

**PENGUJIAN KINERJA MESIN PENDINGIN  
RUANGAN MEMANFAATKAN ENERGI LATEN  
PENCAIRAN ES DENGAN ALIRAN TAK CAMPUR**



LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu  
syarat ujian guna menyelesaikan studi pada  
Program Pendidikan Diploma III  
Politeknik Negeri Ujung Pandang

Oleh

**NUR RAHMAH A. 342 08 021**

**ANA JOCHRANA 342 08 022**

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

**2011**

## HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Judul Tugas Akhir : **“Pengujian Kinerja Mesin Pendingin Memanfaatkan Energi Laten Pencairan Es dengan Aliran Tak Campur”**

Oleh : 1. Nur Rahmah A. ( 342 08 021 )  
2. Ana Jochrana ( 342 08 022 )

Program Studi : Teknik Konversi Energi

Jurusan : Teknik Mesin

Tugas akhir ini telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat menyelesaikan studi program Diploma III (D3) pada Program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 1 November 2011

Mengesahkan,

Pembimbing I

**Jamal, ST., MT.**  
NIP. 19730228 200012 1 002

Pembimbing II

**Akhmad Taufik, ST., MT.**  
NIP. 19760413 200812 1 003

Mengetahui,  
a.n Direktur

Ketua Jurusan Teknik Mesin



**Muh. Teked, ST., MT.**  
NIP. 19650824 199003 1 003

## HALAMAN PENGESAHAN PANITIA UJIAN SIDANG

Pada hari ini, hari Selasa Tanggal 01 November 2011, Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir, telah menerima dengan baik hasil Tugas Akhir oleh mahasiswa :

Nama : Nur Rahmah A. ( 342 08 021 )


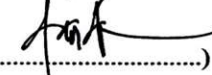


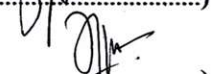

Ana Jochrana ( 342 08 022 )

Judul : **"Pengujian Kinerja Mesin Pendingin Ruangan Memanfaatkan Energi Laten Pencairan Es dengan Aliran Tak Campur"**

Telah diperiksa dan disahkan oleh Tim Penguji Tugas Akhir Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 1 November 2011

Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir :

1. Ir. Lewi, MT. NIP. 19650913 199103 1 006	Ketua	(.....  )
2. Ir. Chandra Bhuana, ST., MT. NIP. 19650319 199103 1 003	Sekretaris	(.....  )
3. Dr. Jumadi Tangko, M.Pd. NIP. 19580606 199003 1 002	Anggota	(.....  )
4. Sri Suwasti, S.ST., MT. NIP. 19741123 200112 2 001	Anggota	(.....  )
5. Jamal, ST., MT NIP. 19730228 200012 1 002	Pembimbing I	(.....  )
6. Akhmad Taufik, ST., MT. NIP. 19760413 200812 1 003	Pembimbing II	(.....  )

## ABSTRAK

(Nur Rahmah dan Ana Jochrana), *Pengujian Kinerja Mesin Pendingin Memanfaatkan Energi Laten Pencairan Es dengan Aliran Tak Campur*. (Dibimbing oleh Jamal dan Akhmad Taufik).

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 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.

Penelitian yang sama sudah dilakukan sebelumnya, namun kali ini sedikit berbeda dengan menambahkan *heat exchanger* dengan aliran tak campur pada rangkaian instalasinya. Akan tetapi hasil penelitian yang ditargetkan tetap sama yakni sebuah kinerja mesin pendingin ruangan yang memanfaatkan energi laten pencairan es dengan aliran tak campur yang hemat energi, ramah lingkungan dan harganya bersaing.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh hasil dari pengujian AC dengan menggunakan es sebagai fluida kerja mampu menurunkan temperatur ruangan. Dimana hasil yang diperoleh lebih rendah dari pengujian temperatur ruangan tanpa AC dan dengan penggunaan AC ber-freon pada temperatur 25°C. Meskipun masih terlihat bahwa pengujian temperatur ruangan dengan menggunakan AC ber-freon pada temperatur 16°C masih lebih baik dibandingkan pengujian temperatur ruangan dengan menggunakan es sebagai fluida kerja. Dan jika dibandingkan dengan pengujian sebelumnya yang tidak menggunakan *Heat Exchanger* pada pendingin air diperoleh efisiensi pengujian ini lebih rendah, akan tetapi konsumsi penggunaan es sebagai fluida kerjanya lebih hemat.

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Proyek Akhir ini dengan judul “*Pengujian Kinerja Mesin Pendingin Ruangan Memanfaatkan Energi Laten Pencairan Es dengan Aliran Tak Campur*” sebagai salah satu persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan di Politeknik Negeri Ujung Pandang.

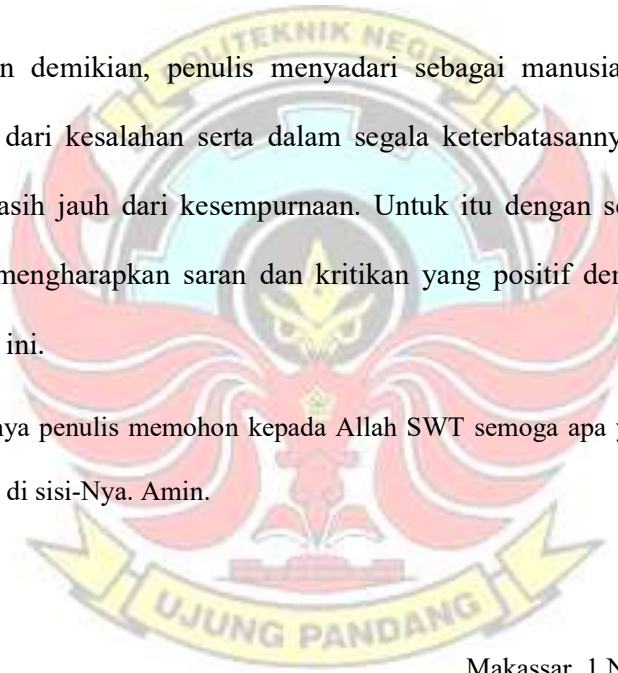
Proses penyelesaian Proyek Akhir ini, tidak terlepas dari tenaga dan pikiran serta bantuan dan bimbingan yang sangat berharga dari berbagai pihak, baik itu secara moril maupun materi sehingga pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Orang tua beserta anggota keluarga lainnya yang telah banyak memberi dorongan spiritual, bantuan moril dan materi, serta telah banyak mendoakan penulis sehingga Proyek Akhir ini dapat terselesaikan.
2. Dr. Pirman, M.Si (Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang)
3. Muh. Tekad, ST. MT (Ketua Jurusan Teknik Mesin)
4. Jamal, ST., MT. (Ketua Program Studi Teknik Konversi Energi)
5. Jamal, ST., MT. selaku Pembimbing I dan Akhmad Taufik, ST., MT. selaku Pembimbing II yang telah banyak meluangkan waktunya dalam memberikan petunjuk, bimbingan, arahan serta dorongan moril dan materil.
6. Segenap dosen Jurusan Teknik Mesin pada umumnya dan Program Studi Teknik Konversi Energi pada khususnya yang selama kurang 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. Teman-teman HMM PNUP terkhusus para SPARTA '08 yang telah menyemangati penulis selama ini.
9. Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Mesin terutama dari kelas III-A Energi angkatan 2008 yang kurang lebih 3 tahun lamanya bersama-sama dalam menimba ilmu di Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah bersedia bekerja sama dan banyak memberikan bantuan berupa pemikiran dan materi serta semangat baik secara langsung maupun tidak langsung.

Namun demikian, penulis menyadari sebagai manusia biasa yang tak pernah luput dari kesalahan serta dalam segala keterbatasannya hingga Proyek Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan saran dan kritikan yang positif demi kesempurnaan Proyek Akhir ini.

Akhirnya penulis memohon kepada Allah SWT semoga apa yang kita dapatkan bernilai ibadah di sisi-Nya. Amin.



Makassar, 1 November 2011

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN PANITIA UJIAN SIDANG .....	iii
ABSTRAK .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR SIMBOL .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	3
C. Tujuan .....	3
D. Manfaat .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
A. Prinsip Kerja Mesin Pendingin Ruangan .....	5
B. Komponen – Komponen Mesin Pendingin Ruangan .....	5
1. Kompresor .....	5
2. Kondensor .....	6
3. Akumulator .....	6
4. Mesin Ekspansi atau Katup Ekspansi .....	7
5. Evaporator .....	7

6. Blower .....	8
C. Prinsip Kerja Mesin Pendingin Ruangan .....	9
D. Prinsip Kerja Heat Exchanger.....	9
E. Konsumsi Energi Mesin Pendingin Ruangan.....	10
F. Dampak Lingkungan Mesin Pendingin Ruangan .....	12
G. Penelitian – Penelitian Yang Telah Dilakukan .....	13
1. Penelitian Penghemat Energi Mesin Pendingin Ruangan.....	13
2. Penelitian Refrigerant.....	14
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>15</b>
A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	15
B. Alat dan Bahan .....	15
1. Peralatan Utama.....	15
2. Peralatan Ukur .....	16
C. Tahapan Penelitian.....	16
1. Perakitan Alat Uji .....	16
2. Pengujian Kinerja.....	16
3. Prosedur Penelitian .....	17
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>18</b>
A. Tabel Hasil Pengamatan .....	18
B. Analisa Data .....	18
C. Pembahasan .....	26
<b>BAB V PENUTUP</b> .....	<b>42</b>
A. Kesimpulan .....	42



B. Saran .....	43
DAFTAR PUSTAKA .....	44
LAMPIRAN	



## DAFTAR SIMBOL

<b>Keterangan</b>	<b>Satuan</b>
$T_{in}$ = Temperatur air masuk	°C
$T_{out}$ = Temperatur air keluar	°C
$V$ = Kecepatan udara	m/s
$t$ = Waktu	s
$\rho_{es}$ = Massa jenis es	kg
$\Delta T_{air}$ = Perubahan temperatur air	°C
$T_{f\ air}$ = Temperatur air rata-rata	°C
$\rho_{air}$ = Massa jenis air	kg/m <sup>3</sup>
$c_{p\ air}$ = Kalor spesifik air	kJ/kg.°C
$Q_{air}$ = Daya air	kJ/s
$\Delta T_{udara}$ = Perubahan temperatur udara	K
$T_{f\ udara}$ = Temperatur udara rata-rata	K
$\rho_{udara}$ = Massa jenis udara	kg/m <sup>3</sup>
$c_{p\ udara}$ = Kalor spesifik udara	kJ/kg.°C
$A$ = Luas penampang AC	m <sup>2</sup>
$Q_{udara}$ = Debit udara	kJ/s
$\eta_{AC}$ = Efisiensi AC	%
$\Delta T_{es}$ = Perubahan temperatur	°C
$c_{p\ es}$ = Kalor spesifik es	kJ/kg.°C
$\dot{m}_{es}$ = Laju aliran massa es	kg/s
$Q_{es}$ = Daya es	kJ/s
$\eta_{system}$ = Efisiensi system	%
$Vol_{air}$ = Volume air	m <sup>3</sup>
$Q_{ur}$ = Debit udara ruangan	kJ/s
$\eta_{ruangan}$ = Efisiensi ruangan	%
$m_{ur}$ = massa udara ruangan	kg

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Kompresor.....	4
Gambar 2	Kondensor.....	5
Gambar 3	Akumulator.....	5
Gambar 4	Mesin ekspansi atau katup ekspansi.....	6
Gambar 5	Evaporator.....	6
Gambar 6	Blower.....	7
Gambar 7	Instalasi mesin pendingin yang diuji.....	16
Gambar 8	Hubungan antara waktu dengan temperatur ruangan ( $T_r$ ).....	25
Gambar 9	Hubungan antara waktu dengan temperatur ruangan ( $T_r$ ).....	27
Gambar 10	Hubungan antara debit air ( $Q_{air}$ ) dengan efisiensi HE ( $\eta_{HE}$ ).....	29
Gambar 11	Hubungan antara kecepatan udara ( $v_{ud}$ ) dengan efisiensi HE ( $\eta_{HE}$ ).....	30
Gambar 12	Hubungan antara debit air ( $Q_{air}$ ) dengan efisiensi sistem ( $\eta_{sistem}$ )....	31
Gambar 13	Hubungan antara kecepatan udara ( $v_{ud}$ ) dengan efisiensi sistem ( $\eta_{sistem}$ ).....	32
Gambar 14	Hubungan antara waktu dengan efisiensi ( $\eta$ ).....	34
Gambar 15	Hubungan antara waktu dengan efisiensi ( $\eta$ ).....	35
Gambar 16	Hubungan antara waktu dengan efisiensi ( $\eta$ ).....	36
Gambar 17	Hubungan antara waktu dengan efisiensi HE ( $\eta_{HE}$ ).....	37
Gambar 18	Hubungan antara waktu dengan efisiensi ruangan ( $\eta_{ruangan}$ ).....	38
Gambar 19	Hubungan antara waktu dengan efisiensi sistem ( $\eta_{sistem}$ ).....	39
Gambar 20	Hubungan antara waktu dengan efisiensi ( $\eta$ ).....	40

## DAFTAR TABEL

- Tabel A.1. Data hasil pengamatan temperatur ruangan tanpa AC hari pertama
- Tabel A.2. Data hasil pengamatan temperatur ruangan tanpa AC hari kedua
- Tabel A.3. Data hasil pengamatan temperatur ruangan dengan menggunakan AC ber-freon pada temperatur 25 °C
- Tabel A.4. Data hasil pengamatan temperatur ruangan dengan menggunakan AC ber-freon pada temperatur 16 °C
- Tabel A.5. Data hasil pengamatan temperatur ruangan dengan menggunakan AC tanpa freon pada pengaturan debit air maksimum  $1,88 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$
- Tabel A.6. Data hasil pengamatan temperatur ruangan dengan menggunakan AC tanpa freon pada pengaturan debit air sedang  $1,26 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$
- Tabel A.7. Data hasil pengamatan temperatur ruangan dengan menggunakan AC tanpa freon pada pengaturan debit air sedang  $0,65 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$
- Tabel A.8. Data hasil pengamatan temperatur ruangan dengan menggunakan AC tanpa freon pada pengaturan kecepatan udara maksimum 3,8 m/s
- Tabel A.9. Data hasil pengamatan temperatur ruangan dengan menggunakan AC tanpa freon pada pengaturan kecepatan udara maksimum 2,97 m/s
- Tabel A.10. Data hasil pengamatan temperatur ruangan dengan menggunakan AC tanpa freon pada pengaturan kecepatan udara maksimum 2,07 m/s
- Tabel A.11. Data hasil pengamatan temperatur ruangan dengan menggunakan AC tanpa freon pada pengaturan kecepatan udara maksimum dengan penambahan 1 kg es tiap jam
- Tabel B.1. Data hasil perhitungan dengan AC tanpa freon (uji sesaat)

Tabel B.2. Data hasil perhitungan dengan AC tanpa freon (uji sesaat)

Tabel B.3. Data hasil perhitungan dengan AC tanpa freon (uji sesaat)

Tabel B.4. Nilai rata-rata hasil perhitungan temperatur ruangan dengan AC tanpa freon (uji sesaat)

Tabel B.5. Nilai rata-rata hasil perhitungan temperatur ruangan dengan AC tanpa freon (uji sesaat)

Tabel B.6. Nilai rata-rata hasil perhitungan temperatur ruangan dengan AC tanpa freon (uji sesaat)

Tabel B.7. Data hasil perhitungan dengan AC tanpa freon (uji harian)

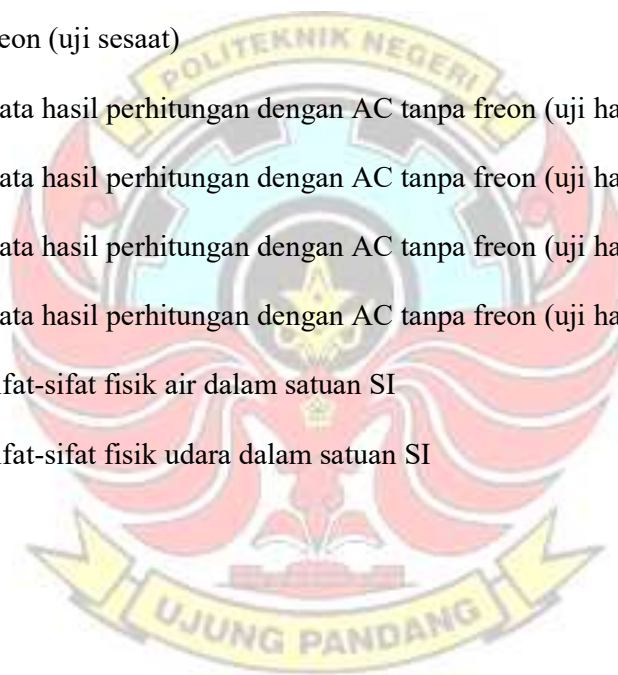
Tabel B.8. Data hasil perhitungan dengan AC tanpa freon (uji harian)

Tabel B.9. Data hasil perhitungan dengan AC tanpa freon (uji harian)

Tabel B.10. Data hasil perhitungan dengan AC tanpa freon (uji harian)

Tabel D.1. Sifat-sifat fisik air dalam satuan SI

Tabel D.2. Sifat-sifat fisik udara dalam satuan SI



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

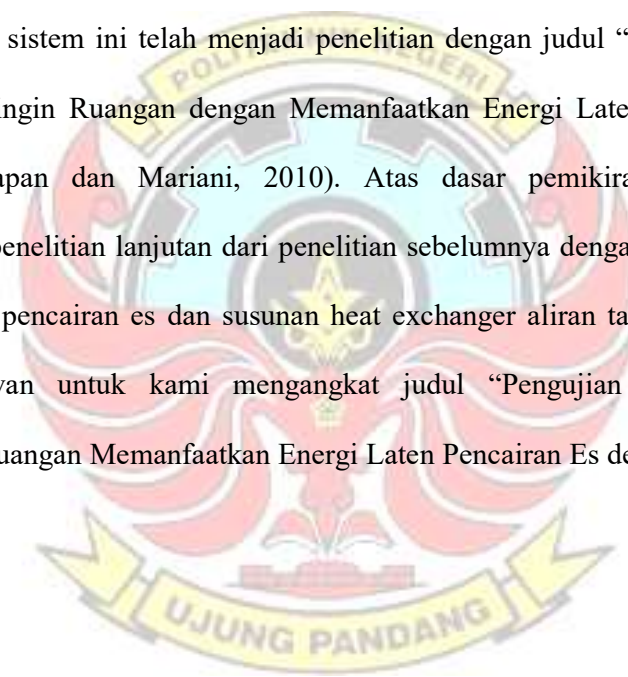
### **A. Latar Belakang**

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 saat ini 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 menjadi salah satu penyebab 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.

Beberapa penelitian telah dilakukan sebelumnya dengan 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 menggunakan kompresor dan tidak ramah terhadap lingkungan karena penggunaan freon tidak dihilangkan. Dengan kondisi tersebut dipandang perlu adanya pengembangan penelitian yang berupaya mengubah sistem kerja dari mesin refrigerasi tersebut. Penelitian mengarah kepada penghematan penggunaan energi yang tidak menggunakan kompresor serta ramah lingkungan karena tidak menggunakan freon. Pada penelitian sebelumnya, sistem ini telah menjadi penelitian dengan judul “Evaluasi Kinerja Mesin Pendingin Ruangan dengan Memanfaatkan Energi Laten Pencairan Es” (Yulinda Sapan dan Mariani, 2010). Atas dasar pemikiran diatas, kami melakukan penelitian lanjutan dari penelitian sebelumnya dengan memanfaatkan energi laten pencairan es dan susunan heat exchanger aliran tak campur. Maka sangat relevan untuk kami mengangkat judul “Pengujian Kinerja Mesin Pendingin Ruangan Memanfaatkan Energi Laten Pencairan Es dengan Aliran Tak Campur”



## **B. Rumusan Masalah**

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

1. Bagaimana menguji mesin pendingin ruangan yang memanfaatkan energi laten pencairan es dengan aliran tak campur.
2. Bagaimana menghitung daya operasional mesin pendingin ruangan yang memanfaatkan energi laten pencairan es dengan aliran tak campur.
3. Bagaimana membandingkan kinerja antara mesin pendingin ruangan yang menggunakan freon tipe R-22 dengan mesin pendingin ruangan yang memanfaatkan energi laten pencairan es dengan aliran tak campur.

## **C. Tujuan**

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

1. Menguji kinerja mesin pendingin ruangan yang memanfaatkan energi laten pencairan es dengan aliran tak campur.
2. Menghitung daya operasional mesin pendingin ruangan yang memanfaatkan energi laten pencairan es dengan aliran tak campur.
3. Membandingkan kinerja antara mesin pendingin ruangan yang menggunakan freon tipe R-22 dengan mesin pendingin ruangan yang memanfaatkan energi laten pencairan es dengan aliran tak campur.



#### **D. Manfaat**

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian adalah :

1. Membantu mengurangi penggunaan freon pada sistem pendingin sehingga mengurangi kerusakan lapisan ozon .
2. Sebagai pengembangan ilmu bagi peneliti.
3. Diperoleh mesin pendingin ruangan alternatif yang hemat energi, ramah lingkungan dan murah.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Pengertian Mesin Pendingin Ruangan**

Mesin pendingin ruangan (Air Conditioner) 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 dibawah temperatur lingkungan, maka ruangan akan menjadi dingin (Dalimute Indra, 2004).

#### **B. Komponen – Komponen Mesin Pendingin Ruangan**

Komponen utama dari sebuah mesin pendingin ruangan (Dalimute Indra, 2004 dan Apollo, 2004) adalah :

##### **1. Kompresor**

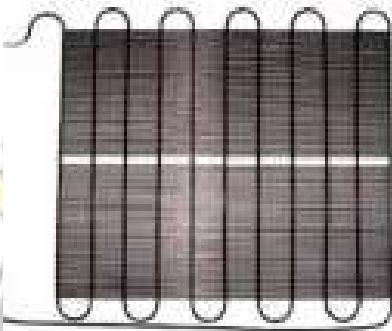
Kompresor adalah alat yang digunakan untuk menghisap uap refrigerant dan mengkompresikannya sehingga tekanan uap refrigerant naik sampai ke tekanan yang diperlukan untuk pengembunan (kondensasi) uap refrigerant di dalam kondensor.



**Gambar 1. Kompresor**

## 2. 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.



Gambar 2. Kondensor

## 3. Akumulator

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



Gambar 3. Akumulator

#### **4. 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.



**Gambar 6. Mesin ekspansi atau katup ekspansi**

#### **5. 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.



**Gambar 5. Evaporator**

## **6. Blower**

Blower merupakan alat penghembus udara yang terdapat pada dua tempat yaitu pada kondensor dan evaporator. Blower juga berfungsi untuk menyerap panas pada kondensor dan untuk mendinginkan udara pada evaporator.



**Gambar 6. Blower**

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

### **C. 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, 2004).

### **D. Prinsip Kerja Heat Exchanger**

Heat exchanger (HE) atau penukar panas adalah suatu alat yang memungkinkan perpindahan panas dan berfungsi sebagai pemanas maupun sebagai pendingin. Heat exchanger adalah perangkat khusus yang membantu dalam transfer panas dari satu fluida ke lainnya. (pengertian penukar panas, [wordpress.com], 2011).

Heat exchanger dirancang sebisa mungkin agar perpindahan panas antar fluida dapat berlangsung secara efisien. Pertukaran panas terjadi karena adanya kontak, baik antara fluida terdapat dinding yang memisahkannya maupun keduanya bercampur langsung begitu saja.

Ada tiga kemungkinan dalam susunan penukar panas yang terjadi yakni :

1. Masing-masing fluida *tak bercampur (unmixed)* saat melalui penukar panas, dan oleh karena itu suhu fluida-fluida yang meninggalkan penampang pemanas tidak seragam, pada satu sisi lebih panas daripada sisi lainnya.
2. Salah satu fluidanya *tak bercampur* sedangkan fluida yang lainnya *bercampur* sempurna waktu mengalir melalui penukar panas. Suhu aliran yang bercampur akan seragam pada setiap penampang dan hanya berbeda-beda dalam arah aliran.
3. Kedua fluida *bercampur (mixed)* waktu mengalir melalui penukar panas jadi suhu kedua fluida akan seragam pada penampang dan hanya berbeda-beda dalam arah aliran. (tipe dasar penukar panas [wordpress.com], 2011)

Penelitian kali ini menggunakan susunan penukar panas aliran tak campur sebagai pemisah antara fluida kerja dan bahan pendingin yang digunakan. Hal ini menyebabkan suhu fluida-fluida yang meninggalkan penampang pemanas tidak seragam, pada satu sisi lebih panas daripada sisi lainnya.

#### **E. 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. Disisi 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, yakni efek rumah kaca (greenhouse) yang disebabkan oleh peningkatan jumlah karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) 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 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 dikonsumsi oleh kompresor (Nasution, 2007). Oleh karena itu penelitian yang akan dilakukan adalah menggantikan kerja kompresor dengan pompa kolam, untuk melakukan penghematan energi.



## **F. 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 (ozon 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 (CFC<sub>s</sub>) dan hydrochlorofluorocarbons (HCFC<sub>s</sub>) 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 memanfaatkan energi laten pencairan es dan menggunakan sistem heat exchanger, yang akan dilakukan pada penelitian ini.

## **G. Penelitian-Penelitian Yang Telah Dilakukan**

### **1. 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 Putaran Poros Kompresor Terhadap Prestasi Kerja Mesin Pendingin AC AC (Effendi, 2005), yaitu dengan bervariasi 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 bervariasi 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

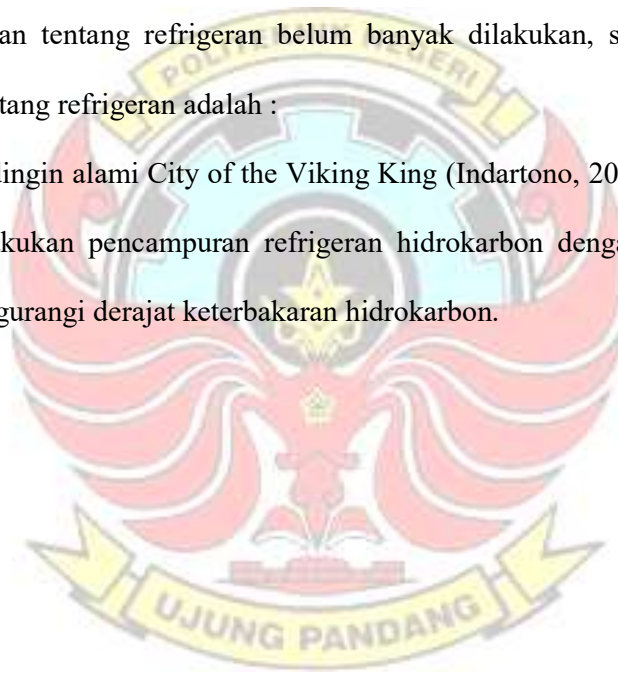
mengatur putaran kompresor dengan menggunakan program logika fuzzy.

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

## **2. Penelitian Refrigeran**

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

- 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 dan 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 dan pengujian kinerja.

#### **A. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian dilakukan pada bulan September – Oktober 2011. Lokasi pengambilan data dilakukan di laboratorium Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

#### **B. Alat dan Bahan**

##### **1. Peralatan utama**

- AC Split ½ PK (Pengujian AC dengan es sebagai fluida kerja)
- AC Window (Pengujian AC dengan freon tipe R-22)
- Heat exchanger
- Isolasi pipa
- Lem pipa
- Besi siku tebal 5 mm untuk rangka
- Mor dan baut  $\varnothing$  14 mm
- Wadah penampungan fluida kerja, plat 3,6 mm
- Pompa 220 volt, 10 watt

- Pipa tembaga  $\varnothing$  10 x tebal 2 mm
- Katup  $\frac{1}{4}$

## **2. Peralatan ukur**

- Termometer digital
- Stopwatch
- Anemometer
- Wattmeter
- Timbangan
- Gelas ukur

## **C. Tahapan Penelitian**

### **1. Perakitan Alat Uji**

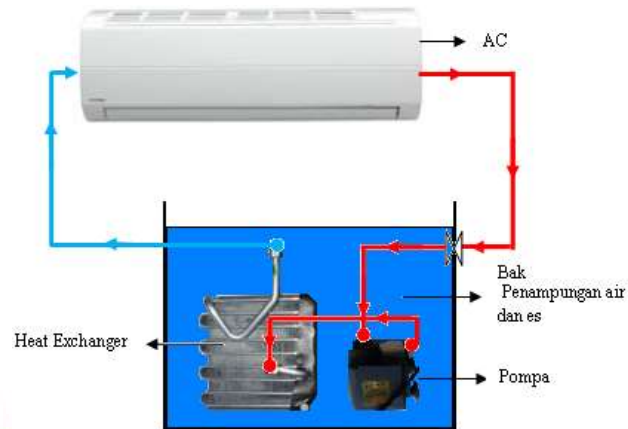
Untuk memudahkan dalam mengevaluasi hasil pengujian, maka mesin pendingin ruangan yang akan digunakan adalah sebuah mesin pendingin ruangan (AC) yang ada dipasaran, kemudian komponen mesin pendingin ruangan yang berupa kompressor dengan fluida kerja freon akan diganti dengan sebuah wadah penampungan untuk heat exchanger dan fluida kerja air (cair dan es) yang akan dialirkan dengan pompa menuju ke sistem transfer energi (evaporator).

### **2. Pengujian Kinerja**

Pengujian kinerja dari mesin pendingin ruangan yang telah dirakit 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 dan membandingkannya dengan mesin pendingin ruangan yang ada dipasaran.

Secara sederhana dapat dilihat pada gambar berikut :



**Gambar 7. Instalasi Mesin Pendingin Yang Diuji**

Pada penelitian kali ini, AC freon tipe R-22 yang digunakan sebagai perbandingan dengan AC yang menggunakan es sebagai fluida kerja berbeda dengan penelitian sebelumnya.

### **3. Prosedur Penelitian**

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 operational.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Tabel Hasil Pengamatan

Tabel data hasil pengamatan dapat dilihat pada lampiran A.

#### B. Analisa Data

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

##### A. Untuk hasil pengamatan dengan AC Uji Sesaat

Percobaan no. 1

Temperatur air masukan ( $T_{in\ air}$ ) = 5,9 °C

Temperatur air keluaran ( $T_{out\ air}$ ) = 23,4 °C

Temperatur udara masukan ( $T_{in\ udara}$ ) = 27,0 °C

Temperatur udara keluaran ( $T_{out\ udara}$ ) = 24,0 °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 x 10<sup>-3</sup> m<sup>3</sup>

Waktu (t) = 53,3 s

Massa es = 15 kg

Adapun parameter-parameter yang akan dihitung, antara lain :

- $\Delta T_{\text{air}} = T_{\text{out air}} - T_{\text{in air}} = 23,4 - 5,9 = 17,5 \text{ } ^\circ\text{C}$

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

$$T_{f \text{ air}} = \frac{T_{\text{in}} + T_{\text{out}}}{2} = \frac{5,9 + 23,4}{2} = 14,65 \text{ } ^\circ\text{C}$$

(b) Massa jenis air & kalor spesifik ( $\rho$  &  $C_p$ ) :

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

$$C_{p \text{ air}} = 4,187 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$$

(c) Debit air ( $Q_{\text{air}}$ ) :

$$Q_{\text{air}} = V/t = \frac{1 \times 10^{-3}}{53,3} = 1,88 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

(d) Laju aliran massa ( $m_{\text{air}}$ ) :

$$\begin{aligned} m_{\text{air}} &= Q \cdot \rho \\ &= 1,88 \times 10^{-5} \cdot 998,77 \\ &= 0,018740 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

(e) Daya Air ( $Q_{\text{air}}$ ) :

$$\begin{aligned} Q_{\text{air}} &= m \cdot C_p \cdot \Delta T \\ &= 0,018740 \text{ kg/s} \cdot 4,187 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C} \cdot 17,5 \text{ } ^\circ\text{C} \\ &= 1,37 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$



- $\Delta T_{\text{udara}} = T_{\text{out udara}} - T_{\text{in udara}} = 27,0 - 24,0 = 3,0 \text{ } ^\circ\text{C}$

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

$$T_{f \text{ udara}} = \frac{T_{\text{in}} + T_{\text{out}}}{2} = \frac{27,0 + 24,0}{2} = 25,5 \text{ } ^\circ\text{C} = 298,5 \text{ K}$$

(b) Massa jenis & kalor spesifik udara ( $\rho$  &  $C_p$ ) :

$$\rho_{\text{udara}} = 1,168 \text{ kg/m}^3$$

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

(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 ( $m_{\text{udara}}$ ) :

$$\begin{aligned} m_{\text{udara}} &= v \cdot A \cdot \rho \\ &= 3,8 \text{ m/s} \cdot 0,0144 \text{ m}^2 \cdot 1,168 \text{ kg/m}^3 \\ &= 0,064 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

(e) Daya udara ( $Q_{\text{udara}}$ ) :

$$\begin{aligned} Q_{\text{udara}} &= m \cdot C_p \cdot \Delta T \\ &= 0,064 \text{ kg/s} \cdot 1,007 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K} \cdot 3,0 \text{ K} = 0,193 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

(f) Efisiensi HE ( $\eta_{\text{HE}}$ )

$$\begin{aligned} \eta_{\text{HE}} &= \frac{Q_{\text{udara}}}{Q_{\text{air}}} \times 100 \% \\ &= \frac{0,193}{1,37} \times 100 \% \\ &= 14,06 \% \end{aligned}$$

- $\Delta T_{es} = T_{in\ air} - 0 = 5,9 - 0 = 5,9\ ^\circ C$

$$C_{p_{es}} = 4,205\ \text{kJ/kg } ^\circ C$$

$$(a)\ \dot{m}_{es} = \frac{\text{massa es}}{t} = \frac{15\ \text{kg}}{3000\ \text{s}} = 0,0050\ \text{kg/s}$$

$$(b)\ Q_{es} = \dot{m}_{es} \cdot L_v + \dot{m}_{es} \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$= 0,0050 \cdot 3,33 \times 10^2 + 0,0050 \cdot 4,205 \cdot 5,9$$

$$= 1,789\ \text{kJ/s}$$

$$(c)\ \eta_{sistem} = \frac{Q_{udara}}{Q_{es} + Q_{HE} + Q_{pompa}} \times 100\ %$$

$$= \frac{0,193}{1,789 + 0,02 + 0,0125} \times 100\ %$$

$$= 10,60\ %$$

## B. Untuk hasil pengamatan dengan AC Uji Harian

Percobaan no. 4

Temperatur air masukan ( $T_{in\ air}$ ) = 5,1  $^\circ C$

Temperatur air keluaran ( $T_{out\ air}$ ) = 17,4  $^\circ C$

Temperatur udara masukan ( $T_{in\ udara}$ ) = 26,5  $^\circ C$

Temperatur udara keluaran ( $T_{out\ udara}$ ) = 21,8  $^\circ C$

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

$$= \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7}{7}$$

$$= \frac{26,4 + 26,4 + 25,1 + 24,8 + 25,2 + 25,2 + 25,0}{7} = 25,4\ ^\circ C$$

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

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

$$\text{Waktu (t)} = 53,3 \text{ s}$$

Adapun parameter-parameter yang akan dihitung, antara lain :

- $\Delta T_{\text{air}} = T_{\text{out air}} - T_{\text{in air}} = 17,4 - 5,1 = 12,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$

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

$$T_{f\text{air}} = \frac{T_{\text{in}} + T_{\text{out}}}{2} = \frac{5,1 + 17,4}{2} = 11,25 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

(b). Massa jenis air & kalor spesifik ( $\rho$  &  $C_p$ ) :

$$\rho_{\text{air}} = 999,11 \text{ kg/m}^3$$

$$C_{p\text{air}} = 4,193 \text{ kJ/kg.}^{\circ}\text{C}$$

(c). Debit air ( $Q_{\text{air}}$ ) :

$$Q_{\text{air}} = V/t = \frac{1 \times 10^{-3}}{53,3} = 1,88 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

(d). Laju aliran massa air ( $m_{\text{air}}$ ) :

$$\begin{aligned} m_{\text{air}} &= Q \cdot \rho \\ &= 1,88 \times 10^{-5} \cdot 999,11 \\ &= 0,0187 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

(e). Daya Air ( $Q_{\text{air}}$ ) :

$$\begin{aligned} Q_{\text{air}} &= m \cdot C_p \cdot \Delta T \\ &= 0,0187 \text{ kg/s} \cdot 4,193 \text{ kJ/kg.}^{\circ}\text{C} \cdot 12,3 \text{ }^{\circ}\text{C} \\ &= 0,97 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

- $\Delta T_{\text{udara}} = T_{\text{in udara}} - T_{\text{out udara}} = 26,5 - 21,8 = 4,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$

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

$$T_{f\text{udara}} = \frac{T_{\text{in}} + T_{\text{out}}}{2} = \frac{26,5 + 21,8}{2} = 24,15^{\circ}\text{C} = 297,15 \text{ K}$$

(b). Massa jenis & kalor spesifik udara ( $\rho$  &  $C_p$ ) :

$$\rho_{\text{udara}} = 1,1747 \text{ kg/m}^3$$

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

(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 ( $\dot{m}_{\text{udara}}$ ) :

$$\begin{aligned} \dot{m}_{\text{udara}} &= v \cdot A \cdot \rho \\ &= 3,8 \text{ m/s} \cdot 0,0144 \text{ m}^2 \cdot 1,1747 \text{ kg/m}^3 \\ &= 0,0643 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

(e). Daya udara ( $Q_{\text{udara}}$ ) :

$$\begin{aligned} Q_{\text{udara}} &= \dot{m} \cdot C_p \cdot \Delta T \\ &= 0,0643 \text{ kg/s} \cdot 1,007 \text{ kJ/kg} \cdot \text{K} \cdot 4,7 \text{ K} \\ &= 0,304 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

(f). Efisiensi HE ( $\eta_{\text{HE}}$ )

$$\begin{aligned} \eta_{\text{HE}} &= \frac{Q_{\text{udara}}}{Q_{\text{air}}} \times 100 \% \\ &= \frac{0,304}{0,97} \times 100 \% \\ &= 31,47 \% \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \bar{T}_{\text{ur}} \text{ sebelum} &= \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7}{7} \\ &= \frac{26,5 + 26,5 + 25,3 + 25,1 + 25,3 + 25,4 + 25,2}{7} = 25,61 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\bar{T}_{\text{ur}} \text{ setelah} = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7}{7}$$

$$= \frac{26,4 + 26,4 + 25,1 + 24,8 + 25,2 + 25,2 + 25,0}{7} = 25,44 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta T = \bar{T}_{\text{ur sebelum}} - \bar{T}_{\text{ur setelah}} = 25,61 - 25,44 = 0,17 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

$$T_{f \text{ ur}} = \frac{\bar{T}_{\text{ur sebelum}} + \bar{T}_{\text{ur setelah}}}{2} = \frac{25,61 + 25,44}{2} = 25,52 \text{ } ^\circ\text{C}$$

(i). Massa jenis & kalor spesifik udara ruangan ( $\rho$  &  $C_p$ ) :

$$\rho_{\text{ur}} = 1,1687 \text{ kg/m}^3$$

$$C_{p \text{ ur}} = 1,007 \text{ kJ/kg.K}$$

(j). Volume ruangan ( $\text{Vol}_{\text{ruangan}}$ ) :

$$\begin{aligned} \text{Vol}_{\text{ruangan}} &= p \times l \times t \\ &= 6,52 \times 2,43 \times 2,66 = 42,144 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

(k). Massa udara ruangan ( $m_{\text{ur}}$ ) :

$$\begin{aligned} m_{\text{ur}} &= \text{Vol} \cdot \rho \\ &= 42,144 \text{ m}^3 \times 1,1687 \text{ kg/m}^3 \\ &= 49,252 \text{ kg} \end{aligned}$$

(l). Daya udara ruangan ( $Q_u$ ) :

$$\begin{aligned} Q_{\text{ur}} &= \frac{m_{\text{ur}}}{\Delta t} \cdot C_p \cdot \Delta T \\ &= \frac{49,252}{1800} \cdot 1,007 \cdot 0,17 \\ &= 0,0047 \text{ kJ/s} \end{aligned}$$

(m). Efisiensi ruangan ( $\eta_{\text{ruangan}}$ ) :

$$\begin{aligned}\eta_{\text{ruangan}} &= \frac{Q_{\text{ur}}}{Q_u} \times 100 \% \\ &= \frac{0,0047}{0,304} \times 100 \% \\ &= 1,55 \%\end{aligned}$$

•  $\Delta T_{\text{es}} = T_{\text{in air}} - 0 = 5,1 - 0 = 5,1^{\circ}\text{C}$

$$C_{p_{\text{es}}} = 4,192 \text{ kJ/kg } ^{\circ}\text{C}$$

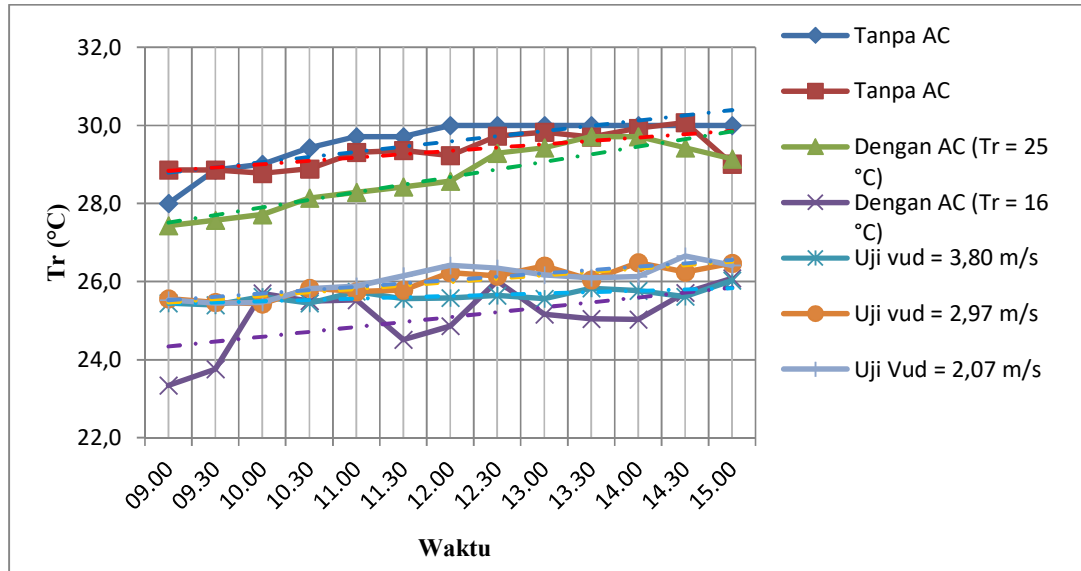
$$(a). \dot{m}_{\text{es}} = \frac{\text{massa es}}{t} = \frac{35,08 \text{ kg}}{21600 \text{ s}} = 1,62 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$$

$$\begin{aligned}(b). Q_{\text{es}} &= \dot{m}_{\text{es}} \cdot L_v + \dot{m}_{\text{es}} \cdot C_p \cdot \Delta T \\ &= 1,62 \times 10^{-3} \cdot 3,33 \times 10^2 + 1,62 \times 10^{-3} \cdot 4,192 \cdot 5,1 \\ &= 0,576 \text{ kJ/s}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}(c). \eta_{\text{sistem}} &= \frac{Q_{\text{udara}}}{Q_{\text{es}} + Q_{\text{AC}} + Q_{\text{pompa}}} \times 100 \% \\ &= \frac{0,304}{0,576 + 0,02 + 0,0125} \times 100\% \\ &= 50,03 \%\end{aligned}$$

### C. Pembahasan

#### GRAFIK HASIL PENGAMATAN TANPA AC DAN AC BER-FREON



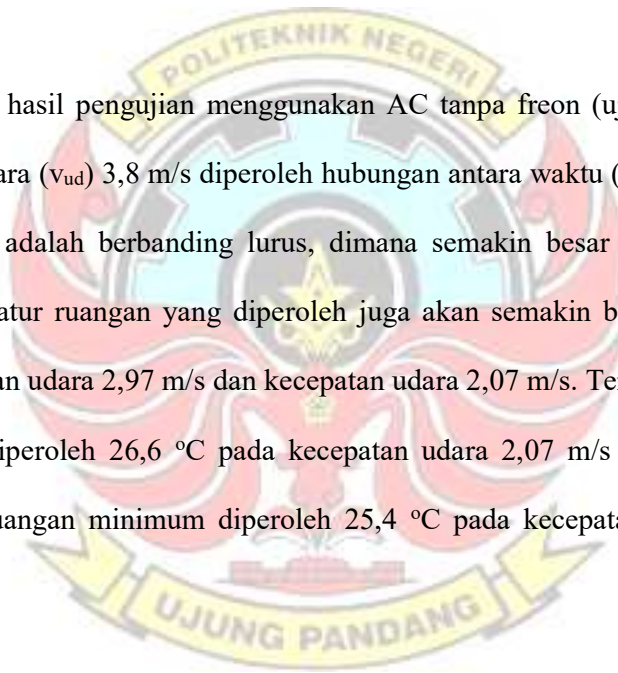
Gambar 8. Hubungan antara waktu dengan temperatur ruangan ( $T_r$ )

Dari hasil pengujian temperatur ruangan tanpa AC diperoleh hubungan antara waktu ( $t$ ) dengan temperatur ruangan ( $T_r$ ) adalah berbanding lurus. Semakin besar waktu pengujian maka temperatur ruangan yang diperoleh juga akan semakin besar walaupun pada kondisi tertentu mengalami penurunan. Temperatur ruangan maksimum diperoleh 31 °C pada pukul 14.30 sedangkan temperatur ruangan minimum diperoleh 28,0 °C pada pukul 09.00.

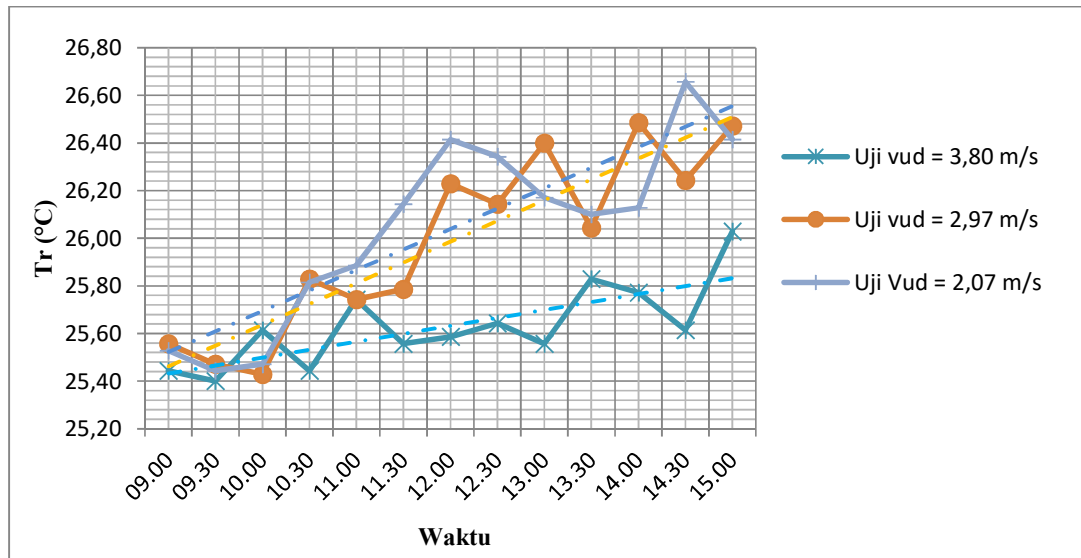
Dari hasil pengujian menggunakan AC ber-freon dengan menggunakan temperatur maksimal 25 °C diperoleh hubungan antara waktu ( $t$ ) dengan temperatur ruangan ( $T_r$ ) berbanding lurus dimana semakin besar waktu pengujian maka temperatur ruangan yang diperoleh juga akan semakin besar. Temperatur ruangan maksimum diperoleh 29,7 °C pada pukul 13.30-14.00 sedangkan

temperatur ruangan minimum diperoleh 27,4 °C pada pukul 09.00. Begitupun dengan pengujian menggunakan AC ber-freon pada temperatur minimum 16 °C diperoleh hubungan antara waktu (t) dengan temperatur ruangan ( $T_r$ ) adalah berbanding lurus, dimana semakin besar waktu pengujian maka temperatur ruangan semakin besar walaupun pada kondisi tertentu cenderung konstan dan menurun sesaat. Temperatur ruangan maksimum diperoleh 26,1 °C pada pukul 15.00 sedangkan temperatur ruangan minimum diperoleh 23,3 °C pada pukul 09.00.

Dari hasil pengujian menggunakan AC tanpa freon (uji harian) dengan kecepatan udara ( $v_{ud}$ ) 3,8 m/s diperoleh hubungan antara waktu (t) dan temperatur ruangan ( $T_r$ ) adalah berbanding lurus, dimana semakin besar waktu pengujian maka temperatur ruangan yang diperoleh juga akan semakin besar. Begitu pula pada kecepatan udara 2,97 m/s dan kecepatan udara 2,07 m/s. Temperatur ruangan maksimum diperoleh 26,6 °C pada kecepatan udara 2,07 m/s pukul 14.30 dan temperatur ruangan minimum diperoleh 25,4 °C pada kecepatan udara 3,8 m/s pukul 09.00.







**Gambar 9. Hubungan antara waktu dengan temperatur ruangan ( $T_r$ )**

Dari hasil pengujian menggunakan AC tanpa freon (uji harian) dengan kecepatan udara ( $v_{ud}$ ) 3,8 m/s diperoleh hubungan antara waktu ( $t$ ) dan temperatur ruangan ( $T_r$ ) adalah berbanding lurus, dimana semakin besar waktu pengujian maka temperatur ruangan yang diperoleh juga akan semakin besar. Temperatur ruangan maksimum diperoleh 26,0 °C pada pukul 14.30 dan temperatur ruangan minimum diperoleh 25,4 °C pada pukul 09.00.

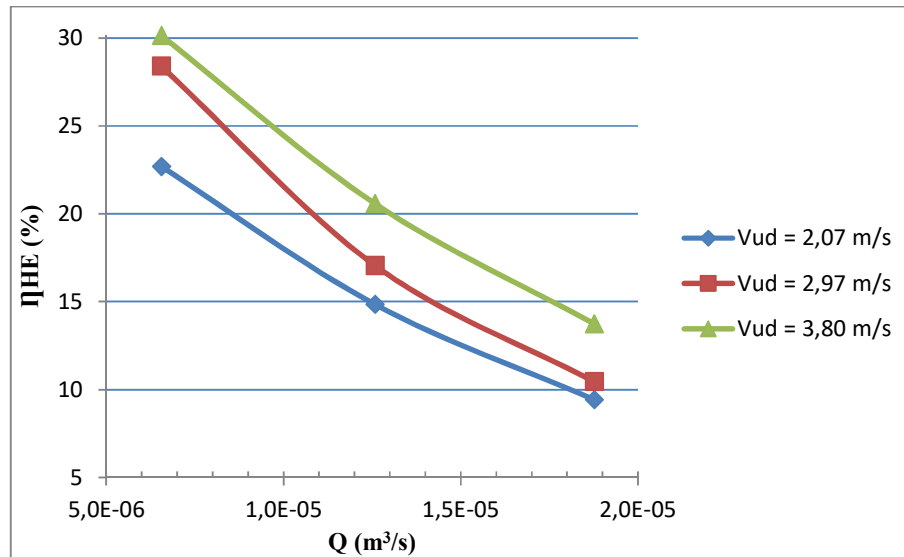
Dari hasil pengujian menggunakan AC tanpa freon (uji harian) dengan kecepatan udara ( $v_{ud}$ ) 2,79 m/s diperoleh hubungan antara waktu ( $t$ ) dan temperatur ruangan ( $T_r$ ) adalah berbanding lurus, dimana semakin besar waktu pengujian maka temperatur ruangan yang diperoleh juga akan semakin besar. Temperatur ruangan maksimum diperoleh 26,4 °C pada pukul 13.00 dan temperatur ruangan minimum diperoleh 25,4 °C pada pukul 09.30.

Dari hasil pengujian menggunakan AC tanpa freon (uji harian) dengan kecepatan udara ( $v_{ud}$ ) 2,07 m/s diperoleh hubungan antara waktu ( $t$ ) dan temperatur ruangan ( $T_r$ ) adalah berbanding lurus, dimana semakin besar waktu pengujian maka temperatur ruangan yang diperoleh juga akan semakin besar. Temperatur ruangan maksimum diperoleh 26,6 °C pada pukul 14.30 dan temperatur ruangan minimum diperoleh 25,4 °C pada pukul 09.30.

Berdasarkan grafik diatas, terlihat bahwa temperatur ruangan akan semakin rendah jika kecepatan udaranya semakin besar.

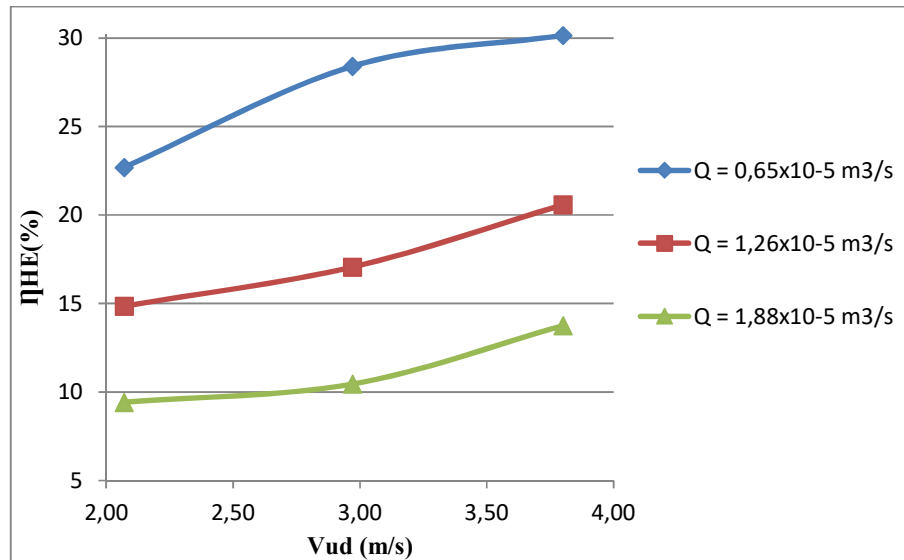


### GRAFIK HASIL PENGAMATAN AC TANPA FREON (UJI SESAAT)



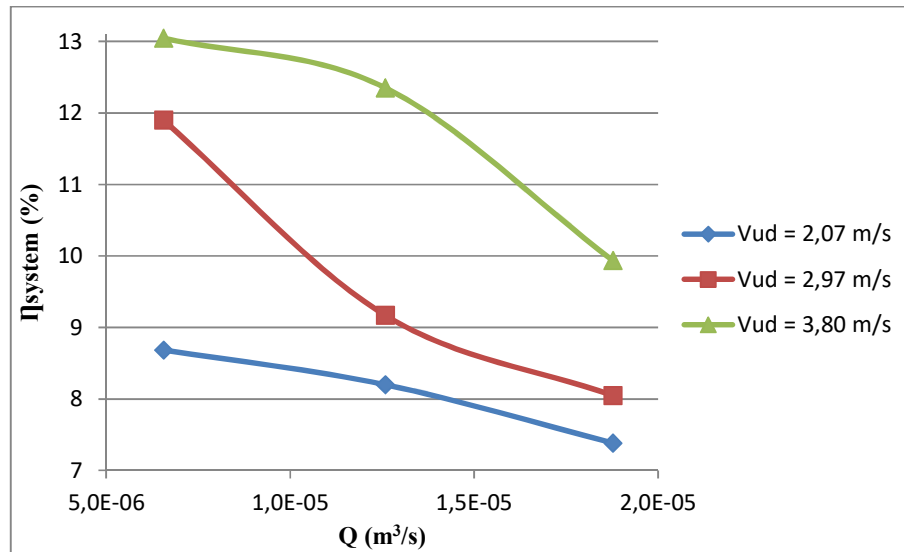
**Gambar 10. Hubungan antara debit air ( $Q_{air}$ ) dengan efisiensi HE ( $\eta_{HE}$ )**

Dari hasil pengujian AC tanpa freon (uji sesaat) untuk kecepatan udara 2,07 m/s diperoleh hubungan antara debit air ( $Q_{air}$ ) dengan efisiensi HE ( $\eta_{HE}$ ) pada AC adalah berbanding terbalik. Semakin besar debit air maka efisiensi HE yang diperoleh akan semakin kecil. Begitupun dengan kecepatan udara 2,97 m/s dan 3,8 m/s. Efisiensi maksimum diperoleh 30,15 % pada debit air  $0,65 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$  dengan kecepatan udara 3,8 m/s sedangkan efisiensi minimum diperoleh 9,43 % pada debit air  $1,88 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$  dengan kecepatan udara 2,07 m/s.



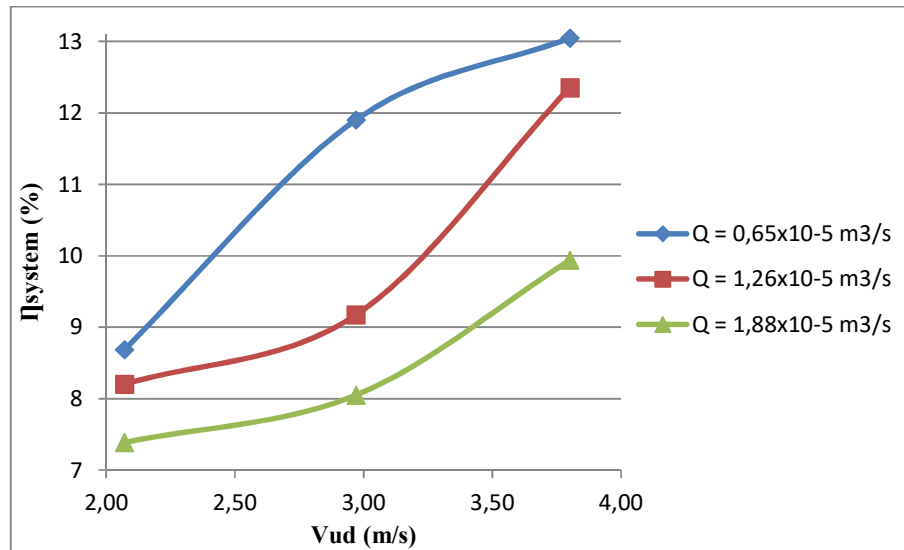
Gambar 11. Hubungan antara kecepatan udara ( $v_{ud}$ ) dengan efisiensi HE ( $\eta_{HE}$ )

Dari hasil pengujian dengan AC tanpa freon (uji sesaat) untuk debit air  $0,65 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$  diperoleh hubungan antara kecepatan udara ( $v_{ud}$ ) dengan efisiensi HE ( $\eta_{HE}$ ) adalah berbanding lurus. Semakin besar kecepatan udara maka efisiensi HE yang diperoleh semakin besar pula. Begitupun dengan debit air  $1,26 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$  dan  $1,88 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ . Efisiensi maksimum diperoleh 30,15 % pada debit air  $0,65 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$  dengan kecepatan udara 3,8 m/s sedangkan efisiensi minimum diperoleh 9,43 % pada debit air  $1,88 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$  dengan kecepatan udara 2,07 m/s.



**Gambar 12. Hubungan antara debit air ( $Q_{air}$ ) dengan efisiensi sistem ( $\eta_{sistem}$ )**

Dari hasil pengujian dengan AC tanpa freon (uji sesaat) untuk kecepatan udara ( $v_{ud}$ ) 2,07 m/s diperoleh hubungan antara debit air ( $Q_{air}$ ) dengan efisiensi sistem ( $\eta_{sistem}$ ) pada AC adalah berbanding terbalik. Semakin besar debit air maka efisiensi sistem yang diperoleh akan semakin kecil. Begitupun dengan kecepatan udara 2,97 m/s dan kecepatan udara 3,8 m/s. Efisiensi maksimum diperoleh 30,15 % pada debit air  $0,65 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$  dengan kecepatan udara 3,8 m/s sedangkan efisiensi minimum diperoleh 9,43 % pada debit air  $1,88 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$  dengan kecepatan udara 2,07 m/s.



Gambar 13. Hubungan antara kecepatan udara ( $v_{ud}$ ) dengan efisiensi sistem ( $\eta_{sistem}$ )

Dari hasil pengujian dengan AC tanpa freon (uji sesaat) untuk debit air  $0,65 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{s}$  diperoleh hubungan antara kecepatan udara ( $v_{ud}$ ) dengan efisiensi sistem ( $\eta_{sistem}$ ) pada AC adalah berbanding lurus. Semakin besar kecepatan udara maka efisiensi sistem yang diperoleh akan semakin besar pula. Begitupun dengan debit air  $1,26 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$  dan  $1,88 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ . Efisiensi maksimum diperoleh 30,15 % pada debit air  $0,65 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$  dengan kecepatan udara 3,8 m/s sedangkan efisiensi minimum diperoleh 9,43 % pada debit air  $1,88 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$  dengan kecepatan udara 2,07 m/s.

Dari beberapa grafik di atas terlihat pengujian AC dengan menggunakan es sebagai fluida kerja mampu menurunkan temperatur ruangan. Dimana hasil yang diperoleh lebih rendah dari pengujian temperatur ruangan tanpa menggunakan AC dan dengan penggunaan AC freon pada temperatur 25 °C. Meskipun masih terlihat bahwa pengujian temperatur ruangan dengan

menggunakan AC ber-freon pada temperatur 16°C masih lebih baik dibandingkan pengujian temperatur ruangan dengan menggunakan es sebagai fluida kerja.

Pada penelitian ini, penggunaan AC dengan es sebagai fluida kerja lebih hemat energi karena menggantikan kerja kompressor dengan penggunaan pompa dan ramah lingkungan karena menggantikan AC freon tipe R-22 dengan es sebagai fluida kerjanya.

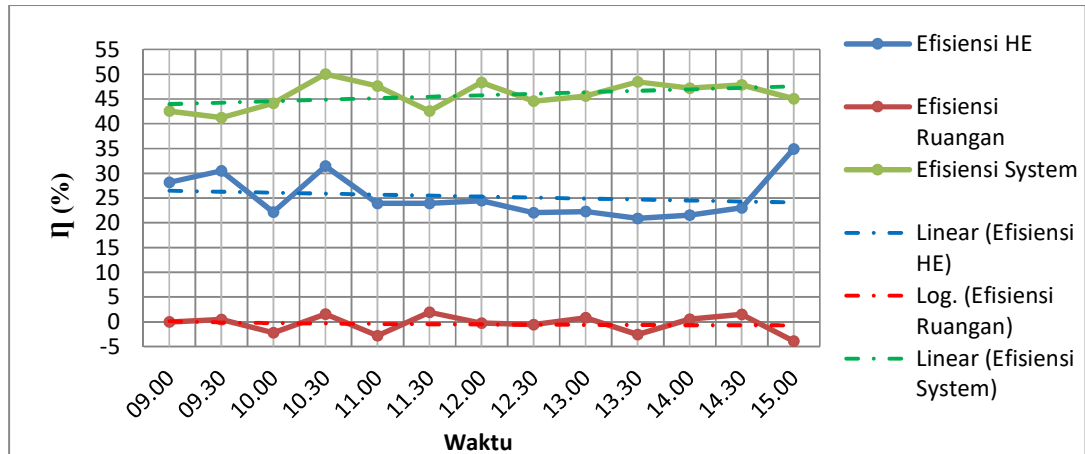
Jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya yang memiliki volume ruangan 37,05 m<sup>3</sup>, kondisi temperatur dalam ruangan adalah 36 °C dan temperatur luar ruangan adalah 37 °C, diperoleh  $\eta_{HE}$  maksimum saat itu adalah 72,66 % pada debit air  $0,48 \times 10^{-5}$  m<sup>3</sup>/s dengan kecepatan udara 3,8 m/s dan efisiensi minimum adalah 22,54 % pada debit air  $1,55 \times 10^{-5}$  m<sup>3</sup>/s dengan kecepatan udara 2,07 m/s sedangkan pada penelitian kali ini  $\eta_{HE}$  maksimum adalah 30,15 % pada debit air  $0,65 \times 10^{-5}$  m<sup>3</sup>/s dengan kecepatan udara 3,8 m/s dan efisiensi minimum diperoleh 9,43 % pada debit air  $1,88 \times 10^{-5}$  m<sup>3</sup>/s dengan kecepatan udara 2,07 m/s.

Konsumsi es yang digunakan pada penelitian sebelumnya untuk debit air maksimum adalah 0,0111 kg/s, debit air sedang adalah 0,00926 kg/s dan debit air minimum adalah 0,00741 kg/s. Sedangkan pada penelitian kali ini konsumsi es yang digunakan untuk debit air maksimum adalah 0,0050 kg/s, debit air sedang adalah 0,0043 kg/s dan air minimum adalah 0,0033 kg/s.

Dari perbedaan diatas, jelas terlihat perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian kali ini. Dimana penelitian sebelumnya memiliki ( $\eta_{HE}$ ) lebih besar dari pada penelitian kali ini. Akan tetapi konsumsi es yang dipakai pada penelitian kali ini lebih sedikit dibandingkan pada penelitian sebelumnya.

## GRAFIK HASIL PENGAMATAN AC TANPA FREON (UJI HARIAN)

Kecepatan udara maksimum



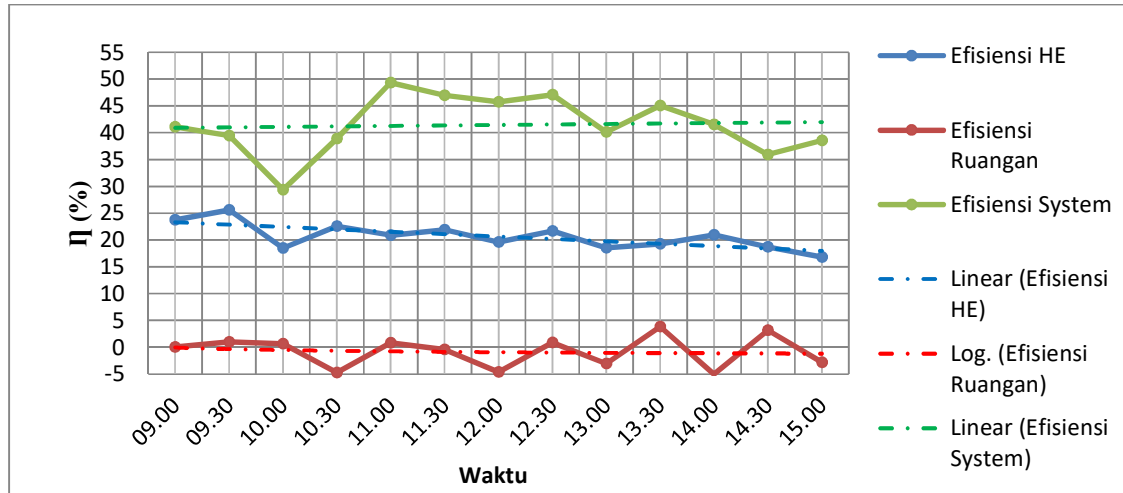
**Gambar 14. Hubungan antara waktu dengan efisiensi ( $\eta$ )**

Dari hasil pengujian AC tanpa freon (uji harian) pada pengaturan kecepatan udara ( $v_{ud}$ ) 3,8 m/s diperoleh hubungan antara waktu ( $t$ ) dengan efisiensi HE ( $\eta_{HE}$ ) adalah cenderung menurun meskipun dalam kondisi tertentu terjadi peningkatan. Efisiensi HE maksimum diperoleh 34,91 % pada pukul 15.00 dan efisiensi HE minimum diperoleh 20,89 % pada pukul 13.30. Hubungan yang sama juga diperoleh pada efisiensi ruangan ( $\eta_{ruangan}$ ). Efisiensi ruangan maksimum diperoleh 1,93 % pada pukul 11.30 dan efisiensi ruangan minimum diperoleh -3,02 % pada pukul 15.00. Terdapat nilai efisiensi ruangan minimum negative. Hal ini menunjukkan besarnya kehilangan kalor pada ruang uji.

Dari hasil pengujian AC tanpa freon (uji harian) pada pengaturan kecepatan udara ( $v_{ud}$ ) 3,8 m/s diperoleh hubungan antara waktu ( $t$ ) dengan efisiensi ststem ( $\eta_{sistem}$ ) adalah cenderung meningkat. Efisiensi sistem maksimum diperoleh 50,03 % pada pukul 10.30 dan efisiensi sistem minimum diperoleh 41,22 % pada pukul 09.30.



Kecepatan udara sedang

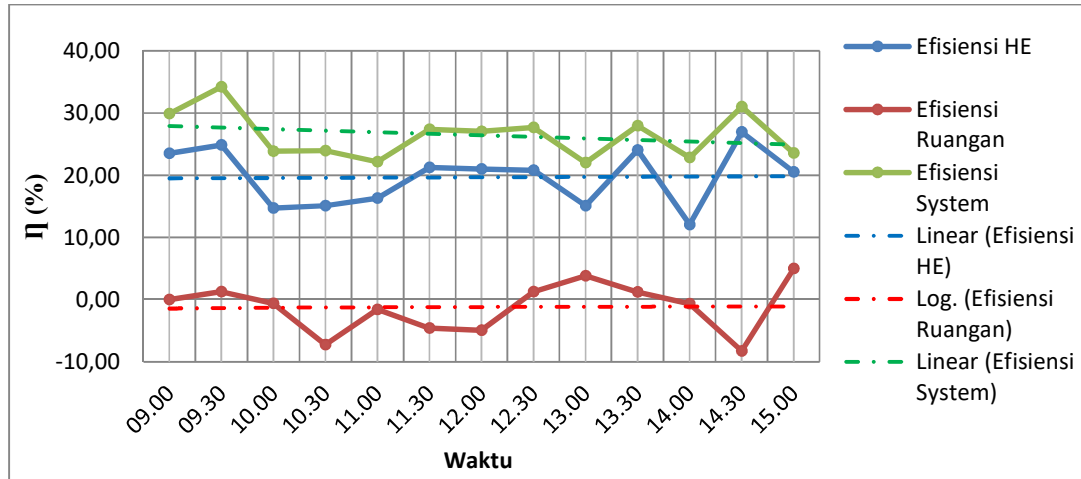


Gsmbar 15. Hubungan antara waktu dengan efisiensi ( $\eta$ )

Dari hasil pengujian AC tanpa freon (uji harian) pada pengaturan kecepatan udara ( $v_{ud}$ ) 3,8 m/s diperoleh hubungan antara waktu ( $t$ ) dengan efisiensi HE ( $\eta_{HE}$ ) adalah cenderung menurun meskipun dalam kondisi tertentu terjadi peningkatan. Efisiensi HE maksimum diperoleh 25,61 % pada pukul 09.30 dan efisiensi HE minimum diperoleh 18,49 % pada pukul 10.00. Hubungan yang sama juga diperoleh pada efisiensi ruangan ( $\eta_{ruangan}$ ). Efisiensi ruangan maksimum diperoleh 3,82 % pada pukul 14.00 dan efisiensi ruangan minimum diperoleh -5,02 % pada pukul 14.30. Terdapat nilai efisiensi ruangan minimum negative. Hal ini menunjukkan besarnya kehilangan kalor pada ruang uji.

Dari hasil pengujian AC tanpa freon (uji harian) pada pengaturan kecepatan udara ( $v_{ud}$ ) 3,8 m/s diperoleh hubungan antara waktu ( $t$ ) dengan efisiensi ststem ( $\eta_{sistem}$ ) adalah cenderung meningkat. Efisiensi sistem maksimum diperoleh 49,33 % pada pukul 11.30 dan efisiensi sistem minimum diperoleh 29,34 % pada pukul 10.30.

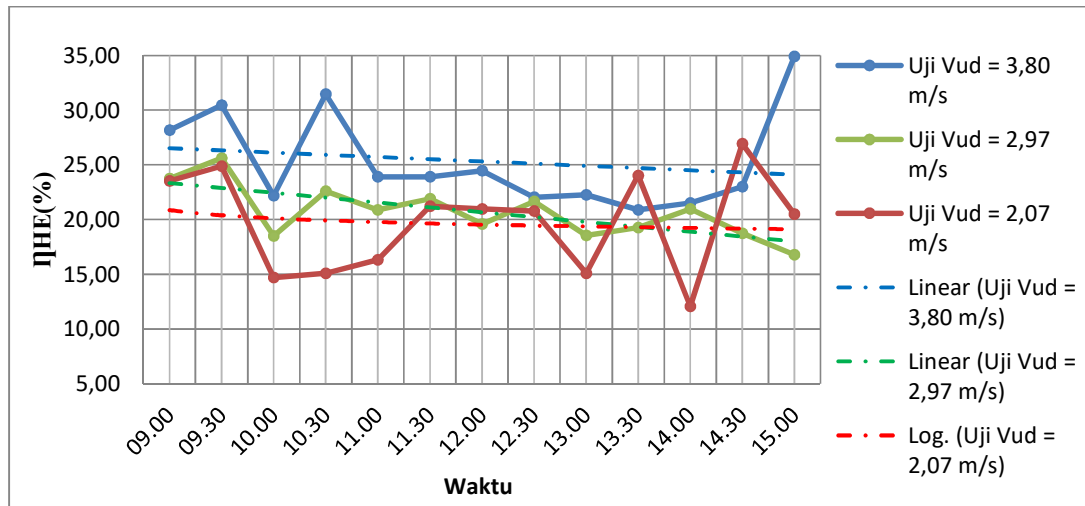
### Kecepatan udara minimum



**Gambar 16. Hubungan antara waktu dengan efisiensi ( $\eta$ )**

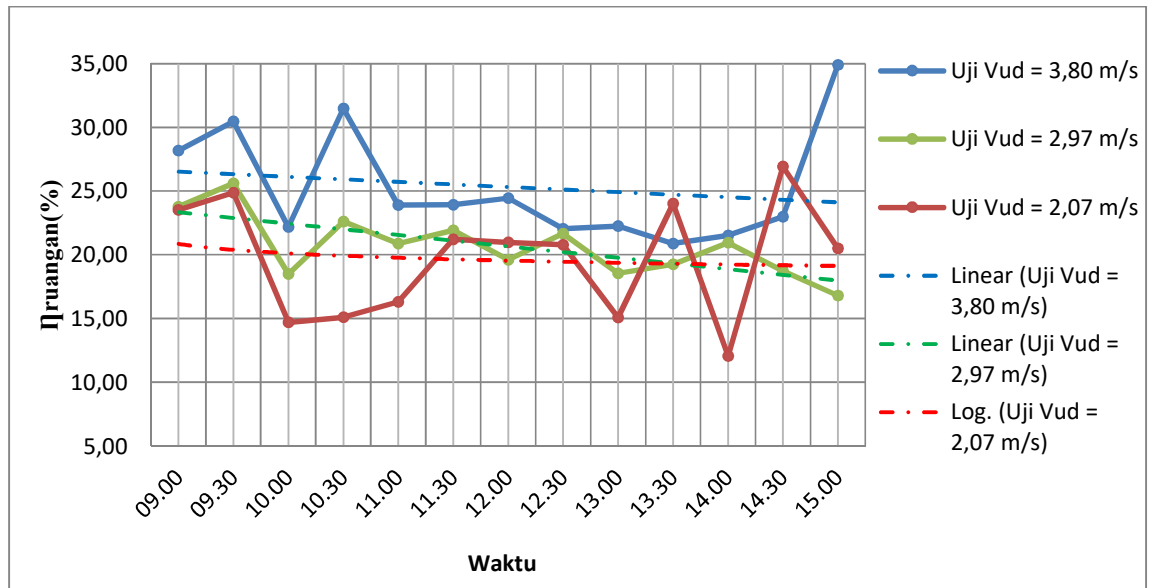
Dari hasil pengujian AC tanpa freon (uji harian) pada pengaturan kecepatan udara minimum 2,07 m/s diperoleh hubungan antara waktu (t) dengan efisiensi HE ( $\eta_{HE}$ ) adalah cenderung meningkat meskipun pada kondisi tertentu terjadi penurunan. Efisiensi HE maksimum diperoleh 26,93 % pada pukul 14.30 dan efisiensi HE minimum diperoleh 12,05 % pada pukul 14.00. Hubungan yang sama diperoleh pada efisiensi ruangan ( $\eta_{ruangan}$ ). Efisiensi ruangan maksimum diperoleh 5,00 % pada pukul 15.00 dan efisiensi ruangan minimum diperoleh -8,27 pada pukul 14.30. Terdapat nilai efisiensi ruangan minimum negative. Hal ini menunjukkan besarnya kehilangan kalor pada ruang uji.

Dari hasil pengujian AC tanpa freon (uji harian) pada pengaturan kecepatan udara minimum 2,07 m/s diperoleh hubungan antara waktu (t) dan efisiensi sistem ( $\eta_{sistem}$ ) adalah cenderung menurun. Efisiensi sistem maksimum diperoleh 34,16 % pada pukul 09.30 dan efisiensi minimum diperoleh 22,01 pada pukul 13.00.



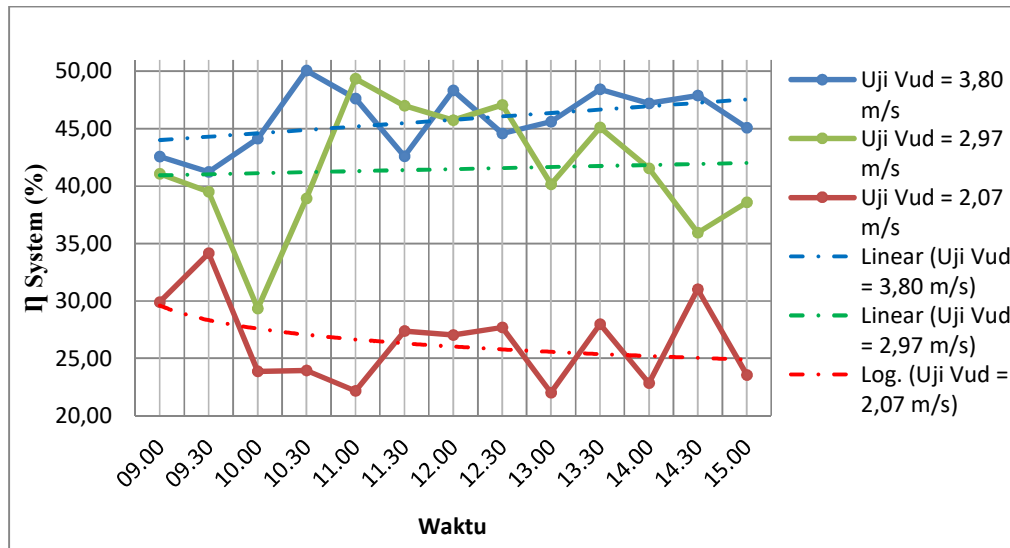
**Gambar 17. Hubungan antara waktu dengan efisiensi HE ( $\eta_{HE}$ )**

Dari hasil pengujian AC tanpa freon (uji harian) pada kecepatan udara ( $v_{ud}$ ) 3,8 m/s diperoleh hubungan waktu ( $t$ ) dan efisiensi ( $\eta_{HE}$ ) adalah cenderung menurun. Begitu pula pada kecepatan udara 2,97 m/s dan kecepatan udara 2,07 m/s. rata-rata efisiensi HE pada kecepatan udara 3,8 m/s adalah 25,32 %, kecepatan udara 2,97 m/s adalah 20,68 %, kecepatan udara 2,07 m/s adalah 19,70 %. Jelas terlihat bahwa efisiensi terbesar diperoleh dari kecepatan udara 3,8 m/s.



**Gambar 18. Hubungan antara waktu dengan efisiensi ruangan ( $\eta_{\text{ruangan}}$ )**

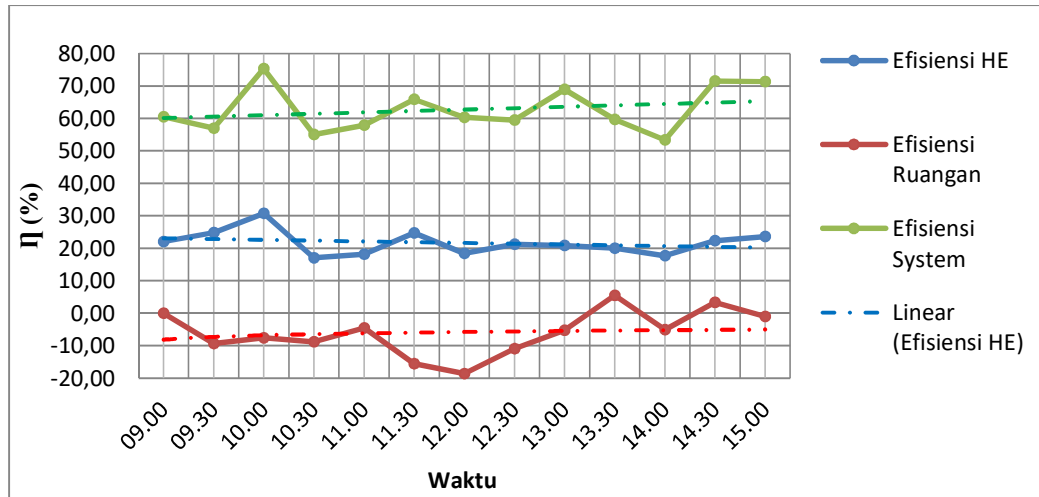
Dari hasil pengujian AC tanpa freon (uji harian) pada kecepatan udara ( $v_{\text{ud}}$ ) 3,8 m/s diperoleh hubungan waktu ( $t$ ) dan efisiensi ruangan ( $\eta_{\text{ruangan}}$ ) adalah cenderung menurun. Begitu pula pada kecepatan udara 2,97 m/s dan kecepatan udara 2,07 m/s. Efisiensi ruangan rata-rata pada kecepatan udara 3,8 m/s adalah -0,43 %, kecepatan udara 2,97 m/s adalah -0,80 %, kecepatan udara 2,07 m/s adalah -1,17 %. Jelas terlihat bahwa efisiensi terbesar diperoleh dari kecepatan udara 3,8 m/s. Terdapat nilai efisiensi ruangan negative. Hal ini menunjukkan besarnya kehilangan kalor pada ruang uji.



**Gambar 13. Hubungan antara waktu dengan efisiensi sistem ( $\eta_{\text{sistem}}$ )**

Dari hasil pengujian AC tanpa freon (uji harian) pada pengaturan kecepatan udara 3,8 m/s diperoleh hubungan antara waktu ( $t$ ) dan efisiensi sistem ( $\eta_{\text{sistem}}$ ) adalah cenderung meningkat. Efisiensi sistem maksimum diperoleh 50,03 % pada pukul 10.30 dan efisiensi sistem minimum diperoleh 41,22 % pada pukul 09.30. Hubungan yang sama diperoleh pada kecepatan udara 2,97 m/s. Akan tetapi terjadi perbedaan pada kecepatan udara 2,07 m/s diperoleh hubungan antara waktu ( $t$ ) dan efisiensi sistem ( $\eta_{\text{sistem}}$ ) adalah cenderung menurun. Efisiensi sistem 34,16 % pada pukul 09.30 dan efisiensi minimum diperoleh 22,15 % pada pukul 11.00.

**GRAFIK HASIL PENGAMATAN AC TANPA FREON DENGAN PENAMBAHAN 1 KG ES TIAP JAM**



**Gambar 20. Hubungan antara waktu dengan efisiensi ( $\eta$ )**

Dari hasil pengujian AC tanpa freon (uji harian) pada penambahan 1 kg es tiap jam diperoleh hubungan antara waktu ( $t$ ) dan efisiensi ruangan ( $\eta_{\text{ruangan}}$ ) adalah cenderung meningkat meskipun pada kondisi tertentu terjadi penurunan. Efisiensi ruangan maksimum diperoleh 5,48 % pada pukul 13.30 dan efisiensi ruangan minimum diperoleh -18,61 % pada pukul 12.00. Hubungan yang sama juga terjadi pada efisiensi sistem dimana efisiensi sistem maksimum diperoleh 75,30 % pada pukul 10.00 dan efisiensi minimum diperoleh 53,37 % pada pukul 14.00.

Dari hasil pengujian AC tanpa freon (uji harian) pada penambahan 1 kg es tiap jam diperoleh hubungan antara waktu ( $t$ ) dan efisiensi HE ( $\eta_{\text{HE}}$ ) adalah cenderung menurun meskipun pada kondisi tertentu terjadi peningkatan. Efisiensi maksimum diperoleh 30,76 % pada pukul 10.00 dan efisiensi minimum diperoleh 17,06 pada pukul 10.30.

## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

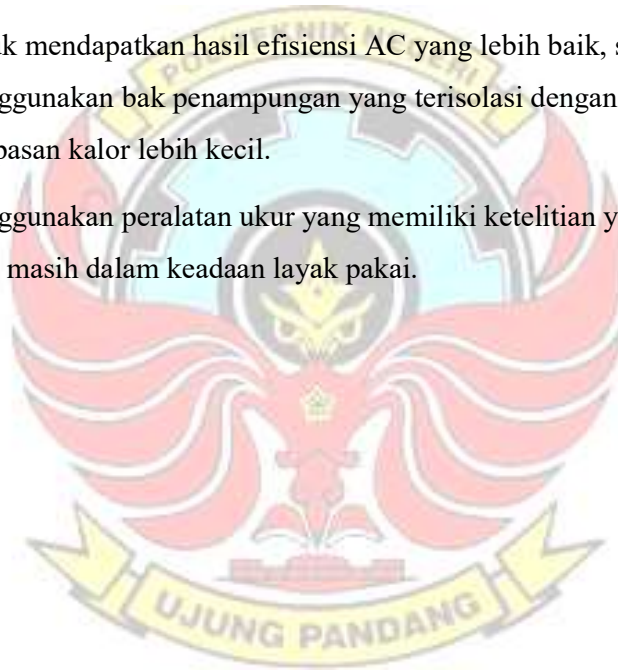
- a. Efisiensi HE ( $\eta_{HE}$ ) pada pengujian harian cenderung menurun.
  - Efisiensi HE rata-rata untuk kecepatan udara 3,8 m/s adalah 25,32 %
  - Efisiensi HE rata-rata untuk kecepatan udara 2,97 m/s adalah 20,68 %
  - Efisiensi HE rata-rata untuk kecepatan udara 2,07 m/s adalah 19,70 %
- b. Efisiensi sistem ( $\eta_{sys}$ ) pada pengujian harian cenderung meningkat.
  - Efisiensi sistem rata-rata untuk kecepatan udara 3,8 m/s adalah 45,78 %
  - Efisiensi sistem rata-rata untuk kecepatan udara 2,97 m/s adalah 41,48 %
  - Efisiensi sistem rata-rata untuk kecepatan udara 2,07 m/s adalah 26,42 %
- c. Efisiensi ruangan ( $\eta_r$ ) pada pengujian harian cenderung menurun, meskipun pada kondisi tertentu terjadi peningkatan.
  - Efisiensi ruangan rata-rata untuk kecepatan udara 3,8 m/s adalah -0,43 %
  - Efisiensi ruangan rata-rata untuk kecepatan udara 2,97 m/s adalah -0,80 %
  - Efisiensi ruangan rata-rata untuk kecepatan udara 2,07 m/s adalah -1,17 %
- d. Untuk debit air pompa konstan diperoleh hubungan efisiensi sistem akan semakin besar jika kecepatan udaranya semakin besar pula.

- e. Untuk kecepatan udara fan pada evaporator konstan diperoleh hubungan efisiensi sistem akan semakin kecil jika debit airnya semakin besar.
- f. Penggunaan AC dengan es sebagai fluida kerja dapat menurunkan temperatur ruangan hingga 25,4 °C, sedangkan pada penggunaan AC freon tipe R-22 pada temperatur 16 °C dapat menurunkan temperatur ruangan hingga 23,3 °C dan pada temperatur 25 °C dapat menurunkan temperatur ruangan hingga 27,4 °C.

## **B. 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

- 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.
- Apollo. dan Marwan Effendi. 2004. *Prinsip Kerja Mesin Pendingin Ruangan*. Jurnal Penelitian. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Arunals. 2010. *Apa Yang Dimaksud Penukar Panas*, Internet. [http: // www.wordpress.com](http://www.wordpress.com), diakses 03 Juli 2011.
- Effendy,M. 2005. *Pengaruh Kecepatan Putar Poros Kompresor Terhadap Prestasi Kerja Mesin Pendingin AC*, Jurnal. Surakarta: Jurnal Media Mesin Vol.6 No.2 2005.
- Holman, J.P. dan Djasifi, E. 1993. *Perpindahan Kalor*, Jakarta: Erlangga.
- Incropera, P.F. dan DeWitt, P.D. 1990. *Introduction To Heat Transfer*, Singapura: John Wiley dan Sons.
- Indartono, Y. S. 2006. *Pendingin Alami City of The Viking King (III)*, Internet. [http: // www.indeni.org](http://www.indeni.org), 23 Maret 2008.
- Indartono, Y. S. 2006. *Perkembangan Terkini Teknologi Refrigerasi (I)*, Internet. [http: // www.beritaiptek.com](http://www.beritaiptek.com), 23 Maret 2008.
- Indra, Dalimute. dan Apollo. 2004. *Komponen-Komponen Utama dari Mesin Pendingin Ruangan*, Internet. [http: //beritaiptek.com](http://beritaiptek.com), diakses 03 Juli 2011.
- Indra, S. 2004. *Pengantar Teknik Refrigerasi*, Internet. [http: // www.usudigitallibrary.co.id](http://www.usudigitallibrary.co.id), 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.
- Sapan, Yulinda. dan Mariani. 2010. *Evaluasi Kinerja Mesin Pendingin Ruangan dengan Memanfaatkan Energi Laten Pencairan Es*. Tugas Akhir. Makassar: Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- 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.
- Yefrichan. 2010. *Tipe-Tipe Dasar Penukar Panas*, Internet. [http: // www.wordpress.com](http://www.wordpress.com), diakses 03 Juli 2011.
- Yusuf, M.S. 2008. *Lapisan Ozon Menipis Kehidupan Diambang Bahaya*, Internet. [http: // www.bekasinews.com](http://www.bekasinews.com), 23 Maret 2008.



# LAMPIRAN A

**(Data-Data Hasil Pengamatan)**



Tabel A.1. Data hasil pengamatan temperatur ruangan tanpa AC hari pertama

No	Waktu	Temperatur Dalam Ruangan (°C)								Temperatur Luar Ruangan (°C)	Ket.
		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>rata2</sub>		
1	9:00	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	31.0	Cerah
2	9:30	29.0	28.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	28.9	32.0	Cerah
3	10:00	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	33.0	Cerah
4	10:30	29.0	29.0	29.0	29.0	30.0	30.0	30.0	29.4	33.0	Cerah
5	11:00	29.0	29.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	29.7	34.0	Cerah
6	11:30	29.0	29.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	29.7	35.0	Cerah
7	12:00	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	35.0	Cerah
8	12:30	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	35.0	Cerah
9	13:00	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	35.0	Cerah
10	13:30	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	34.0	Cerah
11	14:00	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	34.0	Cerah
12	14:30	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	34.0	Cerah
13	15:00	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	34.0	Cerah

Ket : Proses pengambilan data dilakukan pada tanggal 20-09-2011

Tabel A.2. Data hasil pengamatan temperatur ruangan tanpa AC hari kedua

No	Waktu	Temperatur Dalam Ruangan (°C)								Temperat ur Luar Ruangan (°C)	Ket.
		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>rata2</sub>		
1	9:00	28.7	28.8	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9	33.2	Cerah
2	9:30	28.7	28.8	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9	33.5	Cerah
3	10:00	28.8	28.8	28.8	28.6	28.9	28.9	28.6	28.8	33.8	Cerah
4	10:30	28.9	28.9	28.9	28.8	28.9	29.0	28.8	28.9	34.2	Cerah
5	11:00	29.4	29.3	29.3	29.3	29.3	29.3	29.3	29.3	37.0	Cerah
6	11:30	29.3	29.4	29.4	29.3	29.4	29.4	29.3	29.4	37.8	Cerah
7	12:00	29.4	29.3	29.2	29.1	29.2	29.2	29.2	29.2	39.7	Cerah
8	12:30	29.7	29.7	29.7	29.7	29.8	29.8	29.7	29.7	40.0	Cerah
9	13:00	29.9	29.9	29.8	29.8	29.8	29.8	29.8	29.8	39.3	Cerah
10	13:30	29.7	29.7	29.7	29.7	29.7	29.7	29.7	29.7	39.4	Cerah
11	14:00	29.9	29.9	29.9	29.9	30.0	30.0	29.9	29.9	38.2	Cerah
12	14:30	29.9	29.9	30.2	30.0	30.2	30.2	30.1	30.1	38.5	Cerah
13	15:00	29.2	29.2	29.0	29.0	28.9	28.8	29.0	29.0	36.5	Cerah

Ket : Proses pengambilan data dilakukan pada tanggal 01-10-2011

Tabel A.3. Data hasil pengamatan temperatur ruangan dengan menggunakan AC ber-freon pada temperatur 25 °C

No	Waktu	Temperatur Dalam Ruangan (°C)								Temperatur Luar Ruangan (°C)	Ket.
		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>rata 2</sub>		
1	9:00	28.0	27.0	28.0	28.0	27.0	27.0	27.0	27.4	31.0	Cerah
2	9:30	28.0	27.0	28.0	27.0	28.0	27.0	28.0	27.6	33.0	Cerah
3	10:00	28.0	28.0	27.0	28.0	27.0	28.0	28.0	27.7	33.0	Cerah
4	10:30	28.0	28.0	29.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.1	32.0	Mendung
5	11:00	28.0	28.0	28.0	29.0	29.0	28.0	28.0	28.3	32.0	Mendung
6	11:30	28.0	29.0	28.0	28.0	29.0	29.0	28.0	28.4	32.0	Mendung
7	12:00	28.0	29.0	29.0	28.0	28.0	29.0	29.0	28.6	34.0	Cerah
8	12:30	29.0	29.0	29.0	30.0	29.0	30.0	29.0	29.3	35.0	Cerah
9	13:00	29.0	29.0	30.0	29.0	30.0	29.0	30.0	29.4	35.0	Cerah
10	13:30	30.0	29.0	30.0	30.0	29.0	30.0	30.0	29.7	33.0	Mendung
11	14:00	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	29.0	29.0	29.7	34.0	Cerah
12	14:30	30.0	29.0	29.0	29.0	30.0	29.0	30.0	29.4	33.0	Mendung
13	15:00	29.0	29.0	30.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.1	33.0	Cerah

Ket : Proses pengambilan data dilakukan pada tanggal 22-09-2011



Tabel A.4. Data hasil pengamatan temperatur ruangan dengan menggunakan AC ber-freon pada temperatur 16 °C

No	Waktu	Temperatur Dalam Ruangan (°C)								Temperatur Luar Ruangan (°C)	Ket.
		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>rata2</sub>		
1	9:00	23.2	23.2	23.4	23.4	23.4	23.5	23.3	23.3	31.5	Cerah
2	9:30	23.6	23.7	23.8	23.7	23.9	23.9	23.7	23.8	31.9	Cerah
3	10:00	25.6	25.6	25.8	25.6	25.8	25.8	25.7	25.7	32.7	Cerah
4	10:30	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	33.3	Cerah
5	11:00	25.4	25.4	25.6	25.4	25.7	25.7	25.5	25.5	33.4	Cerah
6	11:30	24.2	24.2	24.7	24.3	24.8	24.8	24.6	24.5	33.7	Cerah
7	12:00	24.8	24.8	24.9	24.7	25.0	25.0	24.8	24.9	34.1	Cerah
8	12:30	25.8	25.8	26.1	25.9	26.2	26.3	26.0	26.0	34.6	Cerah
9	13:00	24.8	24.8	25.3	25.1	25.4	25.5	25.2	25.2	34.1	Cerah
10	13:30	24.7	24.8	25.1	25.1	25.2	25.3	25.1	25.0	33.9	Cerah
11	14:00	24.4	24.5	25.3	25.1	25.3	25.4	25.2	25.0	34.4	Cerah
12	14:30	24.8	24.8	28.5	25.3	25.6	25.6	25.4	25.7	33.9	Cerah
13	15:00	25.8	25.8	26.2	26.0	26.3	26.4	26.1	26.1	33.7	Cerah



Tabel A.5. Data hasil pengamatan temperatur ruangan dengan menggunakan AC tanpa freon pada pengaturan debit air maksimum  $1,88 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$

No	Temp. Air (°C)		Temp. Udara (°C)		Temperatur Ruangan (°C)							Kecepatan Udara (m/s)			Debit		Daya (Watt)	
	T <sub>in</sub>	T <sub>out</sub>	T <sub>in</sub>	T <sub>out</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	Vol (ltr)	t (detik)	AC	Pompa
1	5.9	23.4	27.0	24.0	27.7	27.7	27.2	27.0	27.3	27.3	27.1	3.8	4.1	3.5	1	53.3	20.0	12.5
2	6.8	23.8	27.1	24.3	27.8	27.8	27.0	26.5	27.2	27.3	26.7	3.8	4.1	3.5	1	53.3	20.0	12.5
3	7.0	23.2	26.9	24.2	28.0	28.0	26.8	26.6	26.9	26.9	26.7	3.8	4.1	3.5	1	53.3	20.0	12.5
4	5.5	23.0	27.5	24.6	28.1	28.1	26.7	26.5	26.8	26.8	26.6	2.9	3.2	2.8	1	53.3	15.0	12.5
5	5.4	23.0	27.4	24.6	28.0	28.0	26.9	26.7	27.0	27.1	26.8	2.9	3.2	2.8	1	53.3	15.0	12.5
6	5.5	23.6	27.3	24.3	28.3	28.3	27.0	26.8	27.1	27.2	26.9	2.9	3.2	2.8	1	53.3	15.0	12.5
7	4.9	23.9	28.4	24.6	28.5	28.5	27.1	26.9	27.2	27.3	27.0	2.1	2.2	1.9	1	53.3	12.5	12.5
8	5.8	23.7	28.4	24.5	28.5	28.5	27.0	26.9	27.1	27.2	27.0	2.1	2.2	1.9	1	53.3	12.5	12.5
9	6.4	23.8	28.5	24.7	28.6	28.5	27.1	27.0	27.2	27.2	27.0	2.1	2.2	1.9	1	53.3	12.5	12.5

Ket : Proses pengambilan data dilakukan pada tanggal 02-10-2011

Tabel A.6. Data hasil pengamatan temperatur ruangan dengan menggunakan AC tanpa freon pada pengaturan debit air sedang  $1,26 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$

No	Temp. Air (°C)		Temp. Udara (°C)		Temperatur Ruangan (°C)							Kecepatan Udara (m/s)			Debit		Daya (Watt)	
	T <sub>in</sub>	T <sub>out</sub>	T <sub>in</sub>	T <sub>out</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	Vol (ltr)	t (detik)	AC	Pompa
1	5.1	21.7	28.5	25.7	26.9	26.9	27.5	27.3	27.5	27.5	27.4	3.8	4.1	3.5	1	79.5	20.0	12.5
2	5.0	23.9	27.7	24.7	26.7	26.7	26.8	26.7	26.8	26.8	26.8	3.8	4.1	3.5	1	79.5	20.0	12.5
3	6.1	24.5	28.0	24.7	26.8	26.8	26.8	26.8	26.9	26.9	26.8	3.8	4.1	3.5	1	79.5	20.0	12.5
4	6.4	23.8	27.4	24.6	28.6	28.6	27.7	27.6	27.7	27.7	27.6	2.9	3.2	2.8	1	79.5	15.0	12.5
5	7.2	23.8	27.2	24.2	27.7	27.7	25.6	25.3	25.7	25.7	25.4	2.9	3.2	2.8	1	79.5	15.0	12.5
6	8.5	23.9	27.5	24.5	27.4	27.5	26.4	26.1	26.5	26.5	26.3	2.9	3.2	2.8	1	79.5	15.0	12.5
7	6.5	23.6	27.6	23.9	27.7	27.7	26.7	26.6	26.7	26.7	26.6	2.1	2.2	1.9	1	79.5	12.5	12.5
8	7.1	23.1	27.9	24.3	28.0	28.0	26.9	26.7	27.0	27.1	26.8	2.1	2.2	1.9	1	79.5	12.5	12.5
9	6.6	23.6	28.3	24.4	28.2	28.2	27.4	27.0	27.5	27.5	27.2	2.1	2.2	1.9	1	79.5	12.5	12.5

Ket : Proses pengambilan data dilakukan pada tanggal 01-10-2011



Tabel A.7. Data hasil pengamatan temperatur ruangan dengan menggunakan AC tanpa freon pada pengaturan debit air minimum  $0,65 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$

No	Temp. Air (°C)		Temp. Udara (°C)		Temperatur Ruangan (°C)							Kecepatan Udara (m/s)			Debit		Daya (Watt)	
	T <sub>in</sub>	T <sub>out</sub>	T <sub>in</sub>	T <sub>out</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	Vol (ltr)	t (detik)	AC	Pompa
1	6.6	25.2	28.6	26.1	28.2	28.2	28.2	28.2	28.4	28.5	28.3	3.8	4.1	3.5	1	152.7	20.0	12.5
2	5.1	25.3	28.8	26.2	28.8	28.8	28.5	28.4	28.5	28.6	28.5	3.8	4.1	3.5	1	152.7	20.0	12.5
3	5.8	25.1	28.7	26.3	28.8	28.9	28.4	28.4	28.5	28.5	28.4	3.8	4.1	3.5	1	152.7	20.0	12.5
4	4.2	23.6	28.9	25.9	28.9	28.9	28.5	28.4	28.6	28.6	28.5	2.9	3.2	2.8	1	152.7	15.0	12.5
5	5.6	23.4	29.1	26.4	28.7	28.7	28.7	28.6	28.6	28.6	28.6	2.9	3.2	2.8	1	152.7	15.0	12.5
6	5.6	22.9	28.7	25.9	28.7	28.7	28.4	28.3	28.4	28.4	28.4	2.9	3.2	2.8	1	152.7	15.0	12.5
7	5.8	22.3	28.7	25.6	28.7	28.7	27.9	27.8	28.0	28.0	27.9	2.1	2.2	1.9	1	152.7	12.5	12.5
8	6.1	22.8	28.7	25.9	28.7	28.7	28.2	28.1	28.2	28.2	28.1	2.1	2.2	1.9	1	152.7	12.5	12.5
9	5.2	22.9	28.7	25.5	28.0	28.7	28.0	27.8	28.0	28.0	27.9	2.1	2.2	1.9	1	152.7	12.5	12.5

Ket : Proses pengambilan data dilakukan pada tanggal 01-10-2011



Tabel A.8. Data hasil pengamatan temperatur ruangan dengan menggunakan AC tanpa freon pada pengaturan kecepatan udara maksimum 3,8 m/s

No	Waktu	Temp. Air (°C)		Temp. Udara (°C)		Temperatur Ruangan (°C)							Kecepatan Udara (m/s)			Debit		Daya (Watt)		Temp. Luar	Ket
		T <sub>in</sub>	T <sub>out</sub>	T <sub>in</sub>	T <sub>out</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	Vol (ltr)	t (detik)	AC	Pompa		
1	9:00	9.6	21.9	26.3	22.1	25.7	25.7	25.4	24.9	25.6	25.5	25.3	3.8	4.1	3.5	1	53.3	20.0	12.5	33.2	Cerah
2	9:30	10.3	21.4	26.4	22.3	26.4	26.4	25.0	24.8	25.1	25.2	24.9	3.8	4.1	3.5	1	53.3	20.0	12.5	33.5	Cerah
3	10:00	6.2	21.8	26.5	22.3	26.5	26.5	25.3	25.1	25.3	25.4	25.2	3.8	4.1	3.5	1	53.3	20.0	12.5	33.8	Cerah
4	10:30	5.1	17.4	26.5	21.8	26.4	26.4	25.1	24.8	25.2	25.2	25.0	3.8	4.1	3.5	1	53.3	20.0	12.5	33.9	Cerah
5	11:00	5.6	21.1	26.6	22.1	26.6	26.6	25.4	25.2	25.5	25.6	25.3	3.8	4.1	3.5	1	53.3	20.0	12.5	34.0	Cerah
6	11:30	7.1	21.2	26.8	22.7	26.7	26.7	25.1	24.9	25.2	25.3	25.0	3.8	4.1	3.5	1	53.3	20.0	12.5	34.2	Cerah
7	12:00	6.2	21.7	26.7	22.1	26.7	26.7	25.1	24.9	25.3	25.4	25.0	3.8	4.1	3.5	1	53.3	20.0	12.5	34.3	Cerah
8	12:30	5.3	21.0	26.5	22.3	26.5	26.5	25.3	25.1	25.4	25.5	25.2	3.8	4.1	3.5	1	53.3	20.0	12.5	34.6	Cerah
9	13:00	5.3	21.2	26.7	22.4	26.7	26.7	25.1	24.9	25.2	25.3	25.0	3.8	4.1	3.5	1	53.3	20.0	12.5	34.7	Cerah
10	13:30	3.9	21.6	27.1	22.6	27.1	27.1	25.3	25.2	25.4	25.5	25.2	3.8	4.1	3.5	1	53.3	20.0	12.5	34.5	Cerah
11	14:00	4.2	21.0	27.1	22.7	26.9	26.9	25.3	25.2	25.4	25.5	25.2	3.8	4.1	3.5	1	53.3	20.0	12.5	34.4	Cerah
12	14:30	5.0	21.1	26.9	22.4	26.9	26.9	25.1	24.9	25.2	25.3	25.0	3.8	4.1	3.5	1	53.3	20.0	12.5	33.9	Cerah
13	15:00	10.4	21.0	27.3	22.8	26.6	26.6	25.8	25.7	25.9	25.9	25.7	3.8	4.1	3.5	1	53.3	20.0	12.5	33.7	Cerah

Ket : Proses pengambilan data dilakukan pada tanggal 03-10-2011

Tabel A.9. Data hasil pengamatan temperatur ruangan dengan menggunakan AC tanpa freon pada pengaturan kecepatan udara sedang 2,97 m/s

No	Waktu	Temp. Air (°C)		Temp. Udara (°C)		Temperatur Ruangan (°C)							Kecepatan Udara (m/s)			Debit		Daya (Watt)		Temp. Luar	Ket
		T <sub>in</sub>	T <sub>out</sub>	T <sub>in</sub>	T <sub>out</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	Vol (ltr)	t (detik)	AC	Pompa		
1	9:00	7.6	20.6	26.7	21.9	26.8	26.8	25.1	24.8	25.2	25.2	25.0	2.9	3.2	2.8	1	53.3	15.0	12.5	34.7	Cerah
2	9:30	9.2	21.0	26.9	22.2	25.8	25.8	25.3	25.2	25.4	25.5	25.3	2.9	3.2	2.8	1	53.3	15.0	12.5	35.4	Cerah
3	10:00	9.6	21.8	25.8	22.3	25.9	25.9	25.2	25.2	25.3	25.3	25.2	2.9	3.2	2.8	1	53.3	15.0	12.5	36.3	Cerah
4	10:30	8.6	21.7	26.7	22.1	26.4	26.4	25.6	25.5	25.6	25.7	25.6	2.9	3.2	2.8	1	53.3	15.0	12.5	38.1	Cerah
5	11:00	4.7	21.9	27.9	22.3	26.9	26.9	25.3	25.1	25.4	25.4	25.2	2.9	3.2	2.8	1	53.3	15.0	12.5	36.6	Cerah
6	11:30	5.8	21.6	27.8	22.4	26.9	26.9	25.3	25.2	25.4	25.6	25.2	2.9	3.2	2.8	1	53.3	15.0	12.5	32.5	Cerah
7	12:00	4.8	21.8	27.8	22.6	27.3	27.3	26.2	26.1	26.3	24.3	26.1	2.9	3.2	2.8	1	53.3	15.0	12.5	35.7	Cerah
8	12:30	5.7	21.7	27.6	22.2	26.7	26.7	25.9	25.8	26.0	26.0	25.9	2.9	3.2	2.8	1	53.3	15.0	12.5	32.5	Cerah
9	13:00	5.5	21.4	27.4	22.8	27.4	27.4	25.9	25.9	26.1	26.2	25.9	2.9	3.2	2.8	1	53.3	15.0	12.5	32.8	Cerah
10	13:30	4.5	21.5	27.3	22.2	27.2	27.2	25.6	25.4	25.7	25.7	25.5	2.9	3.2	2.8	1	53.3	15.0	12.5	32.6	Cerah
11	14:00	6.4	21.1	27.2	22.4	27.1	27.1	26.2	26.2	26.3	26.3	26.2	2.9	3.2	2.8	1	53.3	15.0	12.5	31.1	Cerah
12	14:30	7.4	21.8	26.9	22.7	27.0	27.0	26.0	25.6	26.1	26.1	25.9	2.9	3.2	2.8	1	53.3	15.0	12.5	30.9	Cerah
13	15:00	5.1	21.9	27.3	22.9	26.7	26.7	26.4	26.3	26.3	26.5	26.4	2.9	3.2	2.8	1	53.3	15.0	12.5	31.1	Cerah

Ket : Proses pengambilan data dilakukan pada tanggal 04-10-2011

Tabel A.10. Data hasil pengamatan temperatur ruangan dengan menggunakan AC tanpa freon pada pengaturan kecepatan udara minimum 2,07 m/s

No	Waktu	Temp. Air (°C)		Temp. Udara (°C)		Temperatur Ruangan (°C)							Kecepatan Udara (m/s)			Debit		Daya (Watt)		Temp. Luar	Ket
		T <sub>in</sub>	T <sub>out</sub>	T <sub>in</sub>	T <sub>out</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	V <sub>3</sub>	Vol (ltr)	t (detik)	AC	Pompa		
1	9:00	10.9	19.9	25.5	20.8	25.8	25.9	25.8	25.3	25.3	25.3	25.3	2.1	2.2	1.9	1	53.3	12.5	12.5	32.3	Cerah
2	9:30	9.7	19.3	25.6	20.3	25.8	25.8	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3	2.1	2.2	1.9	1	53.3	12.5	12.5	32.6	Cerah
3	10:00	9.3	20.6	25.8	22.1	25.8	26.0	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3	2.1	2.2	1.9	1	53.3	12.5	12.5	32.9	Cerah
4	10:30	8.9	19.9	25.9	22.2	26.2	26.2	25.7	25.6	25.7	25.7	25.6	2.1	2.2	1.9	1	53.3	12.5	12.5	33.4	Cerah
5	11:00	10.7	20.3	26.6	23.1	26.0	26.0	25.8	25.8	25.8	25.9	25.9	2.1	2.2	1.9	1	53.3	12.5	12.5	33.7	Cerah
6	11:30	12.5	21.8	26.6	22.2	26.2	26.2	26.0	26.1	26.2	26.2	26.1	2.1	2.2	1.9	1	53.3	12.5	12.5	33.8	Cerah
7	12:00	11.6	20.8	26.4	22.1	26.7	26.7	26.5	26.2	26.2	26.2	26.4	2.1	2.2	1.9	1	53.3	12.5	12.5	34.2	Cerah
8	12:30	11.5	21.0	26.5	22.1	26.6	26.6	26.2	26.2	26.3	26.3	26.2	2.1	2.2	1.9	1	53.3	12.5	12.5	34.5	Cerah
9	13:00	11.4	21.8	26.4	22.9	26.5	26.5	25.9	25.9	26.2	26.3	25.9	2.1	2.2	1.9	1	53.3	12.5	12.5	33.9	Cerah
10	13:30	12.6	21.0	26.7	22.2	26.9	26.9	25.8	25.7	25.7	25.9	25.8	2.1	2.2	1.9	1	53.3	12.5	12.5	33.3	Cerah
11	14:00	7.9	20.9	26.4	22.9	26.2	26.2	26.1	26.0	26.2	26.2	26.0	2.1	2.2	1.9	1	53.3	12.5	12.5	32.7	Cerah
12	14:30	12.5	20.8	27.7	22.7	27.9	27.9	26.2	26.1	26.2	26.2	26.1	2.1	2.2	1.9	1	53.3	12.5	12.5	32.8	Cerah
13	15:00	12.7	21.0	26.8	23.0	26.8	26.8	26.3	26.2	26.2	26.3	26.3	2.1	2.2	1.9	1	53.3	12.5	12.5	32.6	Cerah

Ket : Proses pengambilan data dilakukan pada tanggal 26-09-2011

Tabel A.11. Data hasil pengamatan temperatur ruangan dengan menggunakan AC tanpa freon pada pengaturan kecepatan udara maksimum dengan penambahan 1 kg es tiap jam

No	Waktu	Temp. Air		Temp. Udara		Temperatur Ruangan							Kecepatan Udara			Debit		Daya (watt)		Temp. Luar	Ket
		Tin	Tout	Tin	Tout	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	V1	V2	V3	Vol (ltr)	t (detik)	AC	Pompa		
1	9:00	14.2	21.7	25.0	23.0	25.1	25.1	23.2	23.0	23.3	23.4	23.1	3.8	4.1	3.5	1	53.3	20.0	12.5	32.3	Cerah
2	9:30	14.8	21.1	25.5	23.6	25.6	25.6	23.6	23.4	23.7	23.7	23.5	3.8	4.1	3.5	1	53.3	20.0	12.5	32.9	Cerah
3	10:00	14.4	21.1	25.8	23.3	25.9	25.9	24.1	23.9	24.2	24.2	24.0	3.8	4.1	3.5	1	53.3	20.0	12.5	33.2	Cerah
4	10:30	12.9	21.6	25.3	23.5	26.4	26.4	24.4	24.2	24.5	24.6	24.3	3.8	4.1	3.5	1	53.3	20.0	12.5	33.4	Cerah
5	11:00	12.8	21.4	26.2	24.3	26.3	26.3	24.7	24.6	24.8	24.8	24.7	3.8	4.1	3.5	1	53.3	20.0	12.5	34.1	Cerah
6	11:30	14.6	21.9	26.8	24.6	26.8	26.8	25.7	25.4	25.8	25.8	25.5	3.8	4.1	3.5	1	53.3	20.0	12.5	36.3	Cerah
7	12:00	13.5	22.4	27.4	25.4	27.4	27.4	26.6	26.5	26.7	26.7	26.6	3.8	4.1	3.5	1	53.3	20.0	12.5	37.1	Cerah
8	12:30	14.9	22.6	27.7	25.7	27.8	27.8	27.2	27.0	27.3	27.3	27.1	3.8	4.1	3.5	1	53.3	20.0	12.5	37.9	Cerah
9	13:00	13.9	22.9	28.0	25.7	28.0	28.0	27.5	27.4	27.6	27.6	27.4	3.8	4.1	3.5	1	53.3	20.0	12.5	38.6	Cerah
10	13:30	14.7	22.9	27.1	25.1	27.5	27.5	27.3	27.4	27.3	27.3	27.4	3.8	4.1	3.5	1	53.3	20.0	12.5	38.1	Cerah
11	14:00	15.2	23.5	27.6	25.8	27.8	27.8	27.5	27.4	27.6	27.6	27.5	3.8	4.1	3.5	1	53.3	20.0	12.5	34.2	Cerah
12	14:30	14.6	23.4	28.1	25.7	28.0	28.0	27.2	27.0	27.3	27.3	27.1	3.8	4.1	3.5	1	53.3	20.0	12.5	33.8	Cerah
13	15:00	15.0	23.3	27.8	25.4	27.8	27.8	27.4	27.2	27.4	27.4	27.3	3.8	4.1	3.5	1	53.3	20.0	12.5	32.0	Cerah

Ket : Proses pengambilan data dilakukan pada tanggal 05-10-2011



# LAMPIRAN B

(Data-Data Hasil Perhitungan)



**TABEL B.1. DATA HASIL PERHITUNGAN DENGAN AC TANPA FREON (UJI SESAAT)**Pengaturan Debit Air Maksimum  $1,88 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$  (02-10-2011)

Air Pendingin							Udara AC							
$T_f$ (°C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (kJ/kg°C)	$Q$ (m <sup>3</sup> /s)	$\dot{m}$ (kg/s)	$\Delta T$ (°C)	$Q_{air}$ (kJ/s)	$T_f$ (°C)	$v$ (m/s)	$A$ (m <sup>2</sup> )	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (kJ/kg.K)	$\dot{m}$ (kg/s)	$\Delta T$ (°C)	$Q_{udara}$ (kJ/s)
14.65	998.87	4.187	0.0000188	0.018740	17.5	1.37	25.50	3.80	0.0144	1.168	1.007	0.064	3.0	0.193
15.30	998.82	4.186	0.0000188	0.018740	17.0	1.33	25.70	3.80	0.0144	1.167	1.007	0.064	2.8	0.180
15.10	998.83	4.187	0.0000188	0.018740	16.2	1.27	25.55	3.80	0.0144	1.168	1.007	0.064	2.7	0.174
14.25	998.89	4.188	0.0000188	0.018741	17.5	1.37	26.05	2.97	0.0144	1.166	1.007	0.050	2.9	0.145
14.20	998.90	4.188	0.0000188	0.018741	17.6	1.38	26.00	2.97	0.0144	1.166	1.007	0.050	2.8	0.140
14.55	998.87	4.188	0.0000188	0.018741	18.1	1.42	25.80	2.97	0.0144	1.167	1.007	0.050	3.0	0.151
14.40	998.88	4.188	0.0000188	0.018741	19.0	1.49	26.50	2.07	0.0144	1.164	1.007	0.035	3.8	0.133
14.75	998.86	4.187	0.0000188	0.018740	17.9	1.40	26.45	2.07	0.0144	1.164	1.007	0.035	3.9	0.136
15.10	998.83	4.187	0.0000188	0.018740	17.4	1.37	26.60	2.07	0.0144	1.163	1.007	0.035	3.8	0.132

Es				$\eta$	
$\dot{m}$ (kg/s)	$\Delta T$ (°C)	$C_p$ (kJ/kg.K)	$Q_{es}$ (kJ/s)	$\eta_{AC}$ (%)	$\eta_{system}$ (%)
0.0050	5.9	4.205	1.789	14.06	10.60
0.0050	6.8	4.202	1.808	13.51	9.79
0.0050	7.0	4.202	1.812	13.67	9.42
0.0050	5.5	4.206	1.781	10.59	8.04
0.0050	5.4	4.206	1.779	10.17	7.78
0.0050	5.5	4.206	1.781	10.60	8.33
0.0050	4.9	4.207	1.768	8.89	7.39
0.0050	5.8	4.205	1.787	9.68	7.51
0.0050	6.4	4.203	1.800	9.70	7.26

**TABEL B.2. DATA HASIL PERHITUNGAN DENGAN AC TANPA FREON (UJI SESAAT)**

Pengaturan Debit Air Sedang  $1,26 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$  (01-10-2011)

Air Pendingin							Udara AC							
$T_f$ (°C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (kJ/kg°C)	Q (m <sup>3</sup> /s)	$\dot{m}$ (kg/s)	$\Delta T$ (°C)	$Q_{air}$ (kJ/s)	$T_f$ (°C)	v (m/s)	A (m <sup>2</sup> )	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (kJ/kg.K)	$\dot{m}$ (kg/s)	$\Delta T$ (°C)	$Q_{udara}$ (kJ/s)
13.40	998.96	4.189	0.0000126	0.01257	16.6	0.87	27.10	3.80	0.0144	1.161	1.007	0.064	2.8	0.179
14.45	998.88	4.188	0.0000126	0.01256	18.9	0.99	26.20	3.80	0.0144	1.165	1.007	0.064	3.0	0.193
15.30	998.82	4.186	0.0000126	0.01256	18.4	0.97	26.35	3.80	0.0144	1.164	1.007	0.064	3.3	0.212
15.10	998.83	4.187	0.0000126	0.01256	17.4	0.92	26.00	2.97	0.0144	1.166	1.007	0.050	2.8	0.140
15.50	998.80	4.186	0.0000126	0.01256	16.6	0.87	25.70	2.97	0.0144	1.167	1.007	0.050	3.0	0.151
16.20	998.78	4.185	0.0000126	0.01256	15.4	0.81	26.00	2.97	0.0144	1.166	1.007	0.050	3.0	0.150
15.05	998.84	4.187	0.0000126	0.01256	17.1	0.90	25.75	2.07	0.0144	1.167	1.007	0.035	3.7	0.129
15.10	998.83	4.187	0.0000126	0.01256	16.0	0.84	26.10	2.07	0.0144	1.166	1.007	0.035	3.6	0.126
15.10	998.83	4.187	0.0000126	0.01256	17.0	0.89	26.35	2.07	0.0144	1.164	1.007	0.035	3.9	0.136

Es				$\eta$	
$\dot{m}$ (kg/s)	$\Delta T$ (°C)	$C_p$ (kJ/kg.K)	$Q_{es}$ (kJ/s)	$\eta_{AC}$ (%)	$\eta_{system}$ (%)
0.0043	5.1	4.206	1.536	20.50	11.42
0.0043	5.0	4.207	1.534	19.37	12.29
0.0043	6.1	4.204	1.554	21.88	13.35
0.0043	6.4	4.203	1.560	15.35	8.85
0.0043	7.2	4.202	1.574	17.26	9.41
0.0043	8.5	4.199	1.598	18.58	9.26
0.0043	6.5	4.203	1.561	14.39	8.16
0.0043	7.1	4.202	1.572	14.94	7.87
0.0043	6.6	4.203	1.563	15.22	8.57





**TABEL B.3. DATA HASIL PERHITUNGAN DENGAN AC TANPA FREON (UJI SESAAT)**Pengaturan Debit Air Minimum  $0,65 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$  (01-10-2011)

Air Pendingin							Udara AC							
$T_f$ (°C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (kJ/kg°C)	Q (m <sup>3</sup> /s)	$\dot{m}$ (kg/s)	$\Delta T$ (°C)	$Q_{air}$ (kJ/s)	$T_f$ (°C)	v (m/s)	A (m <sup>2</sup> )	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (kJ/kg.K)	$\dot{m}$ (kg/s)	$\Delta T$ (°C)	$Q_{udara}$ (kJ/s)
15.90	998.79	4.186	0.0000065	0.00654	18.6	0.51	27.35	3.80	0.0144	1.160	1.007	0.063	2.5	0.160
15.19	998.83	4.187	0.0000065	0.00654	20.2	0.55	27.50	3.80	0.0144	1.159	1.007	0.063	2.6	0.166
15.45	998.81	4.186	0.0000065	0.00654	19.3	0.53	27.50	3.80	0.0144	1.159	1.007	0.063	2.4	0.153
13.90	998.92	4.189	0.0000065	0.00654	19.4	0.53	27.40	2.97	0.0144	1.160	1.007	0.050	3.0	0.150
14.50	998.88	4.188	0.0000065	0.00654	17.8	0.49	27.75	2.97	0.0144	1.158	1.007	0.049	2.7	0.134
14.25	998.89	4.188	0.0000065	0.00654	17.3	0.47	27.30	2.97	0.0144	1.160	1.007	0.050	2.8	0.140
14.05	998.91	4.188	0.0000065	0.00654	16.5	0.45	27.15	2.07	0.0144	1.161	1.007	0.035	3.1	0.108
14.45	998.88	4.188	0.0000065	0.00654	16.7	0.46	27.30	2.07	0.0144	1.160	1.007	0.035	2.8	0.097
14.05	998.91	4.188	0.0000065	0.00654	17.7	0.48	27.10	2.07	0.0144	1.161	1.007	0.035	3.2	0.111

Es				$\eta$	
$\dot{m}$ (kg/s)	$\Delta T$ (°C)	$C_p$ (kJ/kg.K)	$Q_{es}$ (kJ/s)	$\eta_{AC}$ (%)	$\eta_{system}$ (%)
0.0033	6.6	4.203	1.202	31.38	12.94
0.0033	5.1	4.206	1.182	30.06	13.68
0.0033	5.8	4.205	1.191	29.01	12.53
0.0033	4.2	0.000	1.110	28.15	13.16
0.0033	5.6	4.205	1.188	27.58	11.06
0.0033	5.6	4.205	1.188	29.48	11.49
0.0033	5.8	4.205	1.191	23.85	8.87
0.0033	6.1	4.204	1.195	21.28	7.98
0.0033	5.2	4.206	1.183	22.96	9.22

**TABEL B.4. NILAI RATA-RATA HASIL PERHITUNGAN DENGAN AC TANPA FREON (UJI SESAAT)**

Pengaturan Debit Air Maksimum  $1,88 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$  (02-10-2011)

Air Pendingin					Udara AC						
Tf (°C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (kJ/kg°C)	Q (m <sup>3</sup> /s)	$\dot{m}$ (kg/s)	v (m/s)	A (m <sup>2</sup> )	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (kJ/kg.K)	$\dot{m}$ (kg/s)	$\Delta T$ (°C)	Qudara (kJ/s)
15.02	998.84	4.1869	0.0000188	0.018740	3.80	0.0144	1.168	1.007	0.064	2.8	0.182
14.33	998.89	4.1880	0.0000188	0.018741	2.97	0.0144	1.166	1.007	0.050	2.9	0.146
14.75	998.86	4.1873	0.0000188	0.018740	2.07	0.0144	1.164	1.007	0.035	3.8	0.134

Es				$\eta$	
$\dot{m}$ (kg/s)	$\Delta T$ (°C)	Cp (kJ/kg.K)	Qes (kJ/s)	$\eta_{ac}$ (%)	$\eta_{system}$ (%)
0.005	6.6	4.203	1.803	13.75	9.94
0.005	5.5	4.206	1.780	10.45	8.05
0.005	5.7	4.205	1.785	9.43	7.39



**TABEL B.5. NILAI RATA-RATA HASIL PERHITUNGAN DENGAN AC TANPA FREON (UJI SESAAT)**

Pengaturan Debit Air Sedang  $1,26 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$  (01-10-2011)

Air Pendingin					Udara AC						
Tf (°C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (kJ/kg°C)	Q (m <sup>3</sup> /s)	$\dot{m}$ (kg/s)	v (m/s)	A (m <sup>2</sup> )	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (kJ/kg.K)	$\dot{m}$ (kg/s)	$\Delta T$ (°C)	Qudara (kJ/s)
14.38	998.88	4.1879	0.0000126	0.012565	3.80	0.0144	1.163	1.007	0.064	3.0	0.194
15.60	998.80	4.1860	0.0000126	0.012564	2.97	0.0144	1.167	1.007	0.050	2.9	0.147
15.08	998.83	4.1868	0.0000126	0.012564	2.07	0.0144	1.166	1.007	0.035	3.7	0.130

Es				$\eta$	
$\dot{m}$ (kg/s)	$\Delta T$ (°C)	Cp (kJ/kg.K)	Qes (kJ/s)	$\eta_{ac}$ (%)	$\eta_{system}$ (%)
0.004	5.4	4.206	1.541	20.58	12.35
0.004	7.4	4.201	1.577	17.06	9.17
0.004	6.7	4.203	1.566	14.85	8.20

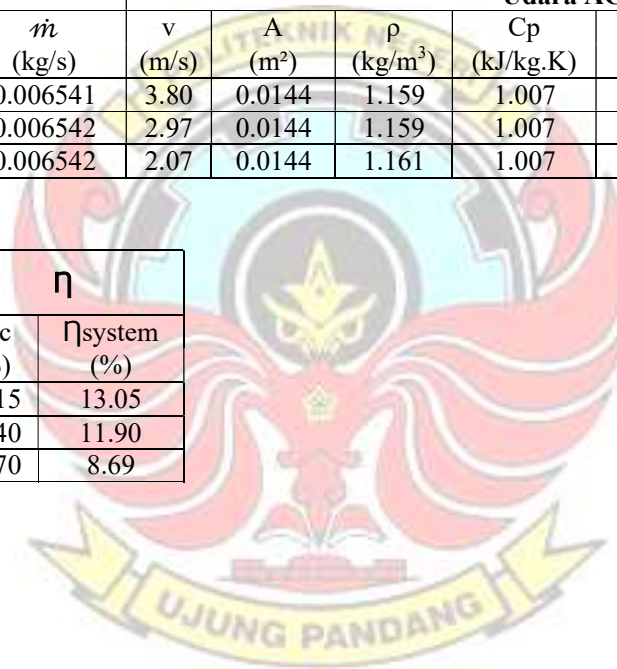


**TABEL B.6. NILAI RATA-RATA HASIL PERHITUNGAN DENGAN AC TANPA FREON (UJI SESAAT)**

Pengaturan Debit Air Minimum  $0,65 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$  (01-10-2011)

Air Pendingin					Udara AC						
Tf (°C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (kJ/kg°C)	Q (m <sup>3</sup> /s)	$\dot{m}$ (kg/s)	v (m/s)	A (m <sup>2</sup> )	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Cp (kJ/kg.K)	$\dot{m}$ (kg/s)	$\Delta T$ (°C)	Qudara (kJ/s)
15.51	998.81	4.1861	0.0000065	0.006541	3.80	0.0144	1.159	1.007	0.063	2.5	0.160
14.22	998.90	4.1882	0.0000065	0.006542	2.97	0.0144	1.159	1.007	0.050	2.8	0.141
14.18	998.90	4.1882	0.0000065	0.006542	2.07	0.0144	1.161	1.007	0.035	3.0	0.106

Es				$\eta$	
$\dot{m}$ (kg/s)	$\Delta T$ (°C)	Cp (kJ/kg.K)	Qes (kJ/s)	$\eta_{ac}$ (%)	$\eta_{system}$ (%)
0.003	5.8	4.205	1.192	30.15	13.05
0.003	5.1	2.804	1.162	28.40	11.90
0.003	5.7	4.205	1.190	22.70	8.69



**TABEL B.7. DATA HASIL PERHITUNGAN DENGAN AC TANPA FREON (UJI HARIAN)**

Pengaturan Kecepatan Udara Maksimum 3,8 m/s (03-10-2011)

Air Pendingin							Udara AC							
$T_f$ (°C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (kJ/kg°C)	Q (m <sup>3</sup> /s)	$\dot{m}$ (kg/s)	$\Delta T$ (°C)	$Q_{air}$ (kJ/s)	$T_f$ (°C)	v (m/s)	A (m <sup>2</sup> )	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (kJ/kg.K)	$\dot{m}$ (kg/s)	$\Delta T$ (°C)	$Q_{udara}$ (kJ/s)
15.75	998.79	4.186	0.0000188	0.0187	12.3	0.96	24.20	3.8	0.014	1.1745	1.0069	0.0643	4.2	0.272
15.85	998.79	4.186	0.0000188	0.0187	11.1	0.87	24.35	3.8	0.014	1.1738	1.0069	0.0642	4.1	0.265
14.00	998.91	4.189	0.0000188	0.0187	15.6	1.22	24.40	3.8	0.014	1.1735	1.0069	0.0642	4.2	0.272
11.25	999.11	4.193	0.0000188	0.0187	12.3	0.97	24.15	3.8	0.014	1.1747	1.0069	0.0643	4.7	0.304
13.35	998.96	4.190	0.0000188	0.0187	15.5	1.22	24.35	3.8	0.014	1.1738	1.0069	0.0642	4.5	0.291
14.15	998.90	4.188	0.0000188	0.0187	14.1	1.11	24.75	3.8	0.014	1.1719	1.0070	0.0641	4.1	0.265
13.95	998.92	4.189	0.0000188	0.0187	15.5	1.22	24.40	3.8	0.014	1.1735	1.0069	0.0642	4.6	0.297
13.15	998.97	4.190	0.0000188	0.0187	15.7	1.23	24.40	3.8	0.014	1.1735	1.0069	0.0642	4.2	0.272
13.25	998.97	4.190	0.0000188	0.0187	15.9	1.25	24.55	3.8	0.014	1.1728	1.0070	0.0642	4.3	0.278
12.75	999.00	4.191	0.0000188	0.0187	17.7	1.39	24.85	3.8	0.014	1.1714	1.0070	0.0641	4.5	0.290
12.60	999.01	4.191	0.0000188	0.0187	16.8	1.32	24.90	3.8	0.014	1.1712	1.0070	0.0641	4.4	0.284
13.05	998.98	4.190	0.0000188	0.0187	16.1	1.26	24.65	3.8	0.014	1.1724	1.0070	0.0642	4.5	0.291
15.70	998.79	4.186	0.0000188	0.0187	10.6	0.83	25.05	3.8	0.014	1.1705	1.0070	0.0640	4.5	0.290



Udara Ruangan									Es				$\eta$		
V (m <sup>3</sup> )	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\dot{m}$ (kg)	$\Delta t$ (s)	$T_{rata2}$ (°C)	$\Delta T$ (°C)	$\dot{m}$ (kg/s)	$C_p$ (kJ/kg.K)	$Q_{ru}$ (kJ/s)	$\dot{m}$ (kg/s)	$\Delta T$ (°C)	$C_p$ (kJ/kg.K)	$Q_{es}$ (kJ/s)	$\eta_{HE}$ (%)	$\eta_{ru}$ (%)	$\eta_{system}$ (%)
42.144	1.16867	49.252	1800	25.44	0.00	0.0274	1.007	0.0000	1.62E-03	9.6	4.182	0.606	28.17	0.00	42.57
42.144	1.16887	49.261	1800	25.40	0.04	0.0274	1.007	0.0012	1.62E-03	10.3	4.186	0.611	30.46	0.45	41.22
42.144	1.16787	49.219	1800	25.61	-0.21	0.0273	1.007	-0.0059	1.62E-03	6.2	4.186	0.583	22.18	-2.17	44.13
42.144	1.16867	49.252	1800	25.44	0.17	0.0274	1.007	0.0047	1.62E-03	5.1	4.192	0.576	31.47	1.55	50.03
42.144	1.16727	49.193	1800	25.74	-0.30	0.0273	1.007	-0.0083	1.62E-03	5.6	4.187	0.579	23.91	-2.84	47.60
42.144	1.16813	49.230	1800	25.56	0.19	0.0273	1.007	0.0051	1.62E-03	7.1	4.185	0.589	23.92	1.93	42.59
42.144	1.168	49.224	1800	25.59	-0.03	0.0273	1.007	-0.0008	1.62E-03	6.2	4.186	0.583	24.45	-0.26	48.33
42.144	1.16773	49.213	1800	25.64	-0.06	0.0273	1.007	-0.0016	1.62E-03	5.3	4.188	0.577	22.03	-0.58	44.57
42.144	1.16813	49.230	1800	25.56	0.09	0.0273	1.007	0.0024	1.62E-03	5.3	4.187	0.577	22.26	0.85	45.60
42.144	1.16687	49.176	1800	25.83	-0.27	0.0273	1.007	-0.0075	1.62E-03	3.9	4.176	0.567	20.89	-2.57	48.43
42.144	1.16713	49.188	1800	25.77	0.06	0.0273	1.007	0.0016	1.62E-03	4.2	4.177	0.569	21.52	0.55	47.18
42.144	1.16787	49.219	1800	25.61	0.16	0.0273	1.007	0.0043	1.62E-03	5.0	4.188	0.575	22.99	1.49	47.86
42.144	1.16593	49.137	1800	26.03	-0.41	0.0273	1.007	-0.0114	1.62E-03	10.4	4.186	0.612	34.91	-3.92	45.07



**TABEL B.8. DATA HASIL PERHITUNGAN DENGAN AC TANPA FREON (UJI HARIAN)**

Pengaturan Kecepatan Udara Sedang 2,97 m/s (04-10-2011)

Air Pendingin							Udara AC							
$T_f$ (°C)	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (kJ/kg°C)	$Q$ (m <sup>3</sup> /s)	$\dot{m}$ (kg/s)	$\Delta T$ (°C)	$Q_{air}$ (kJ/s)	$T_f$ (°C)	$v$ (m/s)	$A$ (m <sup>2</sup> )	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (kJ/kg.K)	$\dot{m}$ (kg/s)	$\Delta T$ (°C)	$Q_{udara}$ (kJ/s)
14.10	998.91	4.188	0.0000188	0.0187	13.0	1.02	24.30	2.97	0.0144	1.1740	1.0069	0.0502	4.8	0.242
15.10	998.83	4.187	0.0000188	0.0187	11.8	0.93	24.55	2.97	0.0144	1.1728	1.0070	0.0501	4.7	0.237
15.70	998.79	4.186	0.0000188	0.0187	12.2	0.96	24.05	2.97	0.0144	1.1752	1.0069	0.0502	3.5	0.177
15.15	998.83	4.187	0.0000188	0.0187	13.1	1.03	24.40	2.97	0.0144	1.1735	1.0069	0.0501	4.6	0.232
13.30	998.96	4.190	0.0000188	0.0187	17.2	1.35	25.10	2.97	0.0144	1.1703	1.0070	0.0500	5.6	0.282
13.70	998.93	4.189	0.0000188	0.0187	15.8	1.24	25.10	2.97	0.0144	1.1703	1.0070	0.0500	5.4	0.272
13.30	998.96	4.190	0.0000188	0.0187	17.0	1.33	25.20	2.97	0.0144	1.1698	1.0070	0.0500	5.2	0.262
13.70	998.93	4.189	0.0000188	0.0187	16.0	1.26	24.90	2.97	0.0144	1.1712	1.0070	0.0500	5.4	0.272
13.45	998.95	4.189	0.0000188	0.0187	15.9	1.25	25.10	2.97	0.0144	1.1703	1.0070	0.0500	4.6	0.232
13.00	998.98	4.190	0.0000188	0.0187	17.0	1.34	24.75	2.97	0.0144	1.1719	1.0070	0.0501	5.1	0.257
13.75	998.93	4.189	0.0000188	0.0187	14.7	1.15	24.80	2.97	0.0144	1.1717	1.0070	0.0501	4.8	0.242
14.60	998.87	4.188	0.0000188	0.0187	14.4	1.13	24.80	2.97	0.0144	1.1717	1.0070	0.0501	4.2	0.212
13.50	998.95	4.189	0.0000188	0.0187	16.8	1.32	25.10	2.97	0.0144	1.1703	1.0070	0.0500	4.4	0.222



Udara Ruangan									Es				$\eta$		
V (m <sup>3</sup> )	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\dot{m}$ (kg)	$\Delta t$ (s)	T <sub>rata2</sub> (°C)	$\Delta T$ (°C)	$\dot{m}$ (kg/s)	C <sub>p</sub> (kJ/kg.K)	Q <sub>ru</sub> (kJ/s)	$\dot{m}$ (kg/s)	$\Delta T$ (°C)	C <sub>p</sub> (kJ/kg.K)	Q <sub>es</sub> (kJ/s)	$\eta_{HE}$ (%)	$\eta_{ru}$ (%)	$\eta_{system}$ (%)
42.144	1.16813	49.230	1800	25.56	0.00	0.0273	1.0070	0.0000	1.54E-03	7.6	4.185	0.563	23.76	0.00	41.07
42.144	1.16853	49.247	1800	25.47	0.09	0.0274	1.0070	0.0024	1.54E-03	9.2	4.183	0.573	25.61	1.00	39.48
42.144	1.16873	49.255	1800	25.43	0.04	0.0274	1.0070	0.0012	1.54E-03	9.6	4.182	0.576	18.49	0.67	29.34
42.144	1.16687	49.176	1800	25.83	-0.40	0.0273	1.0070	-0.0110	1.54E-03	8.6	4.183	0.569	22.59	-4.74	38.92
42.144	1.16727	49.193	1800	25.74	0.09	0.0273	1.0070	0.0024	1.54E-03	4.7	4.187	0.544	20.87	0.84	49.33
42.144	1.16707	49.185	1800	25.79	-0.04	0.0273	1.0070	-0.0012	1.54E-03	5.8	4.186	0.551	21.92	-0.43	46.98
42.144	1.165	49.098	1800	26.23	-0.44	0.0273	1.0070	-0.0122	1.54E-03	4.8	4.187	0.545	19.60	-4.65	45.73
42.144	1.1654	49.115	1800	26.14	0.09	0.0273	1.0070	0.0024	1.54E-03	5.7	4.186	0.550	21.66	0.87	47.07
42.144	1.1642	49.064	1800	26.40	-0.26	0.0273	1.0070	-0.0071	1.54E-03	5.5	4.187	0.549	18.55	-3.05	40.15
42.144	1.16587	49.134	1800	26.04	0.36	0.0273	1.0070	0.0098	1.54E-03	4.5	4.188	0.543	19.26	3.82	45.09
42.144	1.1638	49.047	1800	26.49	-0.44	0.0272	1.0070	-0.0122	1.54E-03	6.4	4.186	0.555	20.96	-5.02	41.53
42.144	1.16493	49.095	1800	26.24	0.24	0.0273	1.0070	0.0067	1.54E-03	7.4	4.184	0.561	18.73	3.15	35.94
42.144	1.16387	49.050	1800	26.47	-0.23	0.0272	1.0070	-0.0063	1.54E-03	5.1	4.187	0.547	16.79	-2.83	38.58





**TABEL B.9. DATA HASIL PERHITUNGAN DENGAN AC TANPA FREON (UJI HARIAN)**

Pengaturan Kecepatan Udara Minimum 2,07 m/s (26-09-2011)

Air Pendingin							Udara AC							
T <sub>f</sub> (°C)	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	C <sub>p</sub> (kJ/kg°C)	Q (m <sup>3</sup> /s)	<i>m</i> (kg/s)	ΔT (°C)	Q <sub>air</sub> (kJ/s)	T <sub>f</sub> (°C)	v (m/s)	A (m <sup>2</sup> )	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	C <sub>p</sub> (kJ/kg.K)	<i>m</i> (kg/s)	ΔT (°C)	Q <sub>udara</sub> (kJ/s)
15.40	998.81	4.186	0.0000188	0.0187	9.0	0.71	23.15	2.07	0.0144	1.1794	1.0069	0.0351	4.7	0.166
14.50	998.88	4.188	0.0000188	0.0187	9.6	0.75	22.95	2.07	0.0144	1.1803	1.0069	0.0351	5.3	0.187
14.95	998.84	4.187	0.0000188	0.0187	11.3	0.89	23.95	2.07	0.0144	1.1756	1.0069	0.0350	3.7	0.130
14.40	998.88	4.188	0.0000188	0.0187	11.0	0.86	24.05	2.07	0.0144	1.1752	1.0069	0.0350	3.7	0.130
15.50	998.80	4.186	0.0000188	0.0187	9.6	0.75	24.85	2.07	0.0144	1.1714	1.0070	0.0349	3.5	0.123
17.15	998.74	4.184	0.0000188	0.0187	9.3	0.73	24.40	2.07	0.0144	1.1735	1.0069	0.0349	4.4	0.155
16.20	998.78	4.185	0.0000188	0.0187	9.2	0.72	24.25	2.07	0.0144	1.1742	1.0069	0.0349	4.3	0.151
16.25	998.78	4.185	0.0000188	0.0187	9.5	0.75	24.30	2.07	0.0144	1.1740	1.0069	0.0349	4.4	0.155
16.60	998.76	4.185	0.0000188	0.0187	10.4	0.82	24.65	2.07	0.0144	1.1724	1.0070	0.0349	3.5	0.123
16.80	998.76	4.184	0.0000188	0.0187	8.4	0.66	24.45	2.07	0.0144	1.1733	1.0069	0.0349	4.5	0.158
14.40	998.88	4.188	0.0000188	0.0187	13.0	1.02	24.65	2.07	0.0144	1.1724	1.0070	0.0349	3.5	0.123
16.65	998.76	4.185	0.0000188	0.0187	8.3	0.65	25.20	2.07	0.0144	1.1698	1.0070	0.0348	5.0	0.175
16.85	998.75	4.184	0.0000188	0.0187	8.3	0.65	24.90	2.07	0.0144	1.1712	1.0070	0.0349	3.8	0.133



Udara Ruangan									Es				$\eta$		
V (m <sup>3</sup> )	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\dot{m}$ (kg)	$\Delta t$ (s)	T <sub>rata2</sub> (°C)	$\Delta T$ (°C)	$\dot{m}$ (kg/s)	C <sub>p</sub> (kJ/kg.K)	Q <sub>ru</sub> (kJ/s)	$\dot{m}$ (kg/s)	$\Delta T$ (°C)	C <sub>p</sub> (kJ/kg.K)	Q <sub>es</sub> (kJ/s)	$\eta_{HE}$ (%)	$\eta_{ru}$ (%)	$\eta_{system}$ (%)
42.144	1.16827	49.235	1800	25.53	0.00	0.0274	1.0070	0.0000	1.40E-03	10.9	4.186	0.531	23.53	0.00	29.89
42.144	1.16867	49.252	1800	25.44	0.09	0.0274	1.0070	0.0024	1.40E-03	9.7	4.184	0.524	24.88	1.26	34.16
42.144	1.16853	49.247	1800	25.47	-0.03	0.0274	1.0070	-0.0008	1.40E-03	9.3	4.183	0.521	14.70	-0.60	23.86
42.144	1.16693	49.179	1800	25.81	-0.34	0.0273	1.0070	-0.0094	1.40E-03	8.9	4.185	0.519	15.09	-7.24	23.95
42.144	1.1666	49.165	1800	25.89	-0.07	0.0273	1.0070	-0.0020	1.40E-03	10.7	4.186	0.530	16.32	-1.60	22.15
42.144	1.1654	49.115	1800	26.14	-0.26	0.0273	1.0070	-0.0071	1.40E-03	12.5	4.183	0.540	21.22	-4.57	27.38
42.144	1.16413	49.061	1800	26.41	-0.27	0.0273	1.0070	-0.0074	1.40E-03	11.6	4.185	0.535	20.97	-4.92	27.03
42.144	1.16447	49.075	1800	26.34	0.07	0.0273	1.0070	0.0020	1.40E-03	11.5	4.185	0.534	20.78	1.27	27.68
42.144	1.16527	49.109	1800	26.17	0.17	0.0273	1.0070	0.0047	1.40E-03	11.4	4.184	0.534	15.08	3.83	22.01
42.144	1.1656	49.123	1800	26.10	0.07	0.0273	1.0070	0.0020	1.40E-03	12.6	4.184	0.541	24.02	1.24	27.97
42.144	1.16547	49.117	1800	26.13	-0.03	0.0273	1.0070	-0.0008	1.40E-03	7.9	4.185	0.513	12.05	-0.64	22.85
42.144	1.163	49.013	1800	26.66	-0.53	0.0272	1.0070	-0.0145	1.40E-03	12.5	4.184	0.540	26.93	-8.27	31.02
42.144	1.16413	49.061	1800	26.41	0.24	0.0273	1.0070	0.0067	1.40E-03	12.7	4.184	0.541	20.49	5.00	23.55



**TABEL B.10. DATA HASIL PERHITUNGAN DENGAN AC TANPA FREON (UJI HARIAN)**

Pengaturan Kecepatan Udara Maksimum Dengan Penambahan 1 kg Es Tiap Jam (05-10-2011)

Air Pendingin							Udara AC							
T <sub>f</sub> (°C)	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	C <sub>p</sub> (kJ/kg°C)	Q (m <sup>3</sup> /s)	$\dot{m}$ (kg/s)	ΔT (°C)	Q <sub>air</sub> (kJ/s)	T <sub>f</sub> (°C)	v (m/s)	A (m <sup>2</sup> )	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	C <sub>p</sub> (kJ/kg.K)	$\dot{m}$ (kg/s)	ΔT (°C)	Q <sub>udara</sub> (kJ/s)
17.95	998.71	4.183	0.0000188	0.0187	7.5	0.59	24.00	3.8	0.0144	1.1754	1.0069	0.0643	2.0	0.130
17.95	998.71	4.183	0.0000188	0.0187	6.3	0.49	24.55	3.8	0.0144	1.1728	1.0070	0.0642	1.9	0.123
17.75	998.72	4.183	0.0000188	0.0187	6.7	0.53	24.55	3.8	0.0144	1.1728	1.0070	0.0642	2.5	0.162
17.25	998.74	4.184	0.0000188	0.0187	8.7	0.68	24.40	3.8	0.0144	1.1735	1.0069	0.0642	1.8	0.116
17.10	998.74	4.184	0.0000188	0.0187	8.6	0.67	25.25	3.8	0.0144	1.1696	1.0070	0.0640	1.9	0.122
18.25	998.70	4.183	0.0000188	0.0187	7.3	0.57	25.70	3.8	0.0144	1.1675	1.0070	0.0639	2.2	0.142
17.95	998.71	4.183	0.0000188	0.0187	8.9	0.70	26.40	3.8	0.0144	1.1642	1.0070	0.0637	2.0	0.128
18.75	998.69	4.182	0.0000188	0.0187	7.7	0.60	26.70	3.8	0.0144	1.1628	1.0070	0.0636	2.0	0.128
18.40	998.70	4.182	0.0000188	0.0187	9.0	0.71	26.85	3.8	0.0144	1.1621	1.0070	0.0636	2.3	0.147
18.80	998.68	4.182	0.0000188	0.0187	8.2	0.64	26.10	3.8	0.0144	1.1656	1.0070	0.0638	2.0	0.128
19.35	998.66	4.181	0.0000188	0.0187	8.3	0.65	26.70	3.8	0.0144	1.1628	1.0070	0.0636	1.8	0.115
19.00	998.68	4.182	0.0000188	0.0187	8.8	0.69	26.90	3.8	0.0144	1.1619	1.0070	0.0636	2.4	0.154
19.15	998.67	4.181	0.0000188	0.0187	8.3	0.65	26.60	3.8	0.0144	1.1633	1.0070	0.0637	2.4	0.154



Udara Ruang									Es				$\eta$		
V (m <sup>3</sup> )	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\dot{m}$ (kg)	$\Delta t$ (s)	T <sub>rata2</sub> (°C)	$\Delta T$ (°C)	$\dot{m}$ (kg/s)	C <sub>p</sub> (kJ/kg.K)	Q <sub>ru</sub> (kJ/s)	$\dot{m}$ (kg/s)	$\Delta T$ (°C)	C <sub>p</sub> (kJ/kg.K)	Q <sub>es</sub> (kJ/s)	$\eta_{HE}$ (%)	$\eta_{ru}$ (%)	$\eta_{system}$ (%)
42.144	1.00693	42.436	1800	23.74	0.00	0.0236	1.1766	0.0000	4.63E-04	14.2	4.182	0.182	22.03	0.00	60.48
42.144	1.00694	42.437	1800	24.16	-0.41	0.0236	1.1747	-0.0115	4.63E-04	14.8	4.182	0.183	24.87	-9.34	57.02
42.144	1.00695	42.437	1800	24.60	-0.44	0.0236	1.1726	-0.0122	4.63E-04	14.4	4.182	0.182	30.76	-7.58	75.30
42.144	1.00696	42.437	1800	24.97	-0.37	0.0236	1.1709	-0.0103	4.63E-04	12.9	4.183	0.179	17.06	-8.81	54.99
42.144	1.00696	42.437	1800	25.17	-0.20	0.0236	1.1699	-0.0055	4.63E-04	12.8	4.184	0.179	18.16	-4.51	57.90
42.144	1.00698	42.438	1800	25.97	-0.80	0.0236	1.1662	-0.0220	4.63E-04	14.6	4.182	0.182	24.74	-15.54	65.85
42.144	1.007	42.439	1800	26.84	-0.87	0.0236	1.1621	-0.0239	4.63E-04	13.5	4.182	0.180	18.39	-18.61	60.29
42.144	1.00701	42.440	1800	27.36	-0.51	0.0236	1.1602	-0.0141	4.63E-04	14.9	4.181	0.183	21.24	-10.98	59.46
42.144	1.00703	42.440	1800	27.64	-0.29	0.0236	1.1593	-0.0078	4.63E-04	13.9	4.181	0.181	20.88	-5.30	68.96
42.144	1.00702	42.440	1800	27.39	0.26	0.0236	1.1601	0.0070	4.63E-04	14.7	4.181	0.183	19.99	5.48	59.71
42.144	1.00702	42.440	1800	27.60	-0.21	0.0236	1.1594	-0.0059	4.63E-04	15.2	4.180	0.184	17.74	-5.08	53.37
42.144	1.00702	42.440	1800	27.41	0.19	0.0236	1.16	0.0051	4.63E-04	14.6	4.180	0.182	22.29	3.31	71.49
42.144	1.00702	42.440	1800	27.47	-0.06	0.0236	1.1598	-0.0016	4.63E-04	15.0	4.180	0.183	23.66	-1.02	71.32

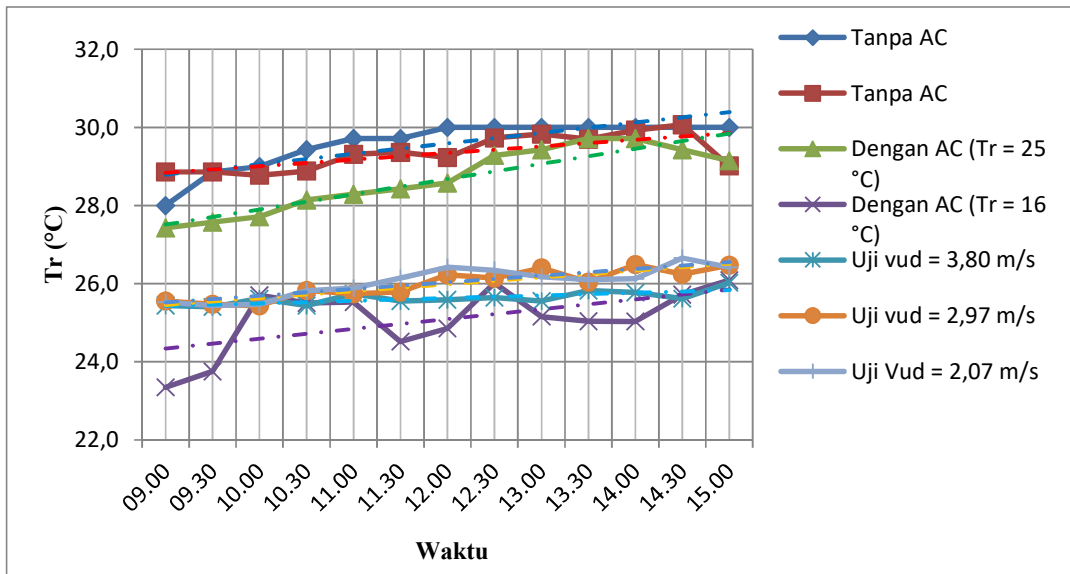


# LAMPIRAN C

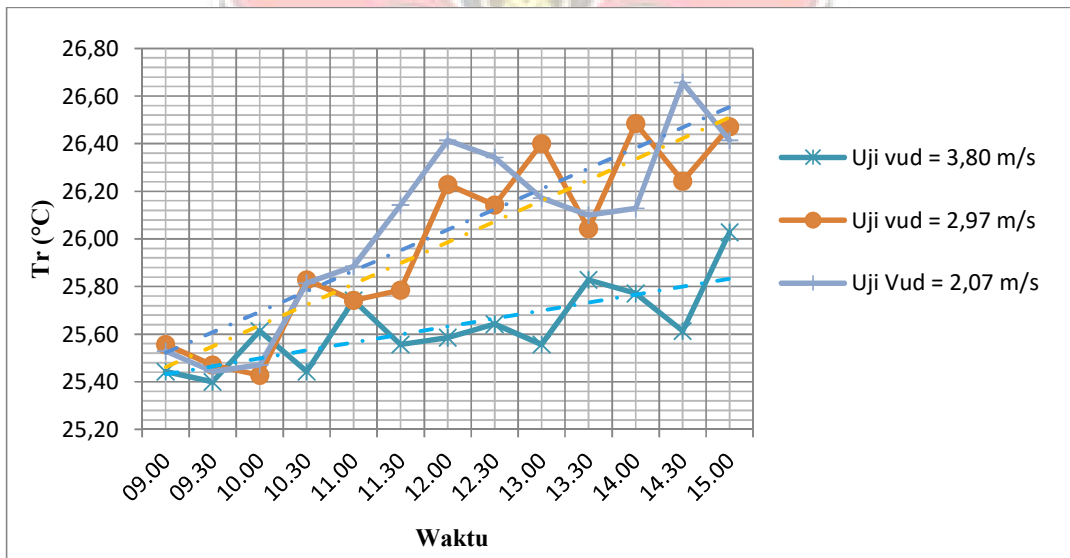
(Grafik Karakteristik Efisiensi)



## GRAFIK HASIL PENGAMATAN TANPA AC DAN AC BER-FREON

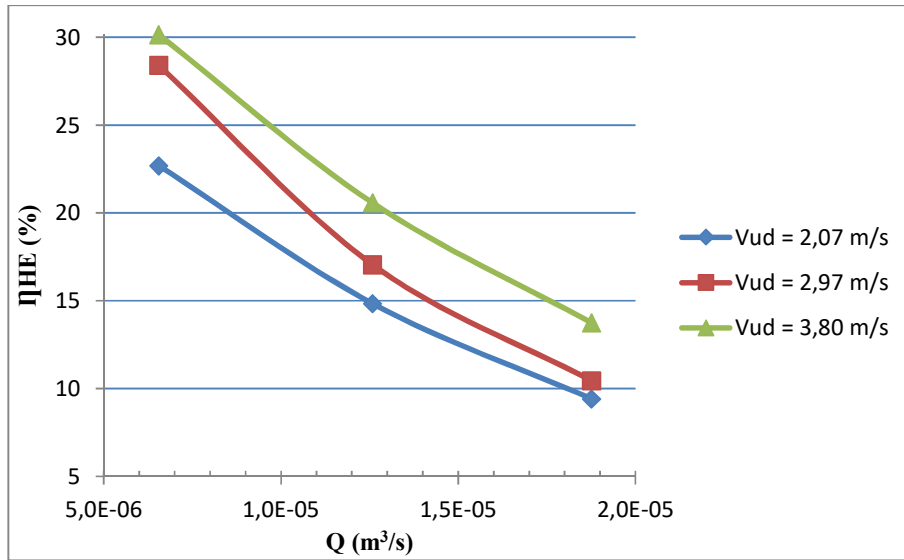


Gambar C.1. Hubungan antara waktu dengan temperatur ruangan ( $T_r$ )

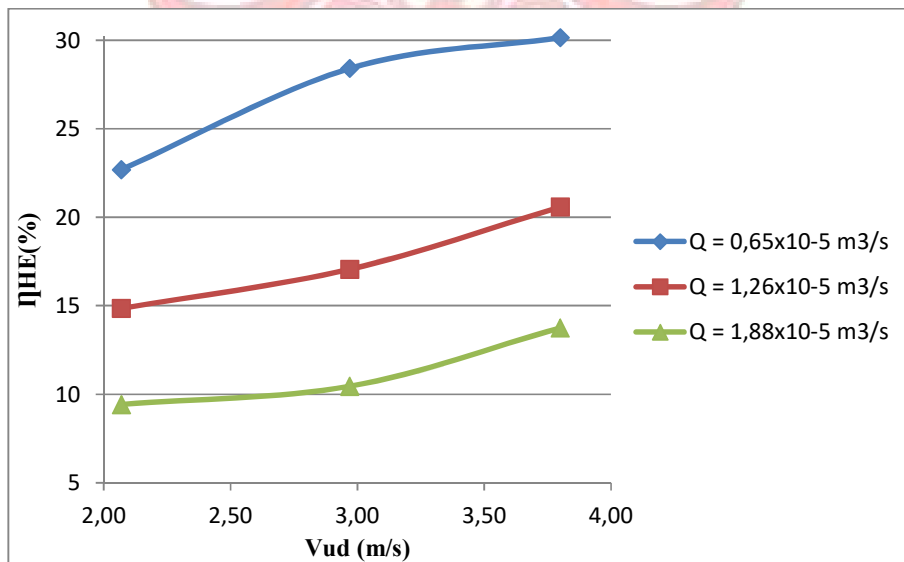


Gambar C.2. Hubungan antara waktu dengan temperature ruangan ( $T_r$ )

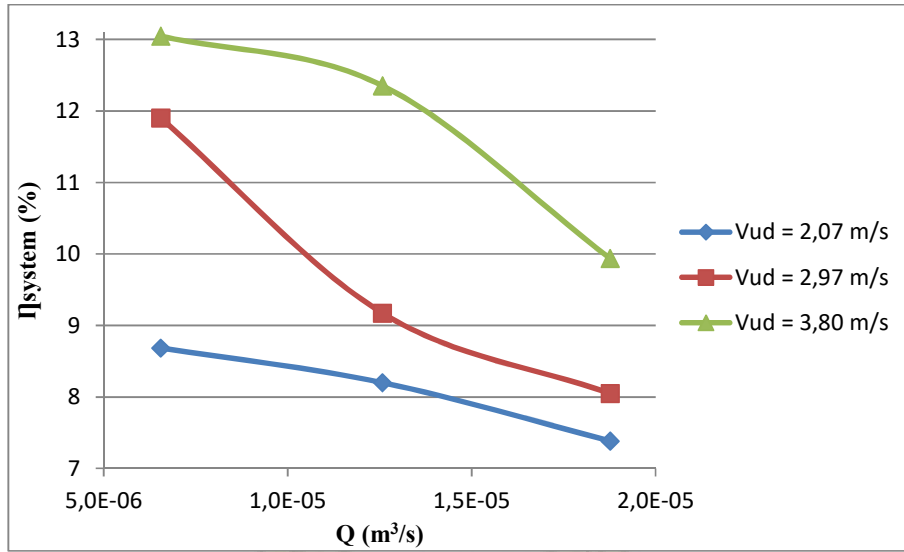
## GRAFIK HASIL PENGAMATAN AC TANPA FREON (UJI SESAAT)



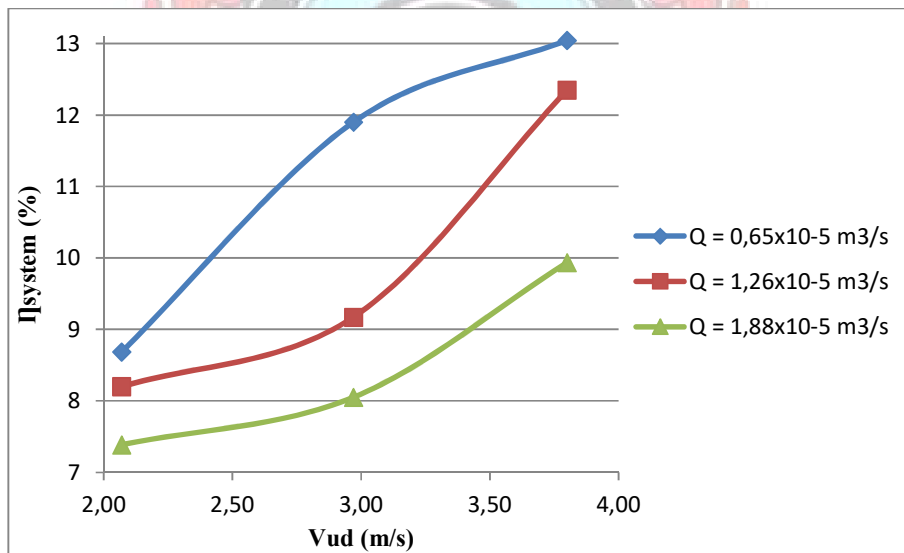
Gambar C.3. Hubungan antara debit air ( $Q_{air}$ ) dengan efisiensi HE ( $\eta_{HE}$ )



Gambar C.4. Hubungan antara kecepatan udara ( $v_{ud}$ ) dengan efisiensi HE ( $\eta_{HE}$ )



Gambar C.5. Hubungan antara debit air ( $Q_{\text{air}}$ ) dengan efisiensi system ( $\eta_{\text{system}}$ )

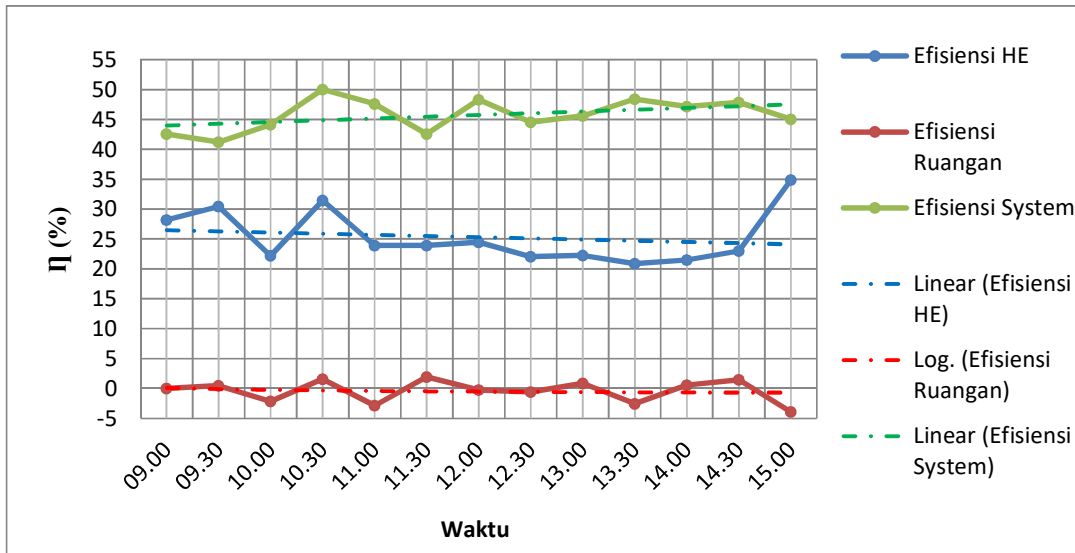


Gambar C.6. Hubungan antara kecepatan udara ( $v_{ud}$ ) dengan efisiensi system ( $\eta_{\text{system}}$ )



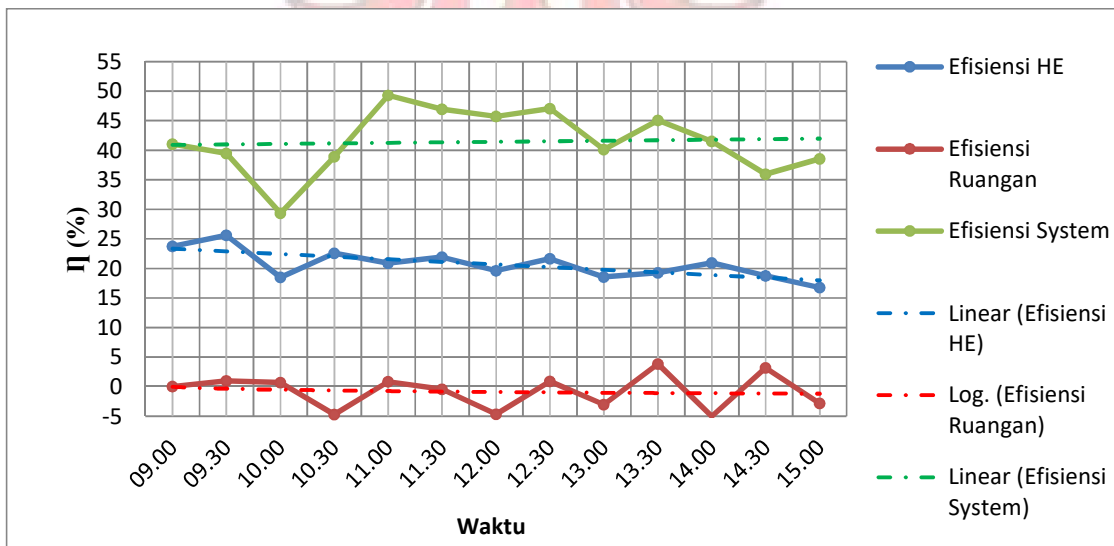
## GRAFIK HASIL PENGAMATAN AC TANPA FREON (UJI HARIAN)

Kecepatan udara maksimum



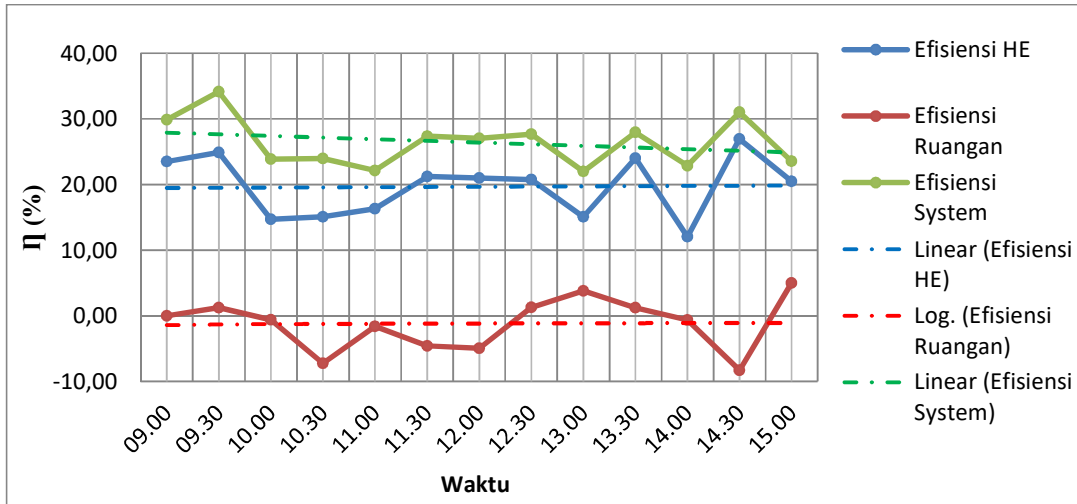
Gambar C.7. Hubungan antara waktu dengan efisiensi ( $\eta$ )

Kecepatan udara sedang

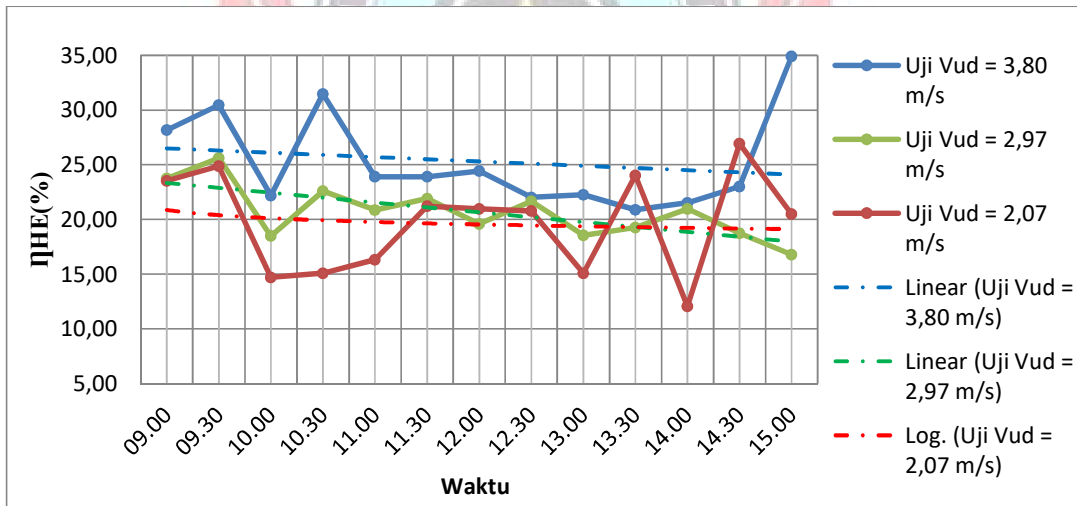


Gambar C.8. Hubungan antara waktu dengan efisiensi ( $\eta$ )

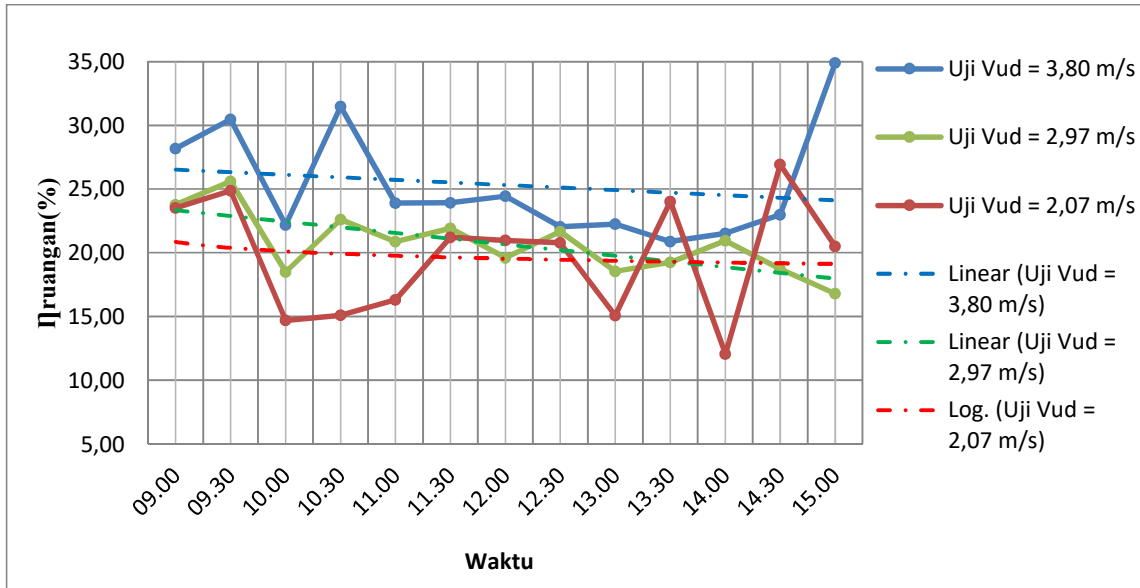
Kecepatan udara minimum



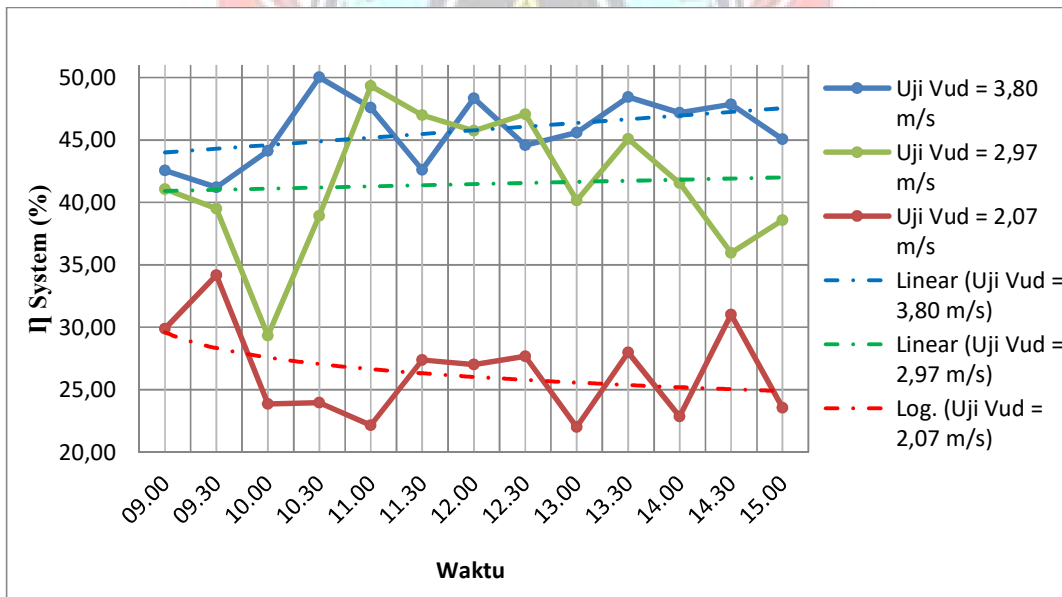
Gambar C.9. Hubungan antara waktu dengan efisiensi (η)



Gambar C.10. Hubungan antara waktu dengan efisiensi HE (ηHE)

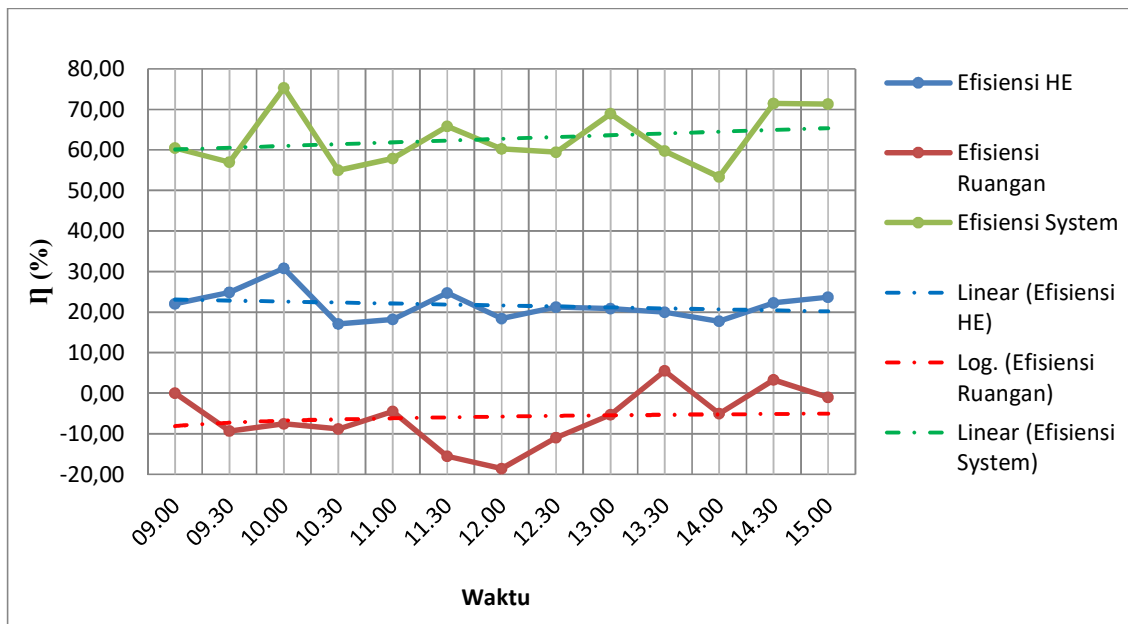


Gambar C.11. Hubungan antara waktu dengan efisiensi ruangan ( $\eta_{ruangan}$ )



Gambar C.12. Hubungan antara waktu dengan efisiensi system ( $\eta_{system}$ )

## GRAFIK HASIL PENGAMATAN AC TANPA FREON DENGAN PENAMBAHAN 1 KG ES TIAP JAM



Gambar C.13. Hubungan antara waktu dengan efisiensi ( $\eta$ )



# LAMPIRAN D

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



**TABEL D.1. SIFAT-SIFAT FISIK AIR DALAM SATUAN SI**

°F	°C	Cp (kJ/kg. °C)	ρ (kg/m.s)	μ (kg/m.s)	k (W/m. °C)	Pr	$\frac{g\beta\rho^2 c_p}{\mu k}$ (1/m <sup>3</sup> . °C)
32	0	4.225	999.8	1.79x 10 <sup>-3</sup>	0.566	13.25	
40	4.44	4.208	999.8	1.55	0.575	11.35	
50	10	4.195	998.2	1.31	0.585	9.40	
60	15.56	4.186	998.6	1.12	0.595	7.88	
70	21.11	4.179	997.4	9.8 x 10 <sup>-4</sup>	0.604	6.78	
80	26.67	4.179	995.8	8.6	0.614	5.85	
90	32.22	4.174	994.9	7.65	0.623	5.12	1.91 x 10 <sup>9</sup>
100	37.78	4.174	993.0	6.82	0.630	4.53	6.34 x 10 <sup>9</sup>
110	43.33	4.174	990.6	6.16	0.637	4.04	1.08 x 10 <sup>10</sup>
120	48.99	4.174	988.8	5.62	0.644	3.64	1.46 x 10 <sup>10</sup>
130	54.44	4.179	985.7	5.13	0.649	3.30	1.91 x 10 <sup>10</sup>
140	60	4.179	983.3	4.17	0.654	3.01	2.48 x 10 <sup>10</sup>
150	65.55	4.183	980.3	4.3	0.659	2.73	3.3 x 10 <sup>10</sup>
160	71.11	4.186	977.3	4.01	0.665	2.53	4.19 x 10 <sup>10</sup>
170	76.67	4.191	973.7	3.72	0.668	2.33	4.89 x 10 <sup>10</sup>
180	82.22	4.195	970.2	3.47	0.673	2.16	5.66 x 10 <sup>10</sup>
190	87.78	4.199	966.7	3.27	0.675	2.03	6.48 x 10 <sup>10</sup>
200	93.33	4.204	963.2	3.06	0.678	1.90	7.62 x 10 <sup>10</sup>
220	104.4	4.216	955.1	2.67	0.684	1.66	8.84 x 10 <sup>10</sup>
240	115.6	4.229	946.7	2.44	0.685	1.51	9.85 x 10 <sup>10</sup>
260	126.7	4.250	937.2	2.19	0.685	1.36	1.09 x 10 <sup>11</sup>
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	$9.51 \times 10^{-5}$			
600	315.6	5.703	678.7	8.68			



**TABEL D.2. SIFAT-SIFAT FISIK UDARA DALAM SATUAN SI**

$t$ (K)	$\rho$ (kg/m.s)	$C_p$ (kJ/kg. °C)	$\mu \cdot 10^7$ (N. s/m <sup>2</sup> )	$\nu \cdot 10^6$ (m <sup>2</sup> /s)	$k$ (W/m. K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m <sup>2</sup> /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

(Gambar-Gambar Alat dan Kegiatan Penelitian)





**Gambar E.1. Anemometer**



**Gambar E.2. Gelas Ukur**



**Gambar E.3. Thermometer**



**Gambar E.4. Thermocouple**



**Gambar E.5. Timbangan digital**



**Gambar E.6. Proses pengeboran besi plat**



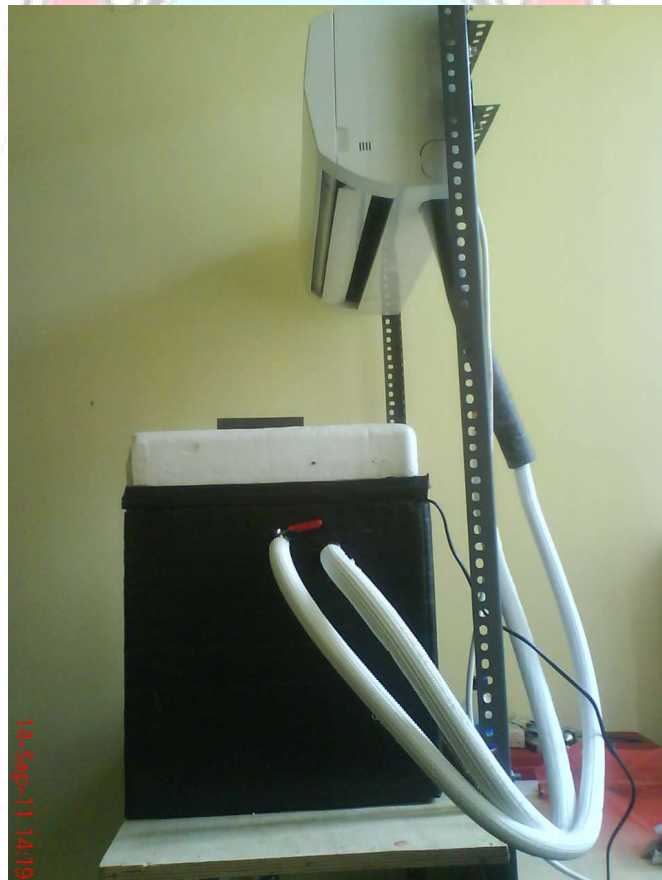
**Gambar E.7. Proses pengecatan besi plat**



**Gambar E.8. Proses pengeleman gabus besi plat**



**Gambar E.9. Proses pemasangan selang pada *Heat Exchanger***



**Gambar E.10. Rangkaian alat penguji (tampak samping)**



**Gambar E.11. Rangkaian alat penguji (tampak depan)**



**Gambar E.12. Box penampungan air dan es**



Gambar E.13. Berat es

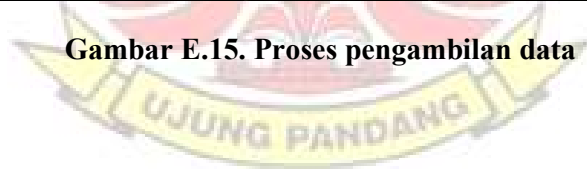


Gambar E.14. Berat gelas ukur

UNIVERSITAS PANGLOSS



**Gambar E.15. Proses pengambilan data**





# LAMPIRAN F

(SPESIFIKASI AC)



- **Jenis AC pada penelitian kali ini**

National Cooling

Model no.	CW-C120FH
Volts	240-220 V
Freq	50 Hz
Max. Input	1,92 kW / 8,9 A
Capacity	3,65 – 3,55 kW
Current	6,7 – 6,7 A
Input	1,46 – 1,41 kW
C.O.P	2,5 – 2,5
Suction	0,7 MPa

- **Jenis AC pada penelitian sebelumnya**

Panasonic

Model no.	CS-PC12DKH-7
Phase	1
Volts	220-240 V
Freq	50 Hz
Refrigerant	R-22
Serial no.	7153639214
Production date	0805
Made in Malaysia	F 104914

