010

Panitia Ujian Tugas Akhir :

1. Ir. Nur Hamzah, MT. Ketua (.....)

2. Muh. Nuzul, ST,MT. Sekretaris (.....)

3. Musrady Mulyadi, S.ST. Anggota I (.....)

4. Ir. Chandra Bhuana, ST., MT. Anggota II (.....)

5. Ir. Firman, MT. Pembimbing I (.....)

6. Jamal, ST., MT. Pembimbing II (.....)

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	i
LEMBAR PENERIMAAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR SIMBOL.....	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan dan Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Prinsip Kerja Mesin Pendingin Ruangan.....	4
2.2. Konsumsi Energi Mesin Pendingin Ruangan.....	6
2.3. Dampak Lingkungan Mesin Pendingin Ruangan.....	8
2.4. Penelitian-Penelitian Yang Telah Dilakukan.....	9

BAB III METODE PENELITIAN.....	11
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian	11
3.2. Alat dan bahan	11
3.3. Tahapan Penelitian	12
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	14
4.1. Hasil	14
4.2. Pembahasan	21
BAB V PENUTUP	29
5.1. Kesimpulan	29
5.2. Saran	29
DAFTAR PUSTAKA.....	30
LAMPIRAN.....	31



DAFTAR SIMBOL

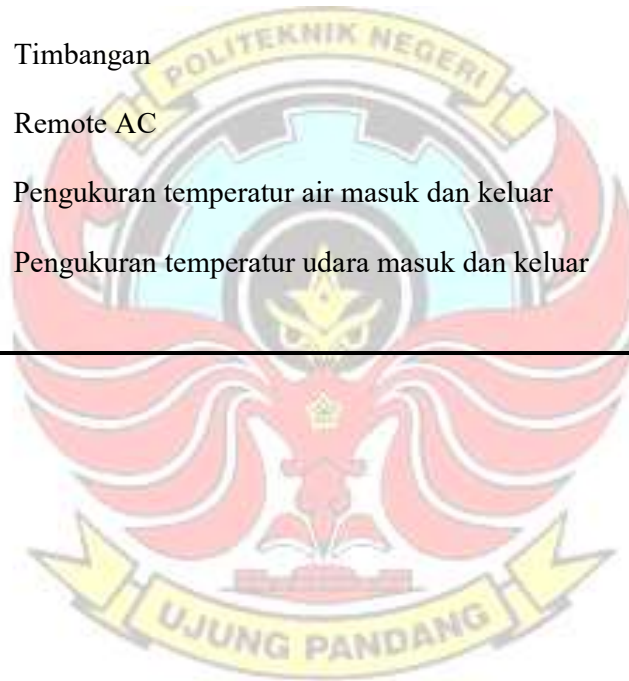
No	Keterangan	Satuan
1.	T_{in} = Temperatur air masuk	$^{\circ}\text{C}$
2.	T_{out} = Temperatur air keluar	$^{\circ}\text{C}$
3.	V = Kecepatan udara	m/s
4.	t = Waktu	s
5.	ρ_{es} = Massa jenis es	kg
6.	ΔT_{air} = Perubahan temperatur air	$^{\circ}\text{C}$
7.	T_{fair} = Temperatur air rata – rata	$^{\circ}\text{C}$
8.	ρ_{air} = Massa jenis air	kg/m^3
9.	$c_{p\ air}$ = Kalor spesifik air	$\text{kJ}/\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}$
10.	Q_{air} = Daya air	kJ/s
11.	ΔT_{udara} = Perubahan temperature udara	K
12.	$T_{f\ udara}$ = Temperatur udara rata – rata	K
13.	ρ_{udara} = Massa jenis udara	kg/m^3
14.	$c_{p\ udara}$ = Kalor spesifik udara	$\text{kJ}/\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}$
15.	A = Luas penampang AC	m^2
16.	Q_{udara} = Debit udara	kJ/s
17.	η_{AC} = Efisiensi AC	%
18.	ΔT_{es} = Perubahan temperatur	$^{\circ}\text{C}$
19.	$c_{p\ es}$ = Kalor spesifik es	$\text{kJ}/\text{kg}^{\circ}\text{C}$

20. \dot{m}_{es} = Laju aliran massa es kg/s
21. Q_{es} = Daya es kJ/s
22. η_{system} = Efisiensi System %
23. Vol_{air} = Volume air m^3
24. Q_{ur} = Debit udara ruangan kJ/s
25. $\eta_{ruangan}$ = Efisiensi ruangan %
-



DAFTAR GAMBAR

No	Teks	Halaman
Gambar 1	Instalasi mesin pendingin yang akan diuji	13
Gambar 2	Rangkaian alat pengujian	54
Gambar 3	Termokopel	55
Gambar 4	Anemometer	55
Gambar 5	Timbangan	55
Gambar 6	Remote AC	55
Gambar 7	Pengukuran temperatur air masuk dan keluar	56
Gambar 8	Pengukuran temperatur udara masuk dan keluar	56



DAFTAR TABEL

No	Teks
Tabel 1	Data hasil pengamatan tanpa AC hari pertama
Tabel 2	Data hasil Pengamatan tanpa AC hari kedua
Tabel 3	Data hasil Pengamatan dengan AC berfreon temperatur 25°C
Tabel 4	Data hasil Pengamatan dengan AC berfreon temperatur 16°C
Tabel 5	Data hasil Pengamatan dengan AC uji harian pengaturan kecepatan udara maksimum
Tabel 6	Data hasil Pengamatan dengan AC uji harian pengatur
Tabel 9	Data hasil Pengamatan dengan AC uji sesaat pengaturan debit air minimum $4,08 \times 10^{-6}$
Tabel 10	Data hasil perhitungan uji sesaat dengan pengaturan debit air $1,55 \times 10^{-5}$ kecepatan udara minimum
Tabel 7	Data hasil Pengamatan dengan AC uji sesaat pengaturan debit air maksimum $1,55 \times 10^{-5}$
Tabel 8	Data hasil Pengamatan dengan AC uji sesaat pengaturan debit air sedang $1,00 \times 10^{-5}$
Tabel 11	Data hasil perhitungan uji sesaat dengan pengaturan debit air $1,00 \times 10^{-5}$
Tabel 12	Data hasil perhitungan uji sesaat dengan pengaturan debit air $4,08 \times 10^{-5}$
Tabel 13	Data hasil perhitungan harian (hari pertama)
Tabel 14	Data hasil perhitungan harian (hari kedua)
Tabel 15	Sifat-sifat fisik air dalam satuan SI
Tabel 16	Sifat-sifat fisik udara dalam satuan SI

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa kami panjatkan kepada Allah SWT, karena dengan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan satu tugas berat dalam rangka penyelesaian studi di Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Penulis menyadari bahwa dalam proses awal hingga selesainya Tugas Akhir ini, banyak sekali pihak yang telah terlibat dan berperan serta untuk mewujudkan selesainya Tugas Akhir ini, karena itu pada tempatnyalah penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan ucapan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada mereka yang secara moril maupun materil telah banyak membantu penulis untuk merampungkan Tugas Akhir ini hingga selesai.

Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua yang telah member bantuan moril dan materil.
2. Bapak Muh. Tekad, S.T., MT selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin.
3. Jamal, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Konversi Energi.
4. Ir. Firman, MT selaku Pembimbing I
5. Jamal, ST., MT selaku Pembimbing II
6. Segenap dosen Jurusan Teknik Mesin pada umumnya dan Program Studi Teknik Konversi Energi pada khususnya yang selama kurung waktu 3 tahun dengan ikhlas dan penuh kerelaan hati telah mendidik dan mengajar penulis.

7. Para Staf Pegawai dan Teknisi Program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin yang dengan kesabaran telah banyak membantu penulis.
8. Rekan-rekan mahasiswa yang \pm 3 tahun lamanya bersama-sama dalam menimbah ilmu di Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah bersedia bekerja sama dan banyak memberikan bantuan berupa saran dan materi serta semangat baik secara langsung maupun tidak langsung.

Akhirnya, penulis memohon kepada Allah SWT, smoga memberikan perlindungan kepada kita semua dan apa yang kita dapatkan bernilai ibadah di sisiNya. Amin.



Makassar, 12 November 2010

Penulis

ABSTRAK

(Yulinda Sapan dan Mariani), Evaluasi Kinerja Mesin Pendingin Ruang Dengan Memanfaatkan Energi Laten Pencairan Es, Makassar. (Firman selaku pembimbing I, dan Jamal selaku pembimbing II).

Indonesia sebagai sebuah negara yang terletak di daerah tropis memiliki iklim dengan rata-rata suhu yang cukup tinggi, sehingga kebutuhan akan mesin pendingin udara/ruangan (AC) sangat tinggi. Tetapi permasalahan yang timbul akibat penggunaan mesin pendingin ruangan yang merupakan dampak negatif dari penggunaan mesin pendingin ruangan yaitu antara lain (1) menggunakan energi yang besar, (2) pencemaran lingkungan dari penggunaan freon yang dapat merusak ozon (3) harga pengadaannya yang mahal.

Dengan semakin meningkatnya kebutuhan akan mesin pendingin ruangan maka dipandang perlu untuk melakukan pengembangan mesin pendingin ruangan yang merupakan tujuan dari penelitian ini. Adapun tujuan jangka pendek penelitian ini adalah mengembangkan mesin pendingin ruangan yang memiliki kriteria hemat energi, dan ramah lingkungan, sedangkan tujuan jangka panjang penelitian ini adalah mengatasi permasalahan global yaitu penggunaan energi yang sangat besar serta pemanasan global akibat penggunaan mesin pendingin ruangan yang menggunakan freon.

Metode yang digunakan dalam penyelesaian masalah adalah mengembangkan mesin pendingin ruangan yang memiliki keunggulan (1) hemat energi karena tidak menggunakan kompresor, (2) ramah lingkungan karena tidak menggunakan freon sebagai fluida kerjanya, (3) memberikan alternatif lain kepada masyarakat dalam menggunakan mesin pendingin ruangan dengan harga rendah karena komponennya berkurang.

Hasil penelitian yang ditargetkan adalah sebuah kinerja mesin pendingin ruangan yang memanfaatkan energi laten pencairan es yang hemat energi, ramah lingkungan dan harganya bersaing. Adapun kontribusi yang diharapkan adalah mempunyai dampak yang luas terhadap perkembangan industri dan teknologi di Indonesia, khususnya bidang teknologi pendingin ruangan, kontribusi tersebut dapat berupa pengembangan penguasaan teknologi perancangan, pembuatan, pengujian sistem pendingin udara dan aplikasinya dalam berbagai kebutuhan masyarakat.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Saat ini pemakaian energi (bahan bakar) sangat meningkat sedangkan sumber-sumber energi semakin menipis utamanya minyak bumi. Peningkatan pemakaian energi disebabkan meningkatnya kebutuhan manusia dan semakin beragamnya produk-produk yang menggunakan energi sebagai penggerakannya, disamping itu peningkatan konsumsi energi tidak dapat diimbangi dengan upaya menghasilkan produk teknologi yang hemat energi. Dampak lain dari meningkatnya konsumsi energi adalah harga bahan bakar semakin meningkat menyebabkan daya beli masyarakat semakin menurun. Salah satu produk teknologi yang memerlukan banyak energi adalah mesin pendingin ruangan, yang penggunaannya semakin meningkat.

Efek lain dari penggunaan produk teknologi adalah masih terdapat produk teknologi yang berdampak buruk terhadap lingkungan, antara lain menyebabkan terjadinya pemanasan global yang salah satu penyebabnya adalah semakin menipisnya lapisan ozon. Perusakan ozon antara lain disebabkan penggunaan freon yang tidak ramah lingkungan, sehingga dipandang perlu untuk mengurangi penggunaan freon atau mengganti dengan freon yang ramah lingkungan hingga mengembangkan sistem yang tidak menggunakan freon sebagai fluida kerja.

Berbagai penelitian telah dilakukan antara lain (1) Pengaruh Kecepatan Putar Poros Kompresor Terhadap Prestasi Kerja Mesin Pendingin AC (Effendi,

2005), yaitu dengan memvariasikan putaran kompresor dan mengamati pengaruhnya terhadap mesin pendingin, (2) Pengaruh Variasi Massa Refrigeran R-12 dan Putaran Blower Evaporator Terhadap COP pada Sistem Pengkondisian Udara Mobil (Wibowo dan Subri, 2006), yaitu dengan memvariasikan massa refrigeran dengan putaran Blower evaporator untuk mengamati pengaruhnya terhadap COP dari mesin refrigeran tersebut, (3) Aplikasi Kendali Logika Fuzzy pada Sistem Pendingin Bangunan Sebagai Upaya Penghematan Energi (Nasution, 2007), yaitu dengan mengatur putaran kompresor dengan menggunakan program logika fuzzy, (4) Penghematan Energi pada Sistem Pendingin Bangunan dengan Menggunakan Kendali Logika Fuzzy (Nasution, 2007), yaitu dengan mengatur putaran kompresor dengan menggunakan program logika fuzzy.

Penelitian-penelitian yang dilakukan di atas berupaya untuk melakukan penghematan penggunaan energi pada mesin refrigeran tetapi pada umumnya upaya tersebut masih sekitar bagaimana meningkatkan kinerja dari setiap komponen utama mesin refrigerasi, tetapi penghematan penggunaan energinya tidak signifikan karena tetap menggunakan kompresor dan tidak ramah terhadap lingkungan karena penggunaan freon tidak dihilangkan. Dengan kondisi tersebut dipandang perlu mengembangkan penelitian yang berupaya mengubah sistem kerja dari mesin refrigerasi tersebut, yang mengarah kepada penghematan penggunaan energi karena sudah tidak menggunakan kompresor serta ramah lingkungan karena tidak menggunakan freon, sistem inilah yang diajukan dalam proposal penelitian pengembangan mesin pendingin ruang yang memanfaatkan energi laten pencairan es.

1.2 Rumusan Masalah

Sehubungan dengan penelitian ini, maka permasalahan-permasalahan yang mengemuka adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengukur kinerja mesin pendingin ruangan yang memanfaatkan energi laten pencairan es.
2. Bagaimana menghitung & membandingkan daya operasional mesin pendingin.

1.3 Tujuan Khusus

Berdasarkan uraian di atas maka dapat diungkapkan mengenai tujuan penelitian. Adapun tujuan khusus penelitian ini adalah untuk :

1. Mengukur kinerja mesin pendingin ruangan.
2. Menghitung & membandingkan daya operasional mesin pendingin ruangan.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui kinerja mesin pendingin ruangan yang memanfaatkan energi laten pencairan es.
2. Sebagai pengembangan ilmu bagi peneliti.
3. Diperoleh mesin pendingin ruangan alternatif yang hemat energi, ramah lingkungan, dan murah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Mesin pendingin ruangan (AC) atau biasa juga disebut refrigerasi adalah mesin (metode) pengkondisian temperatur ruangan agar tetap berada di bawah temperatur lingkungan. Karena temperatur ruangan yang terkondisi tersebut selalu berada di bawah temperatur lingkungan, maka ruangan akan menjadi dingin (Dalimute Indra, 2004).

2.1 Prinsip Kerja Mesin Pendingin Ruangan

Prinsip kerja mesin pendingin merujuk pada siklus kompresi uap standar. Dalam sebuah mesin pendingin, refrigeran dialirkan dalam saluran pipa-pipa. Sebelum masuk kompresor, refrigeran dengan kondisi uap jenuh dikompresikan sehingga uap keluar kompresor menjadi uap panas lanjut. Uap tersebut mengalir pada bagian kondensor untuk melepaskan kalor ke lingkungan sehingga terjadi proses kondensasi. Uap berubah menjadi cair jenuh kemudian melewati dryer, selanjutnya menuju katup ekspansi dan mengalami penurunan sampai tekanan evaporator. Pada evaporator cairan dari katup ekspansi mengalami evaporasi sehingga berubah menjadi uap jenuh dan masuk ke dalam kompresor untuk dikompresikan. Siklus berjalan terus menerus sehingga di dapat temperatur yang diinginkan (Apollo, 2004 dan Marwan Effendi, 2005).

Berdasarkan prinsip kerja diatas, maka peralatan utama dari sebuah mesin pendingin ruangan adalah (Dalimute Indra, 2004 dan Apollo, 2004):

A. Kompresor

Kompresor adalah alat yang digunakan untuk menghisap uap refrigerant dan mengkompresinya sehingga tekanan uap refrigerant naik sampai ke tekanan yang diperlukan untuk pengembunan (kondensasi) uap refrigerant di dalam kondensor.

B. Kondensor

Kondensor merupakan alat penukar panas yang berguna untuk mendinginkan uap refrigerant dari kompresor agar dapat mengembun menjadi cairan. Pada saat pengembunan ini, refrigerant mengeluarkan sejumlah kalori (panas pengembunan) yang mana panas ini diterima oleh media pendingin di dalam kondensor.

C. Akumulator

Merupakan alat yang berguna untuk mengumpulkan cairan refrigerant yang berasal dari kondensor. Dengan adanya alat ini akan memudahkan pengaturan stock dari total refrigerant.

D. Mesin Ekspansi atau Katup Ekspansi

Mesin atau katup ekspansi ini berfungsi untuk menurunkan tekanan dari cairan refrigerant sebelum masuk ke evaporator, sehingga akan memudahkan refrigerant menguap di evaporator dan menyerap kalori (panas) dari media yang didinginkan.

E. Evaporator

Juga merupakan alat penukar panas. Refrigerant cair dengan tekanan rendah setelah proses ekspansi, diuapkan dalam alat ini. Untuk penguapan refrigerant cair ini tentunya diperlukan sejumlah kalori, yang mana diambil dari media yang akan didinginkan oleh sistem refrigerasi. Misalnya pada mesin Air Conditioning (AC), media yang didinginkan adalah udara di dalam ruangan (kamar). Begitu pula pada kulkas, media yang didinginkan adalah ruangan dalam kulkas dan segala sesuatu yang berada dalam kulkas. Uap refrigerant yang terbentuk di evaporator langsung dihisap oleh kompresor, demikian seterusnya mengulangi langkah pertama tadi sehingga membentuk suatu siklus, yang disebut dengan siklus refrigerasi.

E. Blower

Merupakan alat penghembus udara. Ada dua yaitu pada kondensor dan evaporator. Berfungsi untuk menyerap panas pada kondensor dan untuk mendinginkan udara pada evaporator.

Pada penelitian yang akan dilakukan fluida kerja berupa refrigeran (freon) diganti dengan air sedangkan peralatan utama diatas sebagian telah dihilangkan, yang tersisa adalah evaporator yang telah dimodifikasi dengan blowernya.

2.2 Konsumsi Energi Mesin Pendingin Ruangan

Masalah kontemporer yang mempengaruhi perkembangan mesin pengkondisian udara Dewasa ini banyak diserukan pentingnya penghematan energi di berbagai penjuru dunia. Hal tersebut dipicu oleh kekhawatiran semakin menipisnya cadangan minyak dunia, sementara pada saat yang sama, manusia

belum mampu menemukan bahan bakar pengganti yang memiliki kemampuan dan ketersediaan yang setara dengan minyak bumi. Di sisi lain, permintaan minyak dunia terus meningkat sebesar 1 – 2% pertahun (Kerr dan Service, 2005) (Indartono, 2008). Kombinasi faktor-faktor tersebut menyebabkan $\frac{1}{4}$ ketidakstabilan harga minyak bumi. Selain itu, penggunaan bahan bakar minyak (BBM) mengakibatkan akibat buruk lain bagi bumi, yakni efek rumah kaca (greenhouse) yang disebabkan oleh peningkatan jumlah karbon dioksida (CO₂) di atmosfer (Indartono, 2008).

Kebutuhan energi pada mesin refrigerasi/pengkondisian udara terhadap pasokan listrik nasional cukup signifikan. Di Shanghai, Saito (Indartono, 2008) mengemukakan bahwa pada beban puncak di musim panas, pengkondisian udara mengkonsumsi $\frac{1}{3}$ suplai listrik. Suzuki dkk (Indartono, 2008) memperkirakan bahwa beban listrik untuk mesin pengkondisian udara mengkonsumsi tidak kurang dari $\frac{1}{5}$ suplai listrik di Jepang. Untuk belahan Amerika Utara, Todesco (Indartono, 2008) menyatakan bahwa kebutuhan listrik untuk mesin pengkondisian udara pada beban puncak mencapai 3.6 – 9.2 GW, dibandingkan dengan kemampuan PT PLN yang sekitar 39.5 GW (Seymour dkk, 2002 dalam Indartono, 2008). Sedangkan di Indonesia, Suwono (Indartono, 2008) menyebut sekitar 60% konsumsi listrik hotel di Jakarta digunakan untuk memasok energi mesin pengkondisian udara. Oleh karena itu, usaha penghematan energi yang dilakukan terhadap mesin pengkondisian udara akan berdampak signifikan terhadap usaha penghematan energi dunia.

Dengan persentase diatas terlihat bahwa pemakaian energi untuk mesin refrigerasi sangatlah besar, dan 90% dari pemakaian energi tersebut dikosumsi oleh kompresor (Nasution, 2007). Sehingga penelitian yang akan dilakukan yaitu menggantikan kerja kompresor dengan pompa air dingin, untuk melakukan penghematan energi.

2.3 Dampak Lingkungan Mesin Pendingin Ruangan

Saat ini kondisi lapisan ozon semakin rusak dan menipis. Berdasarkan pemantauan menggunakan instrumen Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) pada satelit Nimbus 7 dan Meteor 3, kerusakan ini telah menimbulkan sebuah lubang yang dikenal sebagai lubang ozon (ozone hole) di kedua kutub bumi (Yusuf, 2008).

Kerusakan ozon disebabkan meningkatnya pelepasan berbagai Bahan Perusak Ozon (BPO) ke atmosfer. Sekitar 100 jenis BPO yang terdaftar berdasarkan Protokol Montreal 1987. Diantara BPO ada beberapa jenis yang umum digunakan di Indonesia yaitu chlorofluorocarbons (CFCs) dan hydrochlorofluorocarbons (HCFCs) yang banyak digunakan pada pendingin AC dan lemari es (Yusuf, 2008).

Konvensi Wina dan Protokol Montreal pada tahun 1992 dan menetapkan kebijakan agar masyarakat dunia aktif dalam upaya perlindungan lapisan ozon. Upaya aktif yang harus ditempuh adalah pengurangan pemakaian BPO terutama CFC, menggantikannya dengan yang ramah lingkungan (refrigeran hidrokarbon) sampai penghentian penggunaannya (Yusuf, 2008).

Salah satu masalah utama menggantikan CFC dengan refrigeran hidrokarbon adalah sifat refrigeran hidrokarbon yang mudah terbakar (*highly flammable*). Karena sifat itulah, refrigeran hidrokarbon hingga saat ini belum diterapkan secara luas (Indartono, 2006).

Dengan kondisi di atas, maka salah satu upaya untuk menghasilkan mesin refrigerasi yang ramah lingkungan adalah dengan menggantikan refrigeran CFC dengan air, yang akan dilakukan pada penelitian ini.

2.4 Penelitian-Penelitian yang Telah Dilakukan

A. Penelitian Penghematan Energi Mesin Pendingin Ruangan

Penghematan penggunaan energi pada mesin refrigeran telah banyak dilakukan melalui penelitian-penelitian tetapi pada umumnya upaya tersebut masih sekitar bagaimana meningkatkan kinerja dari setiap komponen utama mesin refrigerasi sehingga perlu dilakukan penelitian yang berupaya mengubah sistem kerja dari mesin refrigerasi tersebut, adapun penelitian-penelitian yang telah dilakukan diantaranya adalah:

1. Pengaruh Kecepatan Putar Poros Kompresor Terhadap Prestasi Kerja Mesin Pendingin AC (Effendi, 2005), yaitu dengan memvariasikan putaran kompresor dan mengamati pengaruhnya terhadap mesin pendingin.
2. Pengaruh Variasi Massa Refrigeran R-12 dan Putaran Blower Evaporator Terhadap COP pada Sistem Pengkondisian Udara Mobil (Wibowo dan Subri, 2006), yaitu dengan memvariasikan massa refrigeran dengan putaran Blower

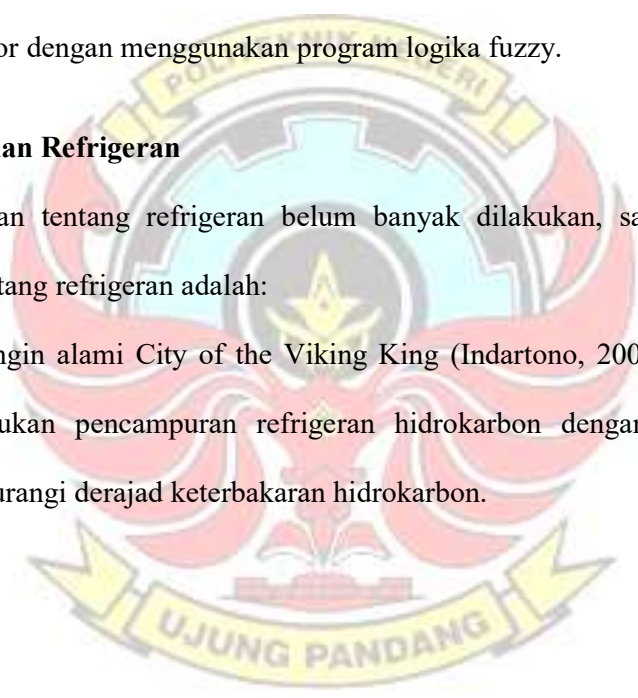
evaporator untuk mengamati pengaruhnya terhadap COP dari mesin refrigeran tersebut.

3. Aplikasi Kendali Logika Fuzzy pada Sistem Pendingin Bangunan Sebagai Upaya Penghematan Energi (Nasution, 2007), yaitu dengan mengatur putaran kompressor dengan menggunakan program logika fuzzy.
4. Penghematan Energi pada Sistem Pendingin Bangunan dengan Menggunakan Kendali Logika Fuzzy (Nasution, 2007), yaitu dengan mengatur putaran kompressor dengan menggunakan program logika fuzzy.

B. Penelitian Refrigeran

Penelitian tentang refrigeran belum banyak dilakukan, salah satu contoh penelitian tentang refrigeran adalah:

1. Pendingin alami City of the Viking King (Indartono, 2006), yaitu dengan melakukan pencampuran refrigeran hidrokarbon dengan R-134a untuk mengurangi derajat keterbakaran hidrokarbon.



BAB III

METODE PENELITIAN

Metode penelitian dilakukan secara eksperimental yang akan ditekankan pada evaluasi kinerja, pengujian kinerja serta perhitungan daya operasi, yang selanjutnya hasil yang diperoleh akan dievaluasi.

Dengan metode penelitian di atas, maka penelitian akan dilakukan secara bertahap, adapun tahapan penelitian evaluasi kinerja mesin pendingin ruangan, yaitu perakitan alat uji & pengujian kinerja.

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Lokasi pengambilan data pada penelitian evaluasi kinerja mesin pendingin ruangan yang memanfaatkan energi laten pencairan es dilakukan di laboratorium Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, dilakukan bulan Agustus 2010 sampai bulan Oktober 2010.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Peralatan utama

- Besi siku 50 x 50 x 5 mm untuk rangka
- Mor dan baut ϕ 10 mm
- Wadah penampung fluida kerja, plat 3,6 mm berlapis gabus 50 mm.
- Pompa 220 volt, 10 watt
- Sistem transfer energi (evaporator)

- Pipa tembaga ϕ 10 x tebal 2 mm

3.2.2 Peralatan Ukur

1. Termometer batang
2. Stopwatch
3. Anemometer
4. Amperemeter
5. Wattmeter
6. Kabel
7. Papan rangkaian
8. Timbangan

3.3 Tahapan Penelitian

3.3.1 Perakitan Alat Uji

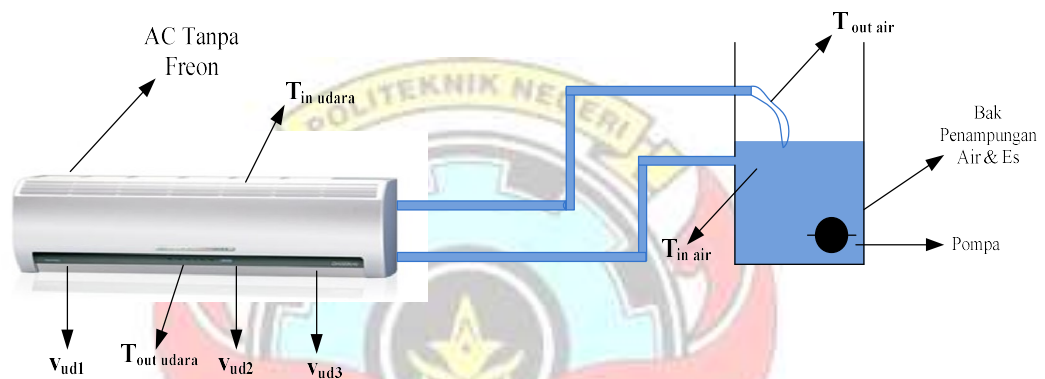
Untuk memudahkan dalam mengevaluasi hasil pengujian, maka mesin pendingin ruangan yang akan dibuat awalnya merupakan sebuah mesin pendingin ruangan (AC) yang ada dipasaran, kemudian komponen mesin pendingin ruangan yang berupa kompresor dengan fluida kerja freon akan diganti dengan sebuah wadah penampungan untuk fluida kerja air (cair dan es) yang akan dialirkan dengan pompa menuju kesistem transfer energi (evaporator).

3.3.2 Pengujian Kinerja

Pengujian kinerja dari mesin pendingin ruangan yang telah dirakit akan dilakukan untuk mendapatkan efisiensi, kemampuan mendinginkan ruangan dan

waktu operasional efektif. Pengujian ini akan dilakukan di dalam ruangan-ruangan yang telah memiliki mesin pendingin ruangan, dengan terlebih dahulu menonaktifkan mesin pendingin ruangan yang dimiliki oleh ruangan tersebut.

Pengujian juga dilakukan dengan menghitung daya operasional dari mesin pendingin ruangan yang diuji & membandingkannya dengan mesin pendingin ruangan yang ada di pasaran



Gambar 3.1 Instalasi Mesin Pendingin Yang Akan Diuji

3.3.3 Prosedur Percobaan

Adapun prosedur percobaan pada penelitian ini adalah :

1. Mempersiapkan peralatan uji dan alat ukur.
2. Mengalirkan air menggunakan pompa dengan berbagai laju aliran.
3. Meng-ON-kan evaporator dan variasikan laju blower.
4. Menjaga kondisi pengujian stabil (tunak).
5. Mengamati/mencatat temperatur air masuk dan keluar tangki, temperatur udara masuk dan keluar evaporator, serta temperatur udara sekeliling.
6. Mengamati/mencatat tegangan dan arus operasional

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Untuk mendapatkan efisiensi ruangan dengan menggunakan AC yang memanfaatkan energi pencairan es, maka parameter-parameter yang harus diketahui antara lain adalah :

A. Untuk hasil pengamatan dengan AC Uji Sesaat

Percobaan no 1

Temperatur air masukan ($T_{in\ air}$) = 3,6 °C

Temperatur air keluaran ($T_{out\ air}$) = 24,3 °C

Temperatur udara masukan ($T_{in\ udara}$) = 31,7 °C

Temperatur udara keluaran ($T_{out\ udara}$) = 25,3 °C

Kecepatan udara rata-rata ($v_{udara\ rata-rata}$)

$$(v_{udara\ rata-rata}) = \frac{v_1 + v_2 + v_3}{3} = \frac{3,8 + 4,1 + 3,5}{3} = 3,8\text{ m/s}$$

Volume Air (Vol_{air}) = 1 ltr = $1 \times 10^{-3}\text{ m}^3$

Waktu (t) = 64,62 s

Massa es = 30 kg

Adapun parameter-parameter yang akan dihitung, antara lain :

$$\Delta T_{air} = T_{out\ air} - T_{in\ air} = 24,3 - 3,6 = 20,7\text{ }^{\circ}\text{C}$$

(a). Temperatur air rata-rata, (T_f) :

$$T_{f\ air} = \frac{T_{in} + T_{out}}{2} = \frac{3,6 + 24,3}{2} = 13,95\text{ }^{\circ}\text{C}$$

- (b). Massa jenis air & kalor spesifik (ρ & c_p) dari tabel sifat air lampiran D.1 :

$$\rho_{\text{air}} = 998,77 \text{ kg/m}^3$$

$$c_{p \text{ air}} = 4,189 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

- (c). Debit air (Q_{air}) :

$$Q_{\text{air}} = V/t = \frac{1 \times 10^{-3}}{64,62} = 1,55 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

- (d). Laju aliran massa (\dot{m}_{air}) :

$$\begin{aligned} \dot{m}_{\text{air}} &= Q \cdot \rho \\ &= 1,55 \times 10^{-5} \cdot 998,77 \\ &= 0,01546 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

- (e). Daya Air (Q_{air}) :

$$\begin{aligned} Q_{\text{air}} &= \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T \\ &= 0,01546 \text{ kg/s} \cdot 4,189 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 20,7 ^\circ\text{C} \\ &= 1,34 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

$$\Delta T_{\text{udara}} = T_{\text{out udara}} - T_{\text{in udara}} = 31,7 - 25,3 = 6,4 \text{ K}$$

- (a). Temperatur udara rata-rata, (T_f) :

$$T_{f \text{ udara}} = \frac{T_{\text{in}} + T_{\text{out}}}{2} = \frac{31,7 + 25,3}{2} = 28,5 ^\circ\text{C} = 301,5 \text{ K}$$

- (b). Massa jenis & kalor spesifik udara (ρ & c_p) dari tabel sifat udara lampiran D.2:

$$\rho_{\text{udara}} = 1,156 \text{ kg/m}^3$$

$$c_{p \text{ udara}} = 1,007 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

- (c). Luas penampang AC (A) :

$$A = 6 \text{ cm} \times 24 \text{ cm} = 144 \text{ cm}^2 = 0,0144 \text{ m}^2$$

(d). Laju aliran massa udara (\dot{m}_{udara}) :

$$\begin{aligned}\dot{m}_{\text{udara}} &= v \cdot A \cdot \rho \\ &= 3,8 \text{ m/s} \cdot 0,0144 \text{ m}^2 \cdot 1,156 \text{ kg/m}^3 \\ &= 0,063 \text{ kg/s}\end{aligned}$$

(e). Debit udara (Q_{udara}) :

$$\begin{aligned}Q_{\text{udara}} &= \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T \\ &= 0,063 \text{ kg/s} \cdot 1,007 \text{ kJ/kg.K} \cdot 6,4 \text{ K} = 0,408 \text{ kJ/s}\end{aligned}$$

(f). Efisiensi AC (η_{AC})

$$\begin{aligned}\eta_{\text{AC}} &= \frac{Q_{\text{udara}}}{Q_{\text{air}}} \times 100 \% \\ &= \frac{0,408}{1,34} \times 100 \% \\ &= 30,43 \%\end{aligned}$$

$$\Delta T_{\text{es}} = T_{\text{in air}} - 0 = 3,6 - 0 = 3,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$c_{p \text{ es}} = 4,211 \text{ kJ/kg }^{\circ}\text{C} \text{ (dari tabel sifat air lampiran D.1)}$$

$$(a). \dot{m}_{\text{es}} = \frac{\text{massa es}}{t} = \frac{30 \text{ kg}}{2700 \text{ s}} = 1,11 \times 10^{-2} \text{ kg/s}$$

$$\begin{aligned}(b). Q_{\text{es}} &= \dot{m}_{\text{es}} \cdot LV + \dot{m}_{\text{es}} \cdot c_p \cdot \Delta T \\ &= 1,11 \times 10^{-2} \cdot 3,33 \times 10^2 + 1,11 \times 10^{-2} \cdot 4,211 \cdot 3,6 \\ &= 3,868 \text{ kJ/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(c). \eta_{\text{system}} &= \frac{Q_{\text{udara}}}{Q_{\text{es}} + Q_{\text{AC}} + Q_{\text{pompa}}} \times 100 \% \\ &= \frac{0,408}{3,868 + 0,02 + 0,0125} \times 100 \% \\ &= 10,45 \%\end{aligned}$$

B. Untuk hasil pengamatan dengan AC Uji Harian

Percobaan no 2

$$\text{Temperatur air masukan } (T_{\text{in air}}) = 3,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatur air keluaran } (T_{\text{out air}}) = 24,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatur udara masukan } (T_{\text{in udara}}) = 30,9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatur udara keluaran } (T_{\text{out udara}}) = 24,2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Temperatur ruangan rata-rata } (T_{\text{ruangan rata-rata}}) :$$

$$= \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5}{5} = \frac{28,8 + 29 + 28,7 + 28,9 + 29}{5} = 28,88 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Kecepatan udara } (v_{\text{udara rata-rata}}) = \frac{v_1 + v_2 + v_3}{3} = \frac{3,8 + 4,1 + 3,5}{3} = 3,8 \text{ m/s}$$

$$\text{Volume Air } (V_{\text{air}}) = 1 \text{ ltr} = 1 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$\text{Waktu } (t) = 64,62 \text{ s}$$

Adapun parameter-parameter yang akan dihitung, antara lain :

$$\Delta T_{\text{air}} = T_{\text{out air}} - T_{\text{in air}} = 24,1 - 3,6 = 20,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

(a). Temperatur air rata-rata, (T_f):

$$T_{f \text{ air}} = \frac{T_{\text{in}} + T_{\text{out}}}{2} = \frac{3,6 + 24,1}{2} = 27,55 \text{ } ^\circ\text{C}$$

(b). Massa jenis air & kalor spesifik (ρ & c_p) dari tabel sifat air lampiran

D.1 :

$$\rho_{\text{air}} = 995,69 \text{ kg/m}^3$$

$$c_{p \text{ air}} = 4,1782 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

(c). Debit air (Q_{air}) :

$$Q_{\text{air}} = V/t = \frac{1 \times 10^{-3}}{64,62} = 1,55 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

(d). Laju aliran massa air (\dot{m}_{air}) :

$$\begin{aligned}\dot{m}_{\text{air}} &= Q \cdot \rho \\ &= 1,55 \times 10^{-5} \cdot 995,69 \\ &= 0,0154 \text{ kg/s}\end{aligned}$$

(e). Daya Air (Q_{air}) :

$$\begin{aligned}Q_{\text{air}} &= \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T \\ &= 0,0154 \text{ kg/s} \cdot 4,1782 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 20,5 \text{ }^\circ\text{C} \\ &= 1,32 \text{ kJ/s}\end{aligned}$$

$$\Delta T_{\text{udara}} = T_{\text{in udara}} - T_{\text{out udara}} = 30,9 - 24,2 = 6,7 \text{ K}$$

(a). Temperatur udara rata-rata, (T_f) :

$$T_{f\text{udara}} = \frac{T_{\text{in}} + T_{\text{out}}}{2} = \frac{30,9 + 24,2}{2} = 27,55 \text{ }^\circ\text{C} = 300,55 \text{ K}$$

(b). Massa jenis & kalor spesifik udara (ρ & c_p) dari tabel sifat udara lampiran D.2 :

$$\rho_{\text{udara}} = 1,1596 \text{ kg/m}^3$$

$$c_p_{\text{udara}} = 1,007 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

(c). Luas penampang AC (A) :

$$A = 6 \text{ cm} \times 24 \text{ cm} = 144 \text{ cm}^2 = 0,0144 \text{ m}^2$$

(d). Laju aliran massa udara (\dot{m}_{udara}) :

$$\begin{aligned}\dot{m}_{\text{udara}} &= v \cdot A \cdot \rho \\ &= 3,8 \text{ m/s} \cdot 0,0144 \text{ m}^2 \cdot 1,1596 \text{ kg/m}^3 \\ &= 0,0635 \text{ kg/s}\end{aligned}$$

(e). Debit udara (Q_{udara}) :

$$\begin{aligned}Q_{\text{udara}} &= \dot{m} \cdot c_p \cdot \Delta T \\ &= 0,0635 \text{ kg/s} \cdot 1,007 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K} \cdot 6,7 \text{ K} \\ &= 0,428 \text{ kJ/s}\end{aligned}$$

(f). Efisiensi AC (η_{AC})

$$\begin{aligned}\eta_{AC} &= \frac{Q_{udara}}{Q_{air}} \times 100 \% \\ &= \frac{0,428}{1,32} \times 100 \% \\ &= 32,44 \%\end{aligned}$$

(g). Temperatur udara ruangan (\bar{T}_{ur} sebelum & \bar{T}_{ur} setelah) :

$$\bar{T}_{ur \text{ sebelum}} = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5}{5} = \frac{29,8 + 29,9 + 29,7 + 29,8 + 30}{5} = 29,84 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\bar{T}_{ur \text{ setelah}} = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5}{5} = \frac{28,8 + 29 + 28,7 + 28,9 + 29}{5} = 28,88 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = \bar{T}_{ur \text{ sebelum}} - \bar{T}_{ur \text{ setelah}} = 29,84 - 28,88 = 0,96 \text{ } ^\circ\text{C}$$

(h). Temperatur udara ruangan rata-rata, (T_f) :

$$T_{f \text{ ur}} = \frac{\bar{T}_{ur \text{ sebelum}} + \bar{T}_{ur \text{ setelah}}}{2} = \frac{29,84 + 28,88}{2} = 29,36 \text{ } ^\circ\text{C}$$

(i). Massa jenis & kalor spesifik udara ruangan (ρ & c_p) dari tabel sifat udara lampiran D.2 :

$$\rho_{ur} = 1,155 \text{ kg/m}^3$$

$$c_{p \text{ ur}} = 1,0071 \text{ kJ/kg.K}$$

(j). Volume ruangan ($Vol_{ruangan}$) :

$$Vol_{ruangan} = p \times l \times t$$

$$= 4,75 \times 3 \times 2,6 = 37,05 \text{ m}^3$$

(k). Laju aliran massa air (\dot{m}_{air}) :

$$\dot{m}_{ur} = Vol \cdot \rho$$

$$= 37,05 \text{ m}^3 \times 1,155 \text{ kg/m}^3$$

$$= 42,798 \text{ kg}$$

(e). Debit udara ruangan (Q_u) :

$$\begin{aligned} Q_{ur} &= \frac{m}{\Delta t} \cdot c_p \cdot \Delta T \\ &= \frac{42,798}{1800} \cdot 1,0071 \cdot 0,96 \\ &= 0,023 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

(f). Efisiensi ruangan (η_{ruangan}) :

$$\begin{aligned} \eta_{\text{ruangan}} &= \frac{Q_{ur}}{Q_u} \times 100 \% \\ &= \frac{0,023}{0,428} \times 100 \% \\ &= 32,44 \% \end{aligned}$$

$$\Delta T_{es} = T_{\text{in air}} - 0 = 3,6 - 0 = 3,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

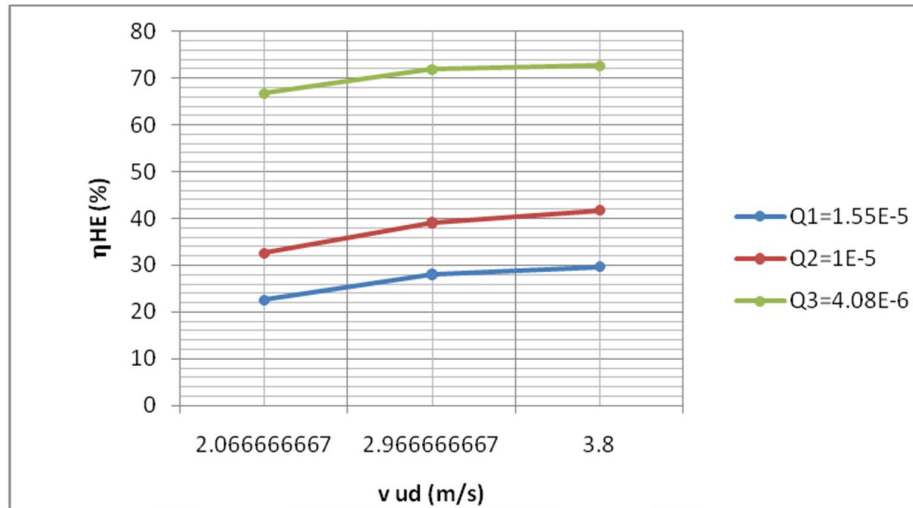
$$c_{p \text{ es}} = 4,211 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C} \text{ (dari tabel sifat air lampiran D.1)}$$

$$(a). m_{es} = \frac{\text{massa es}}{t} = \frac{90 \text{ kg}}{21600 \text{ s}} = 4,17 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$$

$$\begin{aligned} (b). Q_{es} &= m_{es} \cdot L_V + m_{es} \cdot c_p \cdot \Delta T \\ &= 4,17 \times 10^{-3} \cdot 3,33 \times 10^2 + 4,17 \times 10^{-3} \cdot 4,211 \cdot 3,6 \\ &= 1,451 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

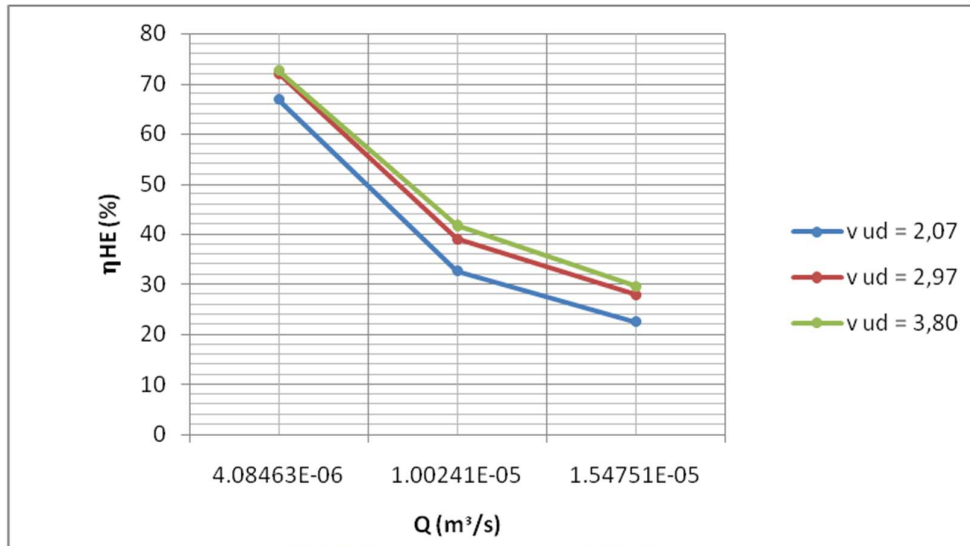
$$\begin{aligned} (c). \eta_{\text{system}} &= \frac{Q_{\text{udara}}}{Q_{es} + Q_{AC} + Q_{pompa}} \times 100 \% \\ &= \frac{0,428}{1,451 + 0,02 + 0,0125} \times 100 \% \\ &= 28,86 \% \end{aligned}$$

4.2 Pembahasan



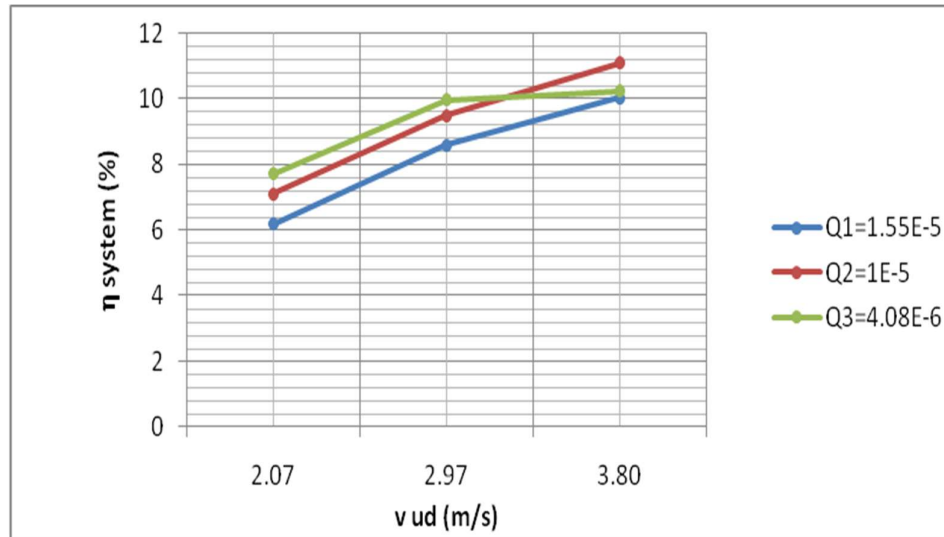
Grafik 1. Hubungan Antara kecepatan udara (v_{ud}) dengan Efisiensi AC (η_{HE})

Dari hasil pengujian dengan AC uji sesaat untuk debit air $1,55 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ diperoleh hubungan antara kecepatan udara (v_{ud}) dengan efisiensi HE pada AC (η_{HE}) adalah berbanding lurus. Semakin besar kecepatan udara maka efisiensi AC yang diperoleh akan semakin besar. Begitupun dengan debit air $1 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ dan debit air $4,08 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$. Efisiensi terbesar diperoleh 72,66 % pada debit air $4,08 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ dengan kecepatan udara 3,8 m/s, sedangkan efisiensi minimum diperoleh 22,54 %, pada debit air $1,55 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ dengan kecepatan udara 2,07 m/s.



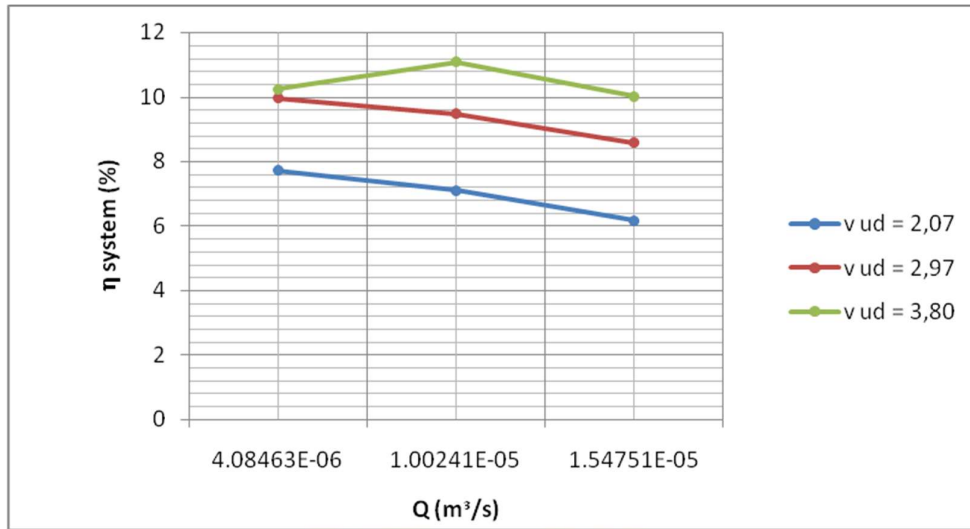
Grafik 2. Hubungan Antara debit air (Q) dengan Efisiensi HE (η_{HE})

Dari hasil pengujian dengan AC uji sesaat untuk kecepatan udara 2,07 m/s diperoleh hubungan antara debit air (Q) dengan efisiensi HE pada AC (η_{HE}) adalah berbanding terbalik. Semakin besar kecepatan udara maka efisiensi AC yang diperoleh akan semakin kecil. Begitupun dengan kecepatan udara 2,97 m/s dan kecepatan udara 3,8 m/s. Efisiensi terbesar diperoleh 72,66 % pada debit air $4,08 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ dengan kecepatan udara 3,8 m/s, sedangkan efisiensi minimum diperoleh 22,54 %, pada debit air $1,55 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ dengan kecepatan udara 2,07 m/s.



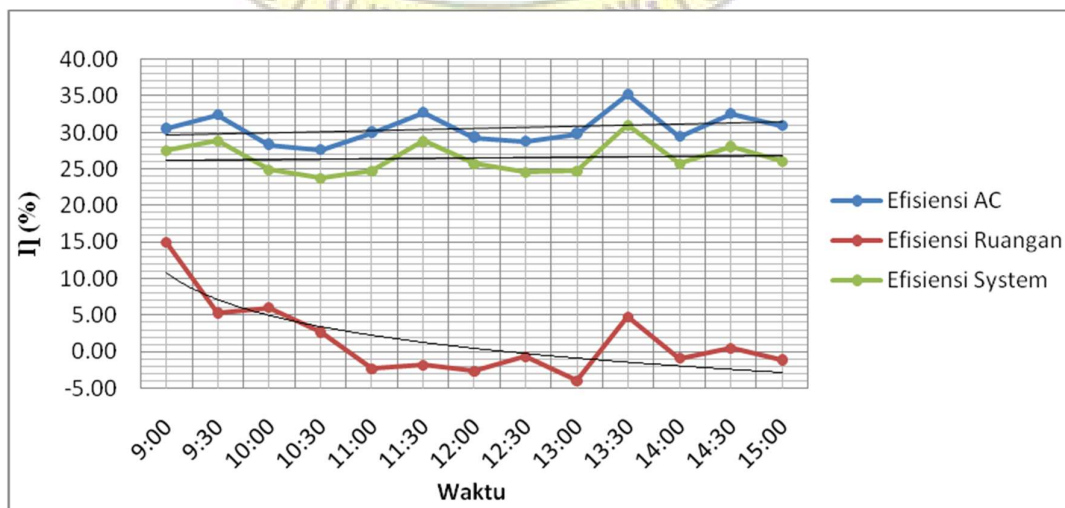
Grafik 3. Hubungan Antara kecepatan udara (v_{ud}) dengan Efisiensi System (η_{sys})

Dari hasil pengujian dengan AC uji sesaat untuk debit air $1,55 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ diperoleh hubungan antara kecepatan udara (v_{ud}) dengan efisiensi HE pada AC (η_{HE}) adalah berbanding lurus. Semakin besar kecepatan udara maka efisiensi AC yang diperoleh akan semakin besar. Begitupun dengan debit air $1 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ dan debit air $4,08 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$. Efisiensi terbesar diperoleh 72,66 % pada debit air $4,08 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$ dengan kecepatan udara 3,8 m/s, sedangkan efisiensi minimum diperoleh 22,54 %, pada debit air $1,55 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ dengan kecepatan udara 2,07 m/s.



Grafik 4. Hubungan Antara kecepatan debit air (Q) dengan Efisiensi System (η_{sys})

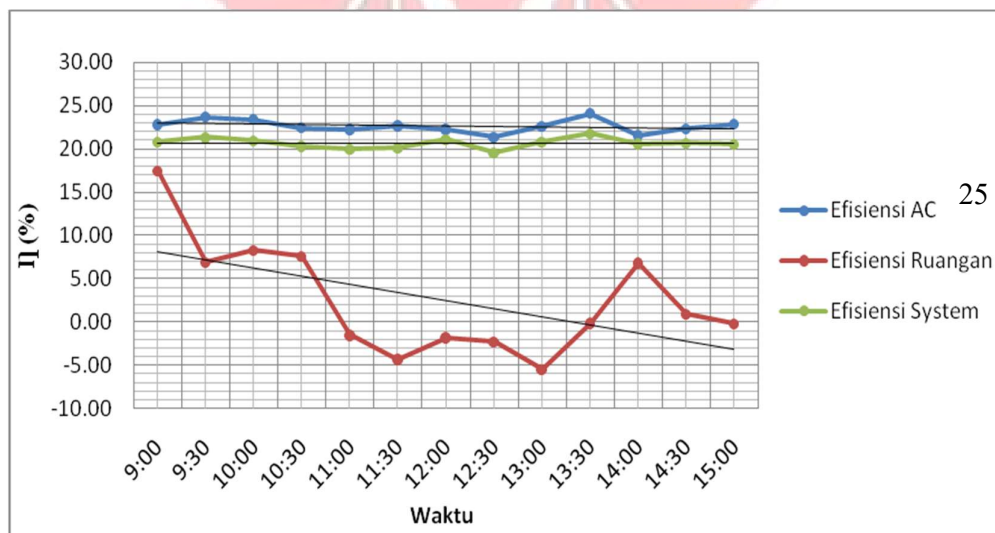
Dari hasil pengujian dengan AC uji sesaat untuk kecepatan udara 2,07 m/s diperoleh hubungan antara debit air (Q) dengan efisiensi HE pada AC (η_{HE}) adalah berbanding terbalik. Semakin besar kecepatan udara maka efisiensi AC yang diperoleh akan semakin kecil. Begitupun dengan kecepatan udara 2,97 m/s dan kecepatan udara 3,8 m/s. Efisiensi terbesar diperoleh 72,66 % pada debit air 4,08 x 10⁻⁶ m³/s dengan kecepatan udara 3,8 m/s, sedangkan efisiensi minimum diperoleh 22,54 %, pada debit air 1,55 x 10⁻⁵ m³/s degan kecepatan udara 2,07 m/s.



Grafik 5. Hubungan Antara Waktu dengan Efisiensi AC (η_{HE}), Efisiensi Ruang (η_{ruang}), & Efisiensi System (η_{sys})

Dari hasil pengujian AC dengan menggunakan es (uji harian) pada pengaturan kecepatan udara 3,8 m/s diperoleh hubungan antara efisiensi HE pada AC (η_{HE}) dengan waktu adalah cenderung konstan. Efisiensi HE maksimal (η_{HE}) diperoleh 35,17% pada pukul 13.30. Efisiensi HE minimum (η_{HE}) diperoleh 27,63% pada pukul 10.30. Hubungan yang sama diperoleh pada efisiensi sistin (η_{sistem}) maksimal diperoleh 30,99% pada pukul 13.30 dan minimum diperoleh 23,83% pada pukul 10.30.

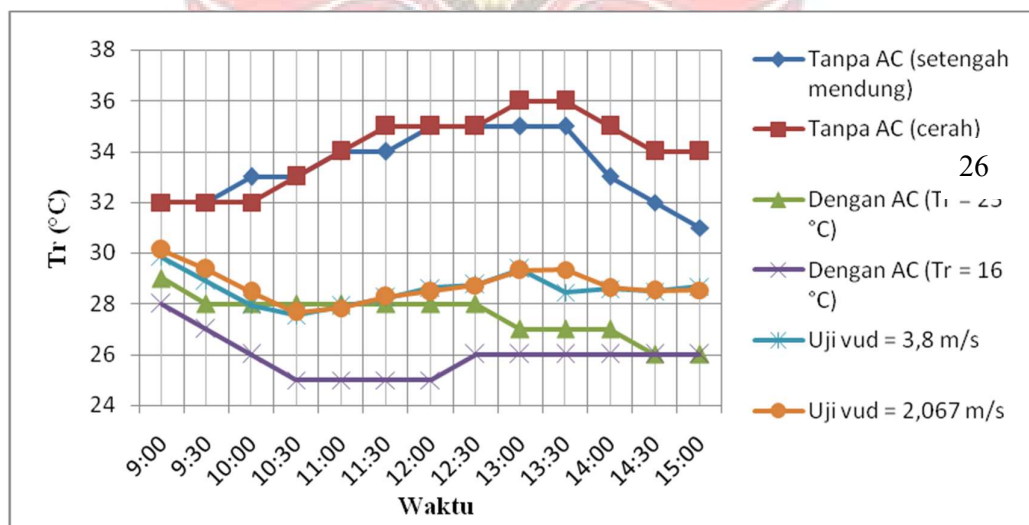
Dari hasil pengujian AC dengan menggunakan es (uji harian) pada pengaturan kecepatan udara 3,8 m/s diperoleh hubungan antara efisiensi ruang (η_{ruang}) dengan waktu adalah cenderung turun hingga jam 11.00 dan setelah itu cenderung konstan. Efisiensi ruangan maksimal (η_{ruang}) diperoleh 14,96% pada pukul 09.00. Efisiensi ruangan minimum (η_{ruang}) diperoleh -3,94% pada pukul 13.00. Terdapat nilai Efisiensi ruangan maksimal (η_{ruang}) negatif menunjukkan besarnya kehilangan kalor pada ruang uji.



Grafik 6. Hubungan Antara Waktu dengan Efisiensi AC (η_{HE}), Efisiensi Ruang (η_{ruang}), & Efisiensi System (η_{sys})

Dari hasil pengujian AC dengan menggunakan es (uji harian) pada pengaturan kecepatan udara 2,067 m/s diperoleh hubungan antara efisiensi HE pada AC (η_{HE}) dengan waktu adalah cenderung konstan. Efisiensi HE maksimal (η_{HE}) diperoleh 24,10% pada pukul 13.30. Efisiensi HE minimum (η_{HE}) diperoleh 21,37% pada pukul 12.30. Hubungan yang sama diperoleh pada efisiensi sistin (η_{sistem}) maksimal diperoleh 21,74% pada pukul 13.30 dan minimum diperoleh 19,56% pada pukul 12.30.

Dari hasil pengujian AC dengan menggunakan es (uji harian) pada pengaturan kecepatan udara 2,067 m/s diperoleh hubungan antara efisiensi ruang (η_{ruang}) dengan waktu adalah cenderung turun hingga jam 11.30 dan setelah itu cenderung konstan. Efisiensi ruangan maksimal (η_{ruang}) diperoleh 17,45% pada pukul 09.00. Efisiensi ruangan minimum (η_{ruang}) diperoleh -4,35% pada pukul 11.30. Terdapat nilai Efisiensi ruangan maksimal (η_{ruang}) negatif menunjukkan besarnya kehilangan kalor pada ruang uji.



Grafik 7. Hubungan Antara Waktu dengan Temperatur Ruangan (T_r)

Dari hasil pengujian temperatur ruangan tanpa AC (mendung) diperoleh hubungan antara waktu (t) dengan temperatur ruangan (T_r) adalah berbanding

lurus. Semakin besar waktu pengujian maka temperatur ruangan yang diperoleh akan semakin besar walaupun pada kondisi tertentu mengalami penurunan. Temperatur ruangan tertinggi diperoleh 35°C pada pukul 12.00 – 13.30, sedangkan temperatur ruangan terendah diperoleh 31°C pada pukul 15.00. Begitupun dengan pengujian tanpa AC (cerah) diperoleh hubungan antara waktu (t) dengan temperatur ruangan (Tr) adalah berbanding lurus. Semakin besar waktu pengujian maka temperatur ruangan yang diperoleh akan semakin besar walaupun pada kondisi tertentu juga mengalami penurunan. Temperatur ruangan tertinggi diperoleh 36°C pada pukul 13.00 – 13.30, sedangkan temperatur ruangan terendah diperoleh 32°C pada pukul 09.00 – 10.00.

Dari hasil pengujian menggunakan AC ber-freon dengan menggunakan temperatur maksimal 25°C diperoleh hubungan antara waktu (t) dengan temperatur ruangan (Tr) adalah berbanding terbalik. Semakin besar waktu pengujian maka temperatur ruangan yang diperoleh akan semakin kecil. Temperatur ruangan tertinggi diperoleh 29°C pada pukul 09.00, sedangkan temperatur ruangan terendah diperoleh 26°C pada pukul 14.30-15.00. Begitupun dengan hasil pengujian menggunakan AC ber-freon dengan menggunakan temperatur minimum 27°C diperoleh hubungan antara waktu (t) dengan temperatur ruangan (Tr) adalah berbanding terbalik. Semakin besar waktu pengujian maka temperatur ruangan yang diperoleh akan semakin kecil walaupun pada kondisi tertentu cenderung konstan. Temperatur ruangan tertinggi diperoleh 28°C pada pukul 09.00, sedangkan temperatur ruangan terendah diperoleh 25°C pada pukul 10.30 – 12.00.

Dari hasil pengujian menggunakan AC dengan es uji harian dengan kecepatan maksimum udara fan $3,8\text{ m/s}$ diperoleh hubungan antara waktu (t) dengan temperatur ruangan (Tr) adalah berbanding terbalik. Semakin besar waktu pengujian maka temperatur ruangan yang diperoleh akan semakin kecil walaupun kondisinya cenderung konstan. Temperatur ruangan tertinggi diperoleh $29,84^{\circ}\text{C}$ pada pukul 09.00, sedangkan temperatur ruangan terendah diperoleh $27,54^{\circ}\text{C}$ pada pukul 10.30. Dari hasil pengujian menggunakan AC tanpa freon uji harian dengan kecepatan minimum udara fan $2,067\text{ m/s}$ diperoleh hubungan antara waktu (t)

dengan temperatur ruangan (T_r) adalah berbanding terbalik. Semakin besar waktu pengujian maka temperatur ruangan yang diperoleh akan semakin kecil walaupun kondisinya juga cenderung konstan. Temperatur ruangan tertinggi diperoleh $30,12^{\circ}\text{C}$ pada pukul 09.00 , sedangkan temperatur ruangan terendah diperoleh $27,66^{\circ}\text{C}$ pada pukul 09.00.

Dari grafik di atas terlihat pengujian AC menggunakan es sebagai fluida kerja mampu menurunkan temperatur ruangan dimana hasil yang diperoleh lebih rendah dari pengujian temperatur ruangan tanpa menggunakan AC, walaupun masih terlihat bahwa pengujian temperatur ruangan menggunakan AC berfreon masih lebih baik dibandingkan pengujian temperatur ruangan dengan AC menggunakan es sebagai fluida kerja



BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

28

5.1 Kesimpulan

- a. Efisiensi HE (η_{HE}) pada pengujian harian cenderung konstan.
- b. Efisiensi system (η_{sys}) pada pengujian harian cenderung konstan.
- c. Efisiensi ruangan (η_r) pada pengujian harian cenderung turun hingga sekitar jam 11.00 dan setelah itu cenderung konstan.
- d. Penggunaan AC dengan es sebagai fluida kerja dapat menurunkan temperatur ruangan tetapi kinerja masih lebih rendah dibandingkan penggunaan AC berfreon.
- e. Untuk debit air pompa konstan diperoleh hubungan efisiensi HE pada AC (η_{HE}) dengan kecepatan udara (v_{ud}) adalah berbanding terbalik, demikian pula efisiensi sistim.

- f. Untuk kecepatan udara fan pada heat exchanger konstan diperoleh hubungan efisiensi HE pada AC (η_{HE}) dengan debit air (Q_{air}) adalah berbanding lurus demikian pula efisiensi sistim.

5.2 Saran

Untuk mendapatkan hasil efisiensi AC yang lebih baik, sebaiknya :

- a. Menggunakan bak penampungan yang terisolasi dengan baik, sehingga pelepasan kalor lebih kecil.
- b. Menggunakan peralatan ukur yang memiliki ketelitian yang lebih tinggi serta masih dalam keadaan layak pakai.

DAFTAR PUSTAKA

29

- Anwar, Saiful. 2001. *Studi Eksperimental dan Analisis Perpindahan Panas Konveksi Terhadap Pengaruh Variasi Diameter Hidroulik dan Jarak Batang Pengganggu Profil Square Rod di Dalam Saluran Segi Empat*, Tesis. Surabaya: ITS.
- Cengel, Y.A. 1997. *Heat Transfer: A Practical Approach*, USA: McGraw Hill.
- Cengel, Y.A. dan Boles, M.A., 2002. *Thermodynamics*. 4th edition. Boston-USA: Mc. Graw Hill.
- Holman, J.P. & Djasifi, E. 1993. *Perpindahan Kalor*, Jakarta: Erlangga.
- Incropera, P.F. & DeWitt, P.D. 1990. *Introduction To Heat Transfer*, Singapura: John Wiley & Sons.
- Effendy, M. 2005. *Pengaruh Kecepatan Putar Poros Kompresor Terhadap Prestasi Kerja Mesin Pendingin AC*, Jurnal. Surakarta: Jurnal Media Mesin Vol.6 No.2 2005.
- Indartono, Y. S. 2006. *Pendingin Alami City of The Viking King (III)*, (Internet. <http://www.indeni.org>), diakses 23 Maret 2008, Berita Iptek.
- Indartono, Y. S. 2006. *Perkembangan Terkini Teknologi Refrigerasi (I)*, (Internet. <http://www.beritaiptek.com>), diakses 23 Maret 2008.
- Dalimute, Indra. 2004. *Pengantar Teknik Refrigerasi*, (Internet. <http://www.usudigitalibrary.co.id>), diakses 23 Maret 2008.
- Jamal. 2006. *Pengaruh Batang Pengganggu Silindris yang Disusun Bersilangan Terhadap Perpindahan Panas Konveksi pada Saluran Segiempat dengan Variasi Bilangan Reynolds Rendah*, Tesis. Malang: Universitas Brawijaya.

- Kustanto, M.N. 2001. *Perpindahan panas konveksi pada saluran segi empat dengan batang pengganggu berpenampang bulat pada bilangan Reynolds rendah dan $L/D = 2$* , Tesis. Surabaya: ITS.
- Nasution, H. 2007. *Aplikasi Kendali Logika Fuzzy pada Sistem Pendingin Bangunan Sebagai Upaya Penghematan Energi*, Jurnal. Jogja: Jurnal AES, 2007.
- Nasution, H. 2007. *Penghematan Energi pada Sistem Pendingin Bangunan Dengan Menggunakan Kendali Logika Fuzzy*, Jurnal. Bandung: Jurnal Race, 2007.
- Saifullah. 2006. *Pengaruh Batang Pengganggu Silindris yang Disusun Ganda Terhadap Perpindahan Panas Konveksi pada Saluran Segiempat dengan Variasi Bilangan Reynolds Rendah*, Tesis. Malang: Universitas Brawijaya.
- Wibowo, D.B. dan Subri, M. 2006. *Pengaruh Variasi Massa Refrigeran R-12 dan Putaran Blower Evaporator Terhadap COP pada Sistem Pengkondisian Udara Mobil*, Jurnal. Bandung: Jurnal Traksi, Vol.4 No.1 2006.
- Yusuf, M.S. 2008. *Lapisan Ozon Menipis Kehidupan Diambang Bahaya*, (Internet. <http://www.bekasinews.com>), diakses 23 Maret 2008.

LAMPIRAN A

30

(Data-Data Hasil Pengamatan)



LAMPIRAN A.1

TABEL 1. DATA HASIL PENGAMATAN TANPA AC

Hari Pertama (12-10-2010)

No	Waktu	Temp Dalam Ruangan (°C)	Temp Luar Ruangan (°C)	Ket.
1	9:00	32	33	Cerah
2	9:30	32	33	Cerah
3	10:00	33	34	Cerah
4	10:30	33	34	Cerah
5	11:00	34	35	Cerah
6	11:30	34	35	Cerah
7	12:00	35	36	Cerah
8	12:30	35	36	Cerah
9	13:00	35	36	Cerah
10	13:30	35	36	Cerah
11	14:00	33	33	Mendung
12	14:30	32	31	Mendung
13	15:00	31	31	Mendung

TABEL 2. DATA HASIL PENGAMATAN TANPA AC

Hari Kedua (13-10-2010)

No	Waktu	Temp Dalam Ruangan (°C)	Temp Luar Ruangan (°C)	Ket.
1	9:00	32	33	Cerah
2	9:30	32	34	Cerah
3	10:00	32	34	Cerah
4	10:30	33	34	Cerah
5	11:00	34	35	Cerah
6	11:30	35	36	Cerah
7	12:00	35	36	Cerah
8	12:30	35	36	Cerah
9	13:00	36	37	Cerah
10	13:30	36	37	Cerah
11	14:00	35	36	Cerah
12	14:30	34	35	Cerah
13	15:00	34	35	Cerah

LAMPIRAN A.2

TABEL 3. DATA HASIL PENGAMATAN DENGAN AC BER-FREON

Pengaturan Temperatur 25 °C (14-10-2010)

No	Waktu	Temp Dalam Ruangan (°C)	Temp Luar Ruangan (°C)	Ket.
1	9:00	29	33	Cerah
2	9:30	28	34	Cerah
3	10:00	28	34	Cerah
4	10:30	28	35	Cerah
5	11:00	28	35	Cerah
6	11:30	28	36	Cerah
7	12:00	28	36	Cerah
8	12:30	28	37	Cerah
9	13:00	27	37	Cerah
10	13:30	27	37	Cerah
11	14:00	27	36	Cerah
12	14:30	26	36	Cerah
13	15:00	26	35	Cerah

TABEL 4. DATA HASIL PENGAMATAN DENGAN AC BER-FREON

Pengaturan Temperatur 16 °C (15-10-2010)

No	Waktu	Temp Dalam Ruangan (°C)	Temp Luar Ruangan (°C)	Ket.
1	9:00	28	34	Cerah
2	9:30	27	34	Cerah
3	10:00	26	34	Cerah
4	10:30	25	35	Cerah
5	11:00	25	35	Cerah
6	11:30	25	36	Cerah
7	12:00	25	36	Cerah
8	12:30	26	37	Cerah
9	13:00	26	37	Cerah
10	13:30	26	37	Cerah
11	14:00	26	36	Cerah
12	14:30	26	36	Cerah
13	15:00	26	36	Cerah



LAMPIRAN A.3

TABEL 5. DATA HASIL PENGAMATAN DENGAN AC TANPA FREON (UJI SESAAT)

Pengaturan Debit Air Maksimum $1,55 \times 10^{-5}$

No	Temp. Air (°C)		Temp. Udara (°C)		Temp. Ruangan (°C)					Kecepatan Udara (m/s)			Debit		Daya (watt)	
	Tin	Tout	Tin	Tout	T1	T2	T3	T4	T5	V1	V2	V3	Vol (ltr)	t (detik)	AC	Pompa
1	3,6	24,3	31,7	25,3	28,5	28,9	28,7	28,9	28,9	3,8	4,1	3,5	1	64,62	20,0	12,5
2	3,7	24,1	30,8	24,9	28,0	28,4	28,4	28,5	28,6	3,8	4,1	3,5	1	64,62	20,0	12,5
3	3,7	23,9	30,8	24,7	28,5	28,7	28,6	28,7	29,0	3,8	4,1	3,5	1	64,62	20,0	12,5
4	3,7	23,1	30,1	24,4	28,4	28,4	28,5	28,7	28,7	2,9	3,2	2,8	1	64,62	15,0	12,5
5	3,9	21,8	31,2	23,7	28,5	28,7	28,4	28,6	28,9	2,9	3,2	2,8	1	64,62	15,0	12,5
6	4,3	22,8	31,2	24,2	28,3	28,8	28,7	28,9	28,9	2,9	3,2	2,8	1	64,62	15,0	12,5
7	5,0	22,2	30,7	23,5	28,3	28,5	28,3	28,3	28,6	2,1	2,2	1,9	1	64,62	12,5	12,5
8	5,4	22,1	30,7	23,7	28,5	28,8	28,6	28,7	29,0	2,1	2,2	1,9	1	64,62	12,5	12,5
9	5,6	22,2	31,5	24,5	28,6	28,9	28,9	29,0	29,2	2,1	2,2	1,9	1	64,62	12,5	12,5

TABEL 6. DATA HASIL PENGAMATAN DENGAN AC TANPA FREON (UJI SESAAT)

Pengaturan Debit Air Sedang $1,00 \times 10^{-5}$

No	Temp. Air (°C)		Temp. Udara (°C)		Temp. Ruangan (°C)					Kecepatan Udara (m/s)			Debit		Daya (watt)	
	Tin	Tout	Tin	Tout	T1	T2	T3	T4	T5	V1	V2	V3	Vol (ltr)	t (detik)	AC	Pompa
1	3,3	24,0	30,4	24,5	27,3	27,5	27,4	27,6	27,8	3,8	4,1	3,5	1	99,76	20,0	12,5
2	3,3	24,0	30,0	24,5	27,6	27,7	27,7	27,9	28,0	3,8	4,1	3,5	1	99,76	20,0	12,5
3	3,5	23,9	29,8	24,3	27,7	27,8	27,7	28,1	28,2	3,8	4,1	3,5	1	99,76	20,0	12,5
4	4,3	23,5	29,4	23,8	27,8	27,7	27,7	28,2	28,2	2,9	3,2	2,8	1	99,76	15,0	12,5
5	4,4	23,4	30,6	23,8	27,7	28,0	27,9	27,8	27,8	2,9	3,2	2,8	1	99,76	15,0	12,5
6	4,5	23,4	30,2	23,9	28,0	28,1	28,0	28,1	28,2	2,9	3,2	2,8	1	99,76	15,0	12,5
7	5,0	22,4	30,5	23,8	27,6	28,4	28,6	28,6	28,7	2,1	2,2	1,9	1	99,76	12,5	12,5

8	5,3	22,5	30,6	23,9	28,8	29,0	29,0	28,9	29,0	2,1	2,2	1,9	1	99,76	12,5	12,5
9	5,5	22,6	30,9	24,0	28,8	28,7	28,9	28,9	29,0	2,1	2,2	1,9	1	99,76	12,5	12,5

TABEL 7. DATA HASIL PENGAMATAN DENGAN AC TANPA FREON (UJI SESAAT)

Pengaturan Debit Air Minimum $4,08 \times 10^{-6}$

No	Temp. Air (°C)		Temp. Udara (°C)		Temp. Ruangan (°C)					Kecepatan Udara (m/s)			Debit		Daya (watt)	
	Tin	Tout	Tin	Tout	T1	T2	T3	T4	T5	V1	V2	V3	Vol (ltr)	t (detik)	AC	Pompa
1	3,5	25,3	30,5	26,4	28,0	28,1	28,1	28,1	28,3	3,8	4,1	3,5	1	244,82	20,0	12,5
2	3,7	25,0	30,6	26,4	28,4	28,1	28,1	28,2	28,3	3,8	4,1	3,5	1	244,82	20,0	12,5
3	3,9	25,5	30,7	26,4	28,0	28,2	28,1	28,5	28,5	3,8	4,1	3,5	1	244,82	20,0	12,5
4	3,9	25,1	30,5	25,3	28,6	28,9	28,8	28,8	28,8	2,9	3,2	2,8	1	244,82	15,0	12,5
5	3,8	25,0	30,7	25,4	28,9	29,2	29,3	29,5	29,5	2,9	3,2	2,8	1	244,82	15,0	12,5
6	4,0	25,2	30,7	25,5	29,3	29,4	29,4	29,5	29,6	2,9	3,2	2,8	1	244,82	15,0	12,5
7	5,3	23,9	30,5	24,7	29,0	29,0	29,2	29,3	29,4	2,1	2,2	1,9	1	244,82	12,5	12,5
8	5,9	23,7	30,8	24,9	29,0	29,0	29,2	29,2	29,4	2,1	2,2	1,9	1	244,82	12,5	12,5
9	5,8	23,6	31,5	25,4	28,3	29,2	29,2	29,4	29,5	2,1	2,2	1,9	1	244,82	12,5	12,5

LAMPIRAN A.4

TABEL 8. DATA HASIL PENGAMATAN DENGAN AC TANPA FREON (19-10-2010)

Pengaturan Kecepatan Udara 3,8 m/s

No	Waktu	Temp. Air (°C)		Temp. Udara (°C)		Temp. Ruangan (°C)					Kecepatan Udara (m/s)			Debit		Daya (watt)		Temp. Luar (°C)	Ket
		Tin	Tout	Tin	Tout	T1	T2	T3	T4	T5	V1	V2	V3	Vol (ltr)	t (detik)	AC	Pompa		
1	9:00	3,5	24,3	31,1	24,7	29,8	29,9	29,7	29,8	30,0	3,8	4,1	3,5	1	64,62	20,0	12,5	34,1	Cerah
2	9:30	3,6	24,1	30,9	24,2	28,8	29,0	28,7	28,9	29,0	3,8	4,1	3,5	1	64,62	20,0	12,5	34,3	Cerah
3	10:00	3,9	24,2	30,4	24,6	27,6	27,9	27,8	28,2	28,2	3,8	4,1	3,5	1	64,62	20,0	12,5	34,7	Cerah
4	10:30	4,6	24,7	30,6	25,0	27,4	27,5	27,9	27,4	27,5	3,8	4,1	3,5	1	64,62	20,0	12,5	35,4	Cerah
5	11:00	5,5	25,0	31,2	25,3	27,9	27,7	27,7	27,9	28,3	3,8	4,1	3,5	1	64,62	20,0	12,5	35,7	Cerah
6	11:30	3,7	24,0	31,3	24,6	28,3	28,2	28,1	28,0	28,5	3,8	4,1	3,5	1	64,62	20,0	12,5	35,9	Cerah
7	12:00	3,8	24,1	30,7	24,7	28,6	28,8	28,5	28,3	29,0	3,8	4,1	3,5	1	64,62	20,0	12,5	36,3	Cerah
8	12:30	4,7	24,7	30,7	24,9	28,8	28,7	28,6	28,5	29,1	3,8	4,1	3,5	1	64,62	20,0	12,5	36,8	Cerah
9	13:00	5,7	25,3	31,3	25,4	29,3	29,4	29,4	28,9	29,8	3,8	4,1	3,5	1	64,62	20,0	12,5	37,4	Cerah
10	13:30	3,6	23,9	31,5	24,3	28,3	28,5	28,4	28,3	28,7	3,8	4,1	3,5	1	64,62	20,0	12,5	37,3	Cerah
11	14:00	3,9	24,1	30,6	24,6	28,6	28,5	28,5	28,5	28,8	3,8	4,1	3,5	1	64,62	20,0	12,5	36,8	Cerah
12	14:30	4,4	24,5	31,3	24,7	28,5	28,7	28,3	28,4	28,6	3,8	4,1	3,5	1	64,62	20,0	12,5	35,9	Cerah
13	15:00	5,4	25,3	31,5	25,3	28,7	28,7	28,5	28,6	28,9	3,8	4,1	3,5	1	64,62	20,0	12,5	35,4	Cerah

TABEL 9. DATA HASIL PENGAMATAN DENGAN AC TANPA FREON (20-10-2010)

Pengaturan Kecepatan Udara 2,067 m/s

No	Waktu	Temp. Air (°C)		Temp. Udara (°C)		Temp. Ruangan (°C)					Kecepatan Udara (m/s)			Debit		Daya (watt)		Temp. Luar (°C)	Ket
		Tin	Tout	Tin	Tout	T1	T2	T3	T4	T5	V1	V2	V3	Vol (ltr)	t (detik)	AC	Pompa		
1	9:00	3,8	21,3	31,4	24,0	30,2	29,9	30,1	30,0	30,4	2,1	2,2	1,9	1	64,62	12,5	12,5	34,0	Cerah
2	9:30	4,2	21,5	31,0	23,4	29,3	29,4	29,2	29,4	29,5	2,1	2,2	1,9	1	64,62	12,5	12,5	34,5	Cerah
3	10:00	4,5	21,8	30,8	23,3	28,5	28,5	28,3	28,4	28,6	2,1	2,2	1,9	1	64,62	12,5	12,5	34,9	Cerah
4	10:30	4,8	22,4	30,6	23,3	27,7	27,5	27,8	27,3	28,0	2,1	2,2	1,9	1	64,62	12,5	12,5	35,5	Cerah
5	11:00	5,1	22,6	30,5	23,3	27,6	27,7	27,8	27,9	28,1	2,1	2,2	1,9	1	64,62	12,5	12,5	35,8	Cerah
6	11:30	5,5	22,9	30,9	23,6	28,4	28,2	28,3	28,1	28,4	2,1	2,2	1,9	1	64,62	12,5	12,5	35,3	Cerah
7	12:00	3,8	22,0	31,2	23,7	28,4	28,3	28,6	28,3	28,8	2,1	2,2	1,9	1	64,62	12,5	12,5	36,8	Cerah
8	12:30	4,4	22,1	30,6	23,6	28,7	28,6	28,6	28,7	29,0	2,1	2,2	1,9	1	64,62	12,5	12,5	37,5	Cerah
9	13:00	5,0	22,9	31,1	23,6	29,2	29,3	29,3	29,1	29,7	2,1	2,2	1,9	1	64,62	12,5	12,5	37,5	Cerah
10	13:30	5,6	23,3	31,4	23,5	29,3	29,5	29,3	29,1	29,5	2,1	2,2	1,9	1	64,62	12,5	12,5	37,2	Cerah
11	14:00	3,7	22,0	30,8	23,5	28,6	28,4	28,7	28,5	28,9	2,1	2,2	1,9	1	64,62	12,5	12,5	36,9	Cerah
12	14:30	4,4	22,3	30,8	23,4	28,4	28,6	28,5	28,5	28,6	2,1	2,2	1,9	1	64,62	12,5	12,5	36,3	Cerah
13	15:00	4,9	22,4	31,1	23,7	28,5	28,5	28,6	28,4	28,7	2,1	2,2	1,9	1	64,62	12,5	12,5	35,7	Cerah



LAMPIRAN B

(Data-Data Hasil Perhitungan)



LAMPIRAN B.1

DATA HASIL PERHITUNGAN UJI SESAAT

Dengan Pengaturan Debit Air $1,55 \times 10^{-5}$

Air							Udara							
Tf (°C)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg°C)	Q (m ³ /s)	\dot{m} (kg/s)	ΔT (°C)	Qair (kJ/s)	Tf (°C)	v (m/s)	A (m ²)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg.K)	\dot{m} (kg/s)	ΔT (K)	Qudara (kJ/s)
13,95	998,77	4,189	0,0000155	0,0154561	20,7	1,34	28,50	3,80	0,0144	1,156	1,007	0,063	6,4	0,408
13,90	998,78	4,189	0,0000155	0,0154562	20,4	1,32	27,85	3,80	0,0144	1,159	1,007	0,063	5,9	0,377
13,80	998,79	4,189	0,0000155	0,0154564	20,2	1,31	27,75	3,80	0,0144	1,159	1,007	0,063	6,1	0,390
13,40	998,83	4,189	0,0000155	0,015457	19,4	1,26	27,25	2,97	0,0144	1,161	1,007	0,050	5,7	0,285
12,85	998,89	4,190	0,0000155	0,0154579	17,9	1,16	27,45	2,97	0,0144	1,160	1,007	0,050	7,5	0,374
13,55	998,82	4,189	0,0000155	0,0154568	18,5	1,20	27,70	2,97	0,0144	1,159	1,007	0,050	7,0	0,349
13,60	998,81	4,189	0,0000155	0,0154567	17,2	1,11	27,10	2,07	0,0144	1,161	1,007	0,035	7,2	0,251
13,75	998,80	4,189	0,0000155	0,0154564	16,7	1,08	27,20	2,07	0,0144	1,161	1,007	0,035	7,0	0,243
13,90	998,78	4,189	0,0000155	0,0154562	16,6	1,07	28,00	2,07	0,0144	1,158	1,007	0,034	7,0	0,243

Es				η_{ac} (%)	Hsystem (%)
\dot{m} (kg/s)	ΔT (°C)	c_p (kJ/kg°C)	Qes (kJ/s)		
1,11E-02	3,6	4,211	3,868	30,43	10,45
1,11E-02	3,7	4,211	3,873	28,52	9,64
1,11E-02	3,7	4,211	3,873	29,79	9,97
1,11E-02	3,7	4,211	3,873	22,65	7,30
1,11E-02	3,9	4,210	3,882	32,28	9,57
1,11E-02	4,3	4,209	3,901	29,14	8,88
1,11E-02	5,0	4,207	3,934	22,49	6,33

1,11E-02	5,4	4,206	3,952	22,52	6,12
1,11E-02	5,6	4,205	3,962	22,61	6,09

Dengan Pengaturan Debit Air $1,00 \times 10^{-5}$

Air							Udara							
Tf (°C)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg°C)	Q (m ³ /s)	\dot{m} (kg/s)	ΔT (°C)	Qair (kJ/s)	Tf (°C)	v (m/s)	A (m ²)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg.K)	\dot{m} (kg/s)	ΔT (K)	Qudara (kJ/s)
13,65	998,81	4,189	0,00001	0,010012	20,7	0,87	27,45	3,80	0,0144	1,160	1,007	0,063	5,9	0,377
13,65	998,81	4,189	0,00001	0,010012	20,7	0,87	27,25	3,80	0,0144	1,161	1,007	0,064	5,5	0,352
13,70	998,80	4,189	0,00001	0,010012	20,4	0,86	27,05	3,80	0,0144	1,161	1,007	0,064	5,5	0,352
13,90	998,78	4,189	0,00001	0,010012	19,2	0,81	26,60	2,97	0,0144	1,163	1,007	0,050	5,6	0,280
13,90	998,78	4,189	0,00001	0,010012	19,0	0,80	27,20	2,97	0,0144	1,161	1,007	0,050	6,8	0,340
13,95	998,77	4,189	0,00001	0,010012	18,9	0,79	27,05	2,97	0,0144	1,161	1,007	0,050	6,3	0,315
13,70	998,80	4,189	0,00001	0,010012	17,4	0,73	27,15	2,07	0,0144	1,161	1,007	0,035	6,7	0,233
13,90	998,78	4,189	0,00001	0,010012	17,2	0,72	27,25	2,07	0,0144	1,161	1,007	0,035	6,7	0,233
14,05	998,76	4,188	0,00001	0,010012	17,1	0,72	27,45	2,07	0,0144	1,160	1,007	0,035	6,9	0,240

Es				η_{ac} (%)	η_{system} (%)
\dot{m} (kg/s)	ΔT (°C)	c_p (kJ/kg°C)	Qes (kJ/s)		
9,26E-03	3,3	4,212	3,212	43,44	11,62
9,26E-03	3,3	4,212	3,212	40,51	10,84
9,26E-03	3,5	4,212	3,220	41,13	10,82
9,26E-03	4,3	4,209	3,251	34,79	8,54
9,26E-03	4,4	4,208	3,255	42,61	10,35
9,26E-03	4,5	4,208	3,259	39,71	9,58
9,26E-03	5,0	4,207	3,278	31,94	7,06

9,26E-03	5,3	4,206	3,290	32,31	7,03
9,26E-03	5,5	4,206	3,298	33,45	7,22

Dengan Pengaturan Debit Air $4,08 \times 10^{-6}$

Air							Udara							
Tf (°C)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg°C)	Q (m ³ /s)	\dot{m} (kg/s)	ΔT (°C)	Qair (kJ/s)	Tf (°C)	v (m/s)	A (m ²)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg.K)	\dot{m} (kg/s)	ΔT (K)	Qudara (kJ/s)
14,40	998,73	4,188	0,0000041	0,004079	21,8	0,37	28,45	3,80	0,0144	1,157	1,007	0,063	4,1	0,261
14,35	998,73	4,188	0,0000041	0,004079	21,3	0,36	28,50	3,80	0,0144	1,156	1,007	0,063	4,2	0,268
14,70	998,69	4,187	0,0000041	0,004079	21,6	0,37	28,55	3,80	0,0144	1,156	1,007	0,063	4,3	0,274
14,50	998,71	4,188	0,0000041	0,004079	21,2	0,36	27,90	2,97	0,0144	1,158	1,007	0,049	5,2	0,259
14,40	998,73	4,188	0,0000041	0,004079	21,2	0,36	28,05	2,97	0,0144	1,158	1,007	0,049	5,3	0,264
14,60	998,70	4,188	0,0000041	0,004079	21,2	0,36	28,10	2,97	0,0144	1,158	1,007	0,049	5,2	0,259
14,60	998,70	4,188	0,0000041	0,004079	18,6	0,32	27,60	2,07	0,0144	1,159	1,007	0,035	5,8	0,202
14,80	998,68	4,187	0,0000041	0,004079	17,8	0,30	27,85	2,07	0,0144	1,159	1,007	0,034	5,9	0,205
14,70	998,69	4,187	0,0000041	0,004079	17,8	0,30	28,45	2,07	0,0144	1,157	1,007	0,034	6,1	0,211

Es				η_{ac} (%)	η_{system} (%)
\dot{m} (kg/s)	ΔT (°C)	c_p (kJ/kg°C)	Qes (kJ/s)		
7,41E-03	3,5	4,212	2,576	70,16	10,02
7,41E-03	3,7	4,211	2,582	73,55	10,24
7,41E-03	3,9	4,210	2,588	74,26	10,45
7,41E-03	3,9	4,210	2,588	71,55	9,91

7,41E-03	3,8	4,210	2,585	72,90	10,11
7,41E-03	4,0	4,210	2,591	71,52	9,89
7,41E-03	5,3	4,206	2,632	63,43	7,59
7,41E-03	5,9	4,205	2,650	67,38	7,66
7,41E-03	5,8	4,205	2,647	69,54	7,91



LAMPIRAN B.2

TABEL 1. DATA HASIL PERHITUNGAN HARIAN (19-10-2010)

Air Pendingin							Udara AC								
Tf (°C)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg°C)	Q (m ³ /s)	\dot{m} (kg/s)	ΔT (°C)	Qair (kJ/s)	Tf (°C)	V (m/s)	A (m ²)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg.K)	\dot{m} (kg/s)	ΔT (°C)	Qudara (kJ/s)	V (m ³)
27,90	995,64	4,1779	0,0000155	0,0154	20,8	1,34	27,90	3,8	0,0144	1,1584	1,0070	0,0634	6,4	0,409	37,05
27,55	995,69	4,1782	0,0000155	0,0154	20,5	1,32	27,55	3,8	0,0144	1,1596	1,0070	0,0635	6,7	0,428	37,05
27,50	995,70	4,1783	0,0000155	0,0154	20,3	1,31	27,50	3,8	0,0144	1,1597	1,0070	0,0635	5,8	0,371	37,05
27,80	995,66	4,1780	0,0000155	0,0154	20,1	1,29	27,80	3,8	0,0144	1,1587	1,0070	0,0634	5,6	0,358	37,05
28,25	995,60	4,1776	0,0000155	0,0154	19,5	1,26	28,25	3,8	0,0144	1,1572	1,0071	0,0633	5,9	0,376	37,05
27,95	995,64	4,1778	0,0000155	0,0154	20,3	1,31	27,95	3,8	0,0144	1,1582	1,0070	0,0634	6,7	0,428	37,05
27,70	995,67	4,1781	0,0000155	0,0154	20,3	1,31	27,70	3,8	0,0144	1,1591	1,0070	0,0634	6,0	0,383	37,05
27,80	995,66	4,1780	0,0000155	0,0154	20,0	1,29	27,80	3,8	0,0144	1,1587	1,0070	0,0634	5,8	0,370	37,05
28,35	995,59	4,1775	0,0000155	0,0154	19,6	1,26	28,35	3,8	0,0144	1,1569	1,0071	0,0633	5,9	0,376	37,05
27,90	995,64	4,1779	0,0000155	0,0154	20,3	1,31	27,90	3,8	0,0144	1,1584	1,0070	0,0634	7,2	0,460	37,05
27,60	995,68	4,1782	0,0000155	0,0154	20,2	1,30	27,60	3,8	0,0144	1,1594	1,0070	0,0634	6,0	0,383	37,05
28,00	995,63	4,1778	0,0000155	0,0154	20,1	1,29	28,00	3,8	0,0144	1,1581	1,0070	0,0634	6,6	0,421	37,05

28,40	995,58	4,1774	0,0000155	0,0154	19,9	1,28	28,40	3,8	0,0144	1,1567	1,0071	0,0633	6,2	0,395	37,05
-------	--------	--------	-----------	--------	------	------	-------	-----	--------	--------	--------	--------	-----	-------	-------

Udara Ruangan								Es						
ρ (kg/m ³)	m (kg)	Δt (s)	Trata ² (°C)	ΔT (°C)	\dot{m} (kg/s)	C_p (kJ/kg.K)	Qru (kJ/s)	\dot{m} (kg/s)	ΔT (°C)	C_p (kJ/kg.K)	Qes (kJ/s)	η_{HE} (%)	η_{ru} (%)	Hsyst (%)
1,152	42,680	1800	29,84	2,56	0,0237	1,0071	0,0611	4,17E-03	3,5	4,212	1,449	30,51	14,96	9,00
1,155	42,798	1800	28,88	0,96	0,0238	1,0071	0,0230	4,17E-03	3,6	4,211	1,451	32,44	5,37	28,86
1,158	42,914	1800	27,94	0,94	0,0238	1,0070	0,0226	4,17E-03	3,9	4,210	1,456	28,36	6,09	24,90
1,160	42,963	1800	27,54	0,40	0,0239	1,0070	0,0096	4,17E-03	4,6	4,207	1,468	27,63	2,69	23,83
1,158	42,919	1800	27,90	-0,36	0,0238	1,0070	-0,0086	4,17E-03	5,5	4,204	1,484	29,98	-2,30	24,81
1,157	42,879	1800	28,22	-0,32	0,0238	1,0070	-0,0077	4,17E-03	3,7	4,211	1,452	32,73	-1,80	28,80
1,156	42,828	1800	28,64	-0,42	0,0238	1,0071	-0,0101	4,17E-03	3,8	4,210	1,454	29,32	-2,63	25,78
1,156	42,815	1800	28,74	-0,10	0,0238	1,0071	-0,0024	4,17E-03	4,7	4,207	1,470	28,76	-0,65	24,65
1,154	42,739	1800	29,36	-0,62	0,0237	1,0071	-0,0148	4,17E-03	5,7	4,203	1,487	29,82	-3,94	24,75
1,157	42,852	1800	28,44	0,92	0,0238	1,0071	0,0221	4,17E-03	3,6	4,211	1,451	35,17	4,80	30,99
1,156	42,835	1800	28,58	-0,14	0,0238	1,0071	-0,0034	4,17E-03	3,9	4,210	1,456	29,48	-0,88	25,75
1,156	42,845	1800	28,50	0,08	0,0238	1,0071	0,0019	4,17E-03	4,4	4,208	1,465	32,55	0,46	28,13
1,154	42,739	1800	28,68	-0,18	0,0237	1,0070	-0,0043	4,17E-03	5,4	4,204	1,482	30,86	-1,09	26,09

TABEL 2. DATA HASIL PERHITUNGAN HARIAN (20-10-2010)

Air Pendingin							Udara AC								
Tf (°C)	ρ (kg/m ³)	C_p (kJ/kg°C)	Q (m ³ /s)	\dot{m} (kg/s)	ΔT (°C)	Qair (kJ/s)	Tf (°C)	V (m/s)	A (m ²)	ρ (kg/m ³)	C_p (kJ/kg.K)	\dot{m} (kg/s)	ΔT (°C)	Qudara (kJ/s)	V (m ³)
27,70	995,67	4,1781	0,0000155	0,0154	17,5	1,13	27,70	2,067	0,0144	1,1591	1,0070	0,0345	7,4	0,257	37,05
27,20	995,73	4,1785	0,0000155	0,0154	17,3	1,11	27,20	2,067	0,0144	1,1607	1,0070	0,0345	7,6	0,264	37,05
27,05	995,75	4,1787	0,0000155	0,0154	17,3	1,11	27,05	2,067	0,0144	1,1612	1,0070	0,0346	7,5	0,261	37,05
26,95	995,76	4,1787	0,0000155	0,0154	17,6	1,13	26,95	2,067	0,0144	1,1616	1,0070	0,0346	7,3	0,254	37,05

26,90	995,77	4,1788	0,0000155	0,0154	17,5	1,13	26,90	2,067	0,0144	1,1617	1,0070	0,0346	7,2	0,251	37,05
27,25	995,73	4,1785	0,0000155	0,0154	17,4	1,12	27,25	2,067	0,0144	1,1606	1,0070	0,0345	7,3	0,254	37,05
27,45	995,70	4,1783	0,0000155	0,0154	18,2	1,17	27,45	2,067	0,0144	1,1599	1,0070	0,0345	7,5	0,261	37,05
27,10	995,75	4,1786	0,0000155	0,0154	17,7	1,14	27,10	2,067	0,0144	1,1611	1,0070	0,0346	7,0	0,244	37,05
27,35	995,71	4,1784	0,0000155	0,0154	17,9	1,15	27,35	2,067	0,0144	1,1602	1,0070	0,0345	7,5	0,261	37,05
27,45	995,70	4,1783	0,0000155	0,0154	17,7	1,14	27,45	2,067	0,0144	1,1599	1,0070	0,0345	7,9	0,275	37,05
27,15	995,74	4,1786	0,0000155	0,0154	18,3	1,18	27,15	2,067	0,0144	1,1609	1,0070	0,0345	7,3	0,254	37,05
27,10	995,75	4,1786	0,0000155	0,0154	17,9	1,15	27,10	2,067	0,0144	1,1611	1,0070	0,0346	7,4	0,257	37,05
27,40	995,71	4,1783	0,0000155	0,0154	17,5	1,13	27,40	2,067	0,0144	1,1601	1,0070	0,0345	7,4	0,257	37,05

Udara Ruangan								Es						
ρ (kg/m ³)	m (kg)	Δt (s)	Trata ² (°C)	ΔT (°C)	\dot{m} (kg/s)	c_p (kJ/kg.K)	Qru (kJ/s)	\dot{m} (kg/s)	ΔT (°C)	c_p (kJ/kg.K)	Qes (kJ/s)	η_{HE} (%)	η_{ru} (%)	η_{syst} (%)
1,151	42,645	1800	30,12	1,88	0,0237	1,0071	0,0449	3,47E-03	3,8	4,210	1,212	22,82	17,45	20,78
1,154	42,739	1800	29,36	0,76	0,0237	1,0071	0,0182	3,47E-03	4,2	4,209	1,218	23,73	6,87	21,28
1,157	42,850	1800	28,46	0,90	0,0238	1,0071	0,0216	3,47E-03	4,5	4,208	1,222	23,43	8,27	20,93
1,159	42,948	1800	27,66	0,80	0,0239	1,0070	0,0192	3,47E-03	4,8	4,207	1,226	22,42	7,56	20,31
1,159	42,929	1800	27,82	-0,16	0,0238	1,0070	-0,0038	3,47E-03	5,1	4,205	1,231	22,24	-1,53	19,96
1,157	42,872	1800	28,28	-0,46	0,0238	1,0071	-0,0110	3,47E-03	5,5	4,204	1,237	22,66	-4,35	20,13
1,156	42,847	1800	28,48	-0,20	0,0238	1,0071	-0,0048	3,47E-03	3,8	4,210	1,212	22,25	-1,84	21,08
1,156	42,818	1800	28,72	-0,24	0,0238	1,0071	-0,0057	3,47E-03	4,4	4,208	1,221	21,37	-2,36	19,56
1,154	42,744	1800	29,32	-0,60	0,0237	1,0071	-0,0143	3,47E-03	5,0	4,206	1,229	22,63	-5,50	20,79
1,154	42,741	1800	29,34	-0,02	0,0237	1,0071	-0,0005	3,47E-03	5,6	4,204	1,238	24,10	-0,17	21,74
1,156	42,830	1800	28,62	0,72	0,0238	1,0071	0,0173	3,47E-03	3,7	4,211	1,210	21,55	6,79	20,56
1,156	42,842	1800	28,52	0,10	0,0238	1,0071	0,0024	3,47E-03	4,4	4,208	1,221	22,34	0,93	20,67
1,154	42,764	1800	28,54	-0,02	0,0238	1,0070	-0,0005	3,47E-03	4,9	4,206	1,228	22,83	-0,19	20,54



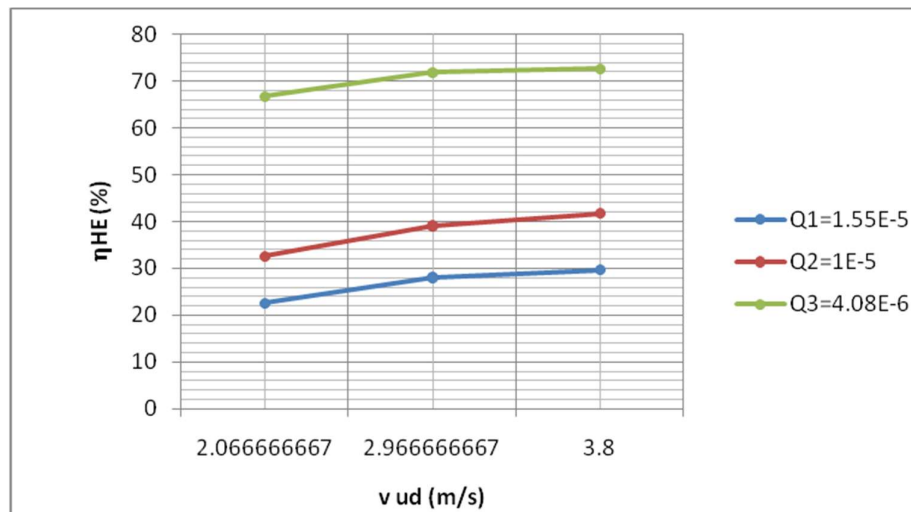
LAMPIRAN C

(Grafik Karakteristik Efisiensi)

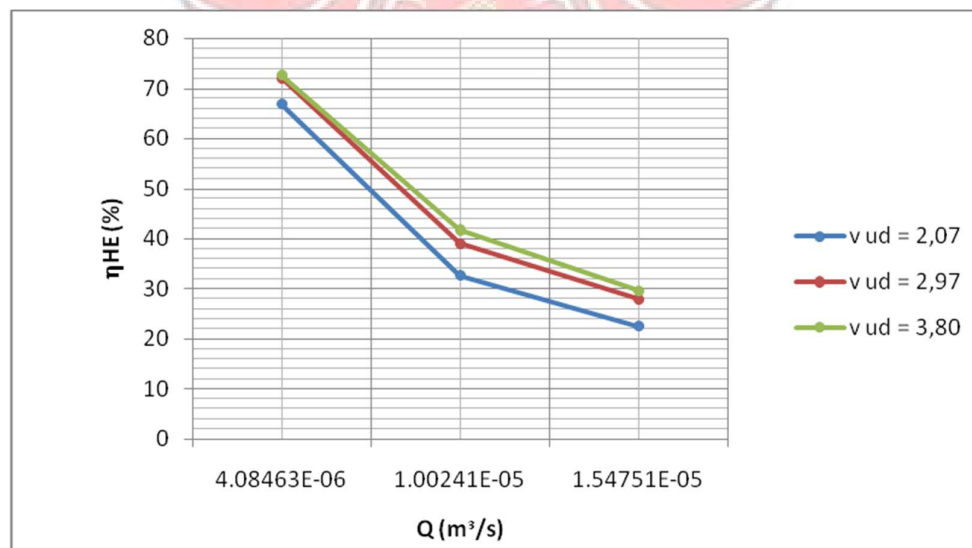


LAMPIRAN C1

Grafik Hasil Pengamatan Dengan AC Tanpa Freon Uji Sesaat



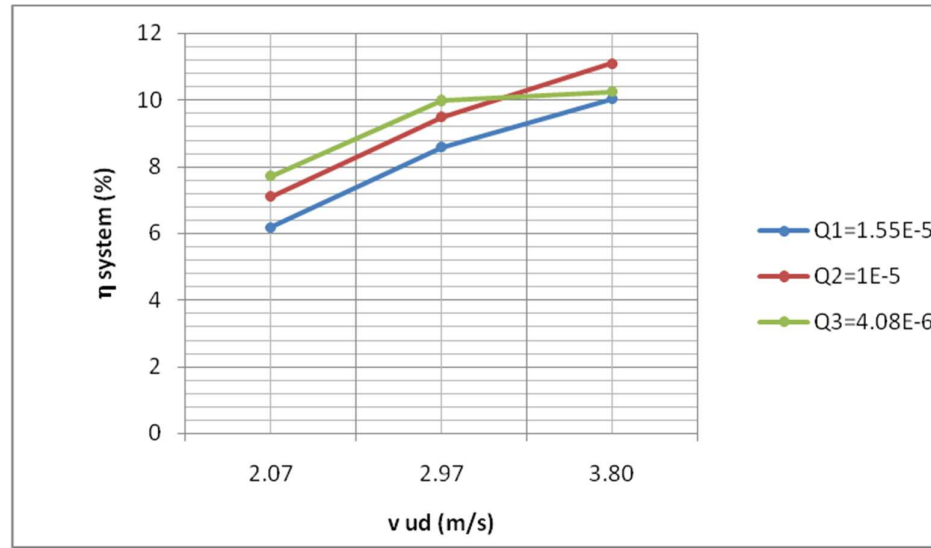
Grafik 1. Hubungan Antara kecepatan udara (v_{ud}) dengan Efisiensi AC (η_{HE})



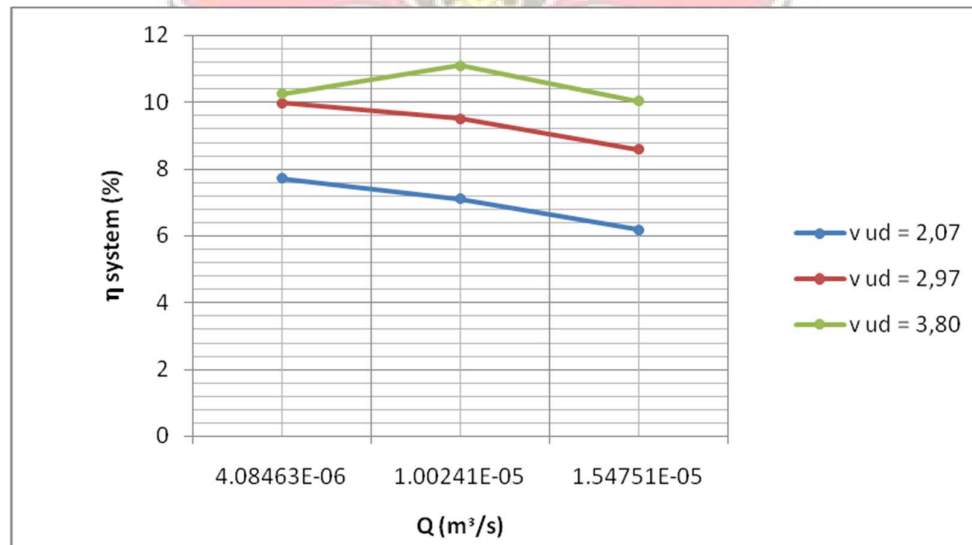
Grafik 2. Hubungan Antara Debit Air (Q_{air}) dengan Efisiensi AC (η_{AC})

LAMPIRAN C2

Grafik Hasil Pengamatan Dengan AC Tanpa Freon Uji Sesaat



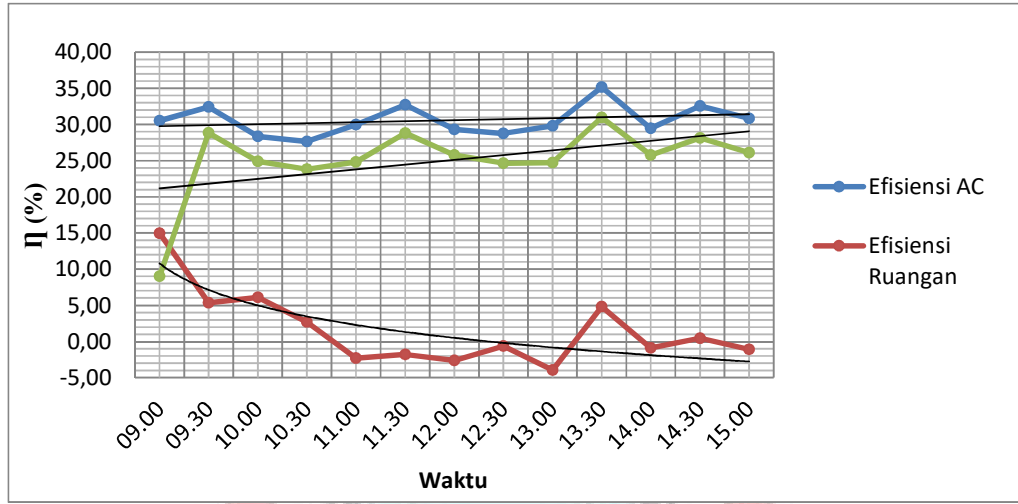
Grafik 3. Hubungan Antara kecepatan udara (v_{ud}) dengan Efisiensi System (η_{sys})



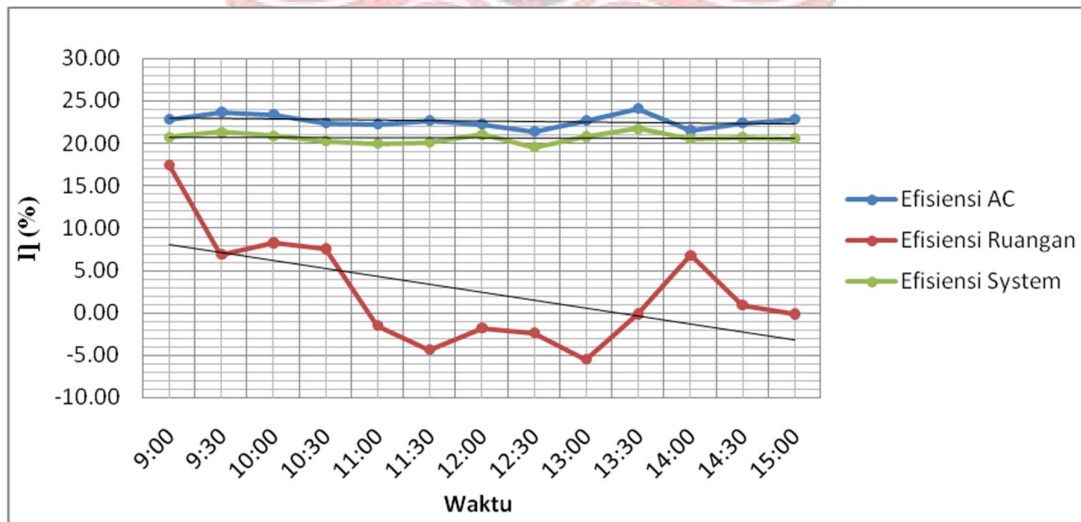
Grafik 4. Hubungan Antara Debit Air (Q_{air}) dengan Efisiensi System (η_{sys})

LAMPIRAN C3

Grafik Hasil Pengamatan Dengan AC Tanpa Freon Uji Harian



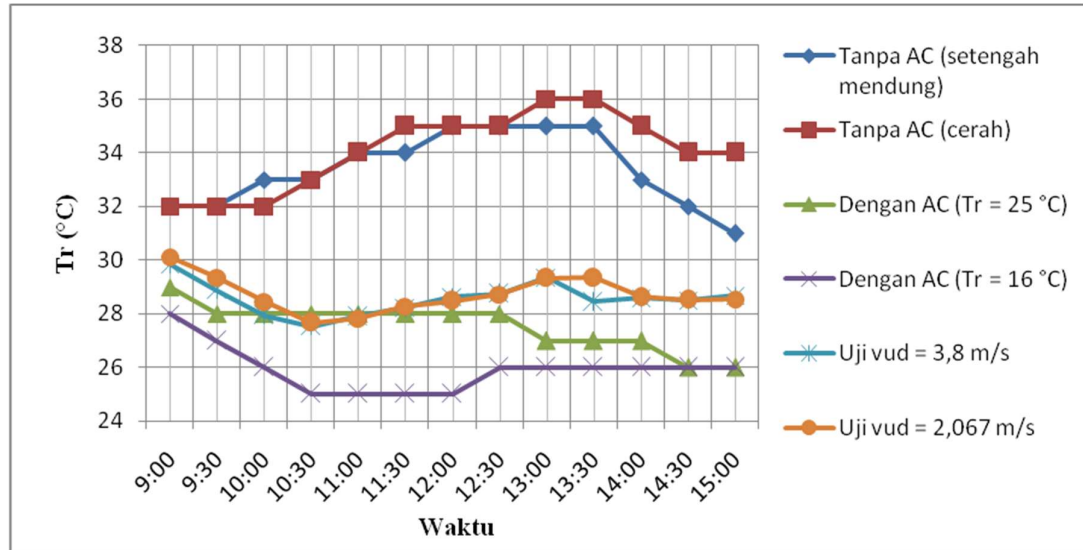
Grafik 5. Hubungan Antara Waktu dengan Efisiensi AC (η_{HE}), Efisiensi Ruang (η_{ruang}), & Efisiensi System (η_{sys}) dengan kecepatan udara 3,8 m/s



Grafik 6. Hubungan Antara Waktu dengan Efisiensi AC (η_{HE}), Efisiensi Ruang (η_{ruang}), & Efisiensi System (η_{sys}) dengan kecepatan udara 2,067 m/s

LAMPIRAN C4

Grafik Hasil Pengamatan Dengan AC Ber-freon, dengan AC Tanpa Freon Uji Harian & Sesaat, dan Tanpa AC



Grafik 7. Hubungan Antara Waktu dengan Temperatur Ruangan (Tr)



LAMPIRAN D

(Sifat-Sifat Fisik Air & Udara Dalam Satuan SI)



LAMPIRAN D.1

TABEL 1. SIFAT-SIFAT FISIK AIR DALAM SATUAN SI

°F	°C	c_p (kJ/kg. °C)	ρ (kg/m ³)	μ (kg/m ³)	k (W/m. °C)	Pr	$\frac{g\beta\rho^2 c_p}{\mu k}$ (1/m ³ . °C)
32	0	4.225	999.8	1.79x 10 ⁻³	0.566	13.25	
40	4.44	4.208	999.8	1.55	0.575	11.35	1.91 x 10 ⁹
50	10	4.195	998.2	1.31	0.585	9.40	6.34 x 10 ⁹
60	15.56	4.186	998.6	1.12	0.595	7.88	1.08 x 10 ¹⁰
70	21.11	4.179	997.4	9.8 x 10 ⁻⁴	0.604	6.78	1.46 x 10 ¹⁰
80	26.67	4.179	995.8	8.6	0.614	5.85	1.91 x 10 ¹⁰
90	32.22	4.174	994.9	7.65	0.623	5.12	2.48 x 10 ¹⁰
100	37.78	4.174	993.0	6.82	0.630	4.53	3.3 x 10 ¹⁰
110	43.33	4.174	990.6	6.16	0.637	4.04	4.19 x 10 ¹⁰
120	48.99	4.174	988.8	5.62	0.644	3.64	4.89 x 10 ¹⁰
130	54.44	4.179	985.7	5.13	0.649	3.30	5.66 x 10 ¹⁰
140	60	4.179	983.3	4.17	0.654	3.01	6.48 x 10 ¹⁰
150	65.55	4.183	980.3	4.3	0.659	2.73	7.62 x 10 ¹⁰
160	71.11	4.186	977.3	4.01	0.665	2.53	8.84 x 10 ¹⁰
170	76.67	4.191	973.7	3.72	0.668	2.33	9.85 x 10 ¹⁰
180	82.22	4.195	970.2	3.47	0.673	2.16	1.09 x 10 ¹¹
190	87.78	4.199	966.7	3.27	0.675	2.03	
200	93.33	4.204	963.2	3.06	0.678	1.90	
220	104.4	4.216	955.1	2.67	0.684	1.66	
240	115.6	4.229	946.7	2.44	0.685	1.51	
260	126.7	4.250	937.2	2.19	0.685	1.36	
280	137.8	4.271	928.1	1.98	0.685	1.24	
300	148.9	4.296	918.0	1.86	0.684	1.17	
350	176.7	4.371	890.4	1.57	0.677	1.02	
400	204.4	4.467	859.4	1.36	0.665	1.00	
450	232.2	4.585	825.7	1.20	0.646	0.85	
500	260	4.731	785.2	1.07	0.616	0.83	
550	287.7	5.024	735.5	9.51 x 10 ⁻⁵			
600	315.6	5.703	678.7	8.68			

LAMPIRAN D.2

TABEL 1. SIFAT-SIFAT FISIK UDARA DALAM SATUAN SI

$^{\circ}\text{T}$ (K)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg. $^{\circ}\text{C}$)	$\mu \cdot 10^7$ (N. s/m ²)	$\nu \cdot 10^6$ (m ² /s)	k (W/m. K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s)	Pr
100	3.5562	1.032	71.1	2.00	9.34	2.54	0.786
150	2.3364	1.012	103.4	4.426	13.8	5.84	0.758
200	1.7458	1.007	132.5	7.590	18.1	10.3	0.737
250	1.3947	1.006	159.6	11.44	22.3	15.9	0.720
300	1.1614	1.007	184.6	15.89	26.3	22.5	0.707
350	0.9950	1.009	208.2	20.92	30.0	29.9	0.700
400	0.8711	1.014	230.1	26.41	33.8	38.3	0.690
450	0.7740	1.021	250.7	32.39	37.3	47.2	0.686
500	0.6964	1.030	270.1	38.79	40.7	56.7	0.684
550	0.6329	1.040	288.4	45.57	43.9	66.7	0.683
600	0.5804	1.051	305.8	52.69	46.9	76.9	0.685
650	0.5356	1.063	322.5	60.21	49.7	87.3	0.690
700	0.4975	1.075	338.8	68.10	52.4	98.0	0.695
750	0.4643	1.087	354.6	76.37	54.9	109	0.702
800	0.4354	1.099	369.8	84.93	57.3	120	0.709
850	0.4097	1.110	384.3	93.80	59.6	131	0.716
900	0.3868	1.121	398.1	102.9	62.0	143	0.720
950	0.3666	1.131	411.3	112.2	64.3	155	0.723
1000	0.3482	1.141	424.4	121.9	66.7	168	0.726
1100	0.3166	1.159	449.0	141.8	71.5	195	0.728

LAMPIRAN E

(Foto – Foto Alat & Kegiatan Penelitian)





Foto.1 Rangkaian Alat Pengujian



Foto.2 Rangkaian Alat Pengujian



Foto.3 Termokopel



Foto.4 Anemometer



Foto.5 Timbangan



Foto.6 Remote AC



Foto. 7 Pengukuran Temperatur Air Masuk & Keluar



Foto. 8 Pengukuran Temperatur Udara Masuk & Keluar

LAMPIRAN F

(Tabel Kelebihan & Kelemahan Alat)



LAMPIRAN F.1

TABEL 1. KELEBIHAN & KELEMAHAN ALAT

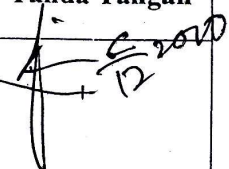

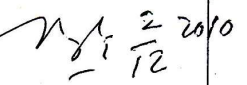

NO	Jenis AC	Kelebihan	Kelemahan
1	Ber-Freon	<ul style="list-style-type: none">- Biaya Operasional murah- Kinerja AC Ber-freon lebih tinggi- Dapat mengatur temperatur yang diinginkan	<ul style="list-style-type: none">- Biaya pengadaan alat mahal- Merusak lingkungan karena menggunakan bahan perusak ozon CFC
2	Tanpa Freon (menggunakan es)	<ul style="list-style-type: none">- Biaya pengadaan alat murah karena tidak menggunakan kompresor- Tidak merusak lingkungan karena tidak menggunakan Freon	<ul style="list-style-type: none">- Biaya operasional mahal karena menggunakan es yang cukup banyak- Kinerja AC Tanpa Freon lebih rendah dari AC Ber-freon- Tidak dapat mengatur temperatur yang diinginkan

LEMBAR REVISI JUDUL PROYEK / TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Yulinda Sapan / Mariani

Stambuk : 342 07 036 / 342 07 037

Catatan Penguji :

No.	Nama	Uraian	Tanda Tangan
1	Ir. Chandra B., MT	- Abstrak	 25/10/10
2.	Musrady Mulyadi, SST	- Hari & ganti tanggal, Hal, 26. - Ket. T ₁ , T ₂ ... berada di mana? + Salinan dari Variabel - Variabel.	 25/11/10
3.	Muh Wuzul, ST	- Gambar Instalasi dan pemampatan alat ukur - Daftar Pustaka dan Cara mengutip - Simbol pirus spesifik	 2/12/10
4.	Ir. Nur Hamzah, MT	- Abstrak (harga bersaing) - Evaporator dengan heat exchanger (Point-to-ke-luar) - Buat tabel keuntungan & kelemahan alat.	

Makassar, 15 November 2010

Ketua,



Ir. Nur Hamzah, M.T

NIP : 19631111 199003 1 002