

**STUDI EKSPERIMENTAL PERFORMA REFRIGERAN
HIDROKARBON HCR-134 SEBAGAI PENGGANTI
REFRIGERAN HALOKARBON R-134a
PADA AC KENDARAAN DENGAN MENGGUNAKAN
KOMPRESOR HERMETIK**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik**



Disusun Oleh :

**Fandy Aridha Perbawajaya
NIM. I0411019**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2016**



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS SEBELAS MARET - FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

Jl Ir Sutami No. 36A Ketingan Surakarta Telp. 0271 632163 web: mesin.ft.uns.ac.id

**SURAT TUGAS PEMBIMBING DAN PENGUJI TUGAS AKHIR
PROGRAM SARJANA TEKNIK MESIN UNS**

Program Studi : **S1 Teknik Mesin**

Nomor : **0662/TA/S1/10/2015**

Nama : **FANDY ARIDHA PERBAWAJAYA**
NIM : **10411019**
Bidang : **Konversi Energi**
Pembimbing 1 : **Dr. BUDI SANTOSO, ST, MT/197011052000031001**
Pembimbing 2 : **D. DANARDONO, ST, MT, PhD/196905141999031001**
Penguji : **1. DR ENG. SYAMSUL HADI, ST,MT/ 197106151998021002**
2. Dr. BUDI KRISTIAWAN, ST., MT./ 197104251999031001
3. /

Mata Kuliah Pendukung

- 1. TEKNIK REFRIGERASI (MS06023-10)**
- 2. POMPA DAN KOMPRESOR (MS06103-10)**
- 3. PENUKAR KALOR (MS06113-10)**

Judul Tugas Akhir

**"STUDI EKSPERIMENTAL PERFORMA REFRIGERAN
HIDROKARBON HCR-134 SEBAGAI PENGGANTI
REFRIGERAN HALOKARBON R-134a PADA AC
KENDARAAN DENGAN MENGGUNAKAN KOMPRESOR
HERMETIK"**



Surakarta, **2015-10-16 13:36:08**

Kepala Program Studi S1 Teknik Mesin,

DR ENG. SYAMSUL HADI, ST,MT
NIP. 197106151998021002

Tembusan :

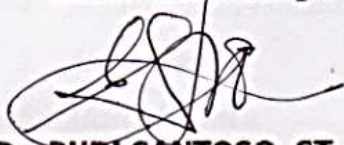
1. Mahasiswa ybs.
2. Dosen Pembimbing TA ybs.
3. Koordinator TA.
4. Arsip.

**STUDI EKSPERIMENTAL PERFORMA REFRIGERAN HIDROKARBON
HCR-134 SEBAGAI PENGGANTI REFRIGERAN HALOKARBON R-134a
PADA AC KENDARAAN DENGAN MENGGUNAKAN KOMPRESOR
HERMETIK**

Disusun Oleh

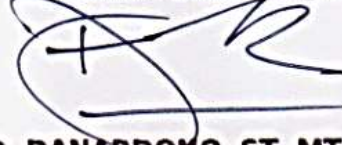
FANDY ARIDHA PERBAWAJAYA
NIM : 10411019

Dosen Pembimbing 1



Dr. BUDI SANTOSO, ST, MT
NIP. 197011052000031001

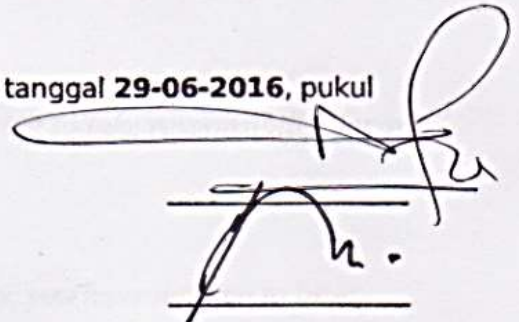
Dosen Pembimbing 2



D. DANARDOMO, ST, MT, PhD
NIP. 196905141999031001

Telah dipertahankan di depan Tim Dosen Penguji pada tanggal **29-06-2016**, pukul **10:00:00**, bertempat di **M.101, Gd.1 FT-UNS**.

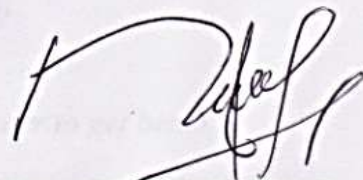
1. DR ENG. SYAMSUL HADI, ST,MT
197106151998021002
2. Dr. BUDI KRISTIAWAN, ST., MT.
197104251999031001



Kepala Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret
Surakarta

DR ENG. SYAMSUL HADI, ST,MT
NIP. 197106151998021002

Koordinator Tugas Akhir



DR. NURUL MUHAYAT, ST,MT
NIP. 197003231998021001

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah rabbil 'alamin, dengan mengucap rasa syukur kepada Allah SWT, karya sederhana ini penulis persembahkan kepada:

- 1. Bapak Heri Basuki dan Ibu Marti Winarni, kedua orang tua-ku yang telah membesarkan, mendidik, mendoakan dan menjadi sumber inspirasi.*
- 2. Kakakku Dyah Irma Mustikasari, yang selalu mendukung, mendoakan dan membagikan pengalamam berharganya.*
- 3. Keluarga besar Mbah Samsuri Harsowiryatmo dan Buyut Atmo Musiran, terima kasih atas doa dan dukungannya selama ini.*
- 4. Semua teman-temanku.*
- 5. Almamaterku.*
- 6. Masa depanku.*

MOTTO

“Take responsibility for yourself because no one’s going to take responsibility for you”
(Tyra Banks)

“When you do the right things in the right way, you have nothing to lose because you have nothing to fear.”
(Zig Ziglar)

“Karena sesungguhnya, sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya, sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”
(Q.S. Al-Insyirah : 5-6)

“Work hard to get good, then work harder to get better”
(José Mourinho)

“Kesuksesan adalah resultan dari usaha dan doa”
(Penulis)

STUDI EKSPERIMENTAL PERFORMA REFRIGERAN HIDROKARBON HCR-134 SEBAGAI PENGGANTI REFRIGERAN HALOKARBON R-134a PADA AC KENDARAAN DENGAN MENGGUNAKAN KOMPRESOR HERMETIK

Fandy Aridha Perbawajaya

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

email : fandy_aridha@yahoo.co.id

Abstrak

Pemanasan global menjadi salah satu ancaman terbesar bumi akhir-akhir ini. Pemanasan global dipicu oleh menipisnya lapisan ozon maupun adanya gas-gas efek rumah kaca di atmosfer. Di Indonesia, penggunaan refrigeran halokarbon yang memicu pemanasan global masih banyak ditemukan, khususnya pada sistem AC kendaraan yang menggunakan R-134a. *Hydrofluorocarbon* (HFC) R-134a mempunyai nilai GWP yang besar (1300, $\text{CO}_2=1$) sehingga berdampak besar terhadap pemanasan global. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengkajian alternatif refrigeran halokarbon dengan menggunakan refrigeran hidrokarbon (HC) yang mempunyai GWP kecil (3, $\text{CO}_2=1$).

Pengujian eksperimental performa sistem refrigerasi dengan menggunakan hidrokarbon HC R-134 dan halokarbon HFC R-134a telah dilakukan. Tujuan dari penelitian ini adalah mencari hubungan kapasitas refrigerasi dengan efek refrigerasi (RE), koefisien prestasi refrigerasi (COP) dan faktor energi (EF) serta membandingkannya antara HC dan HFC pada temperatur yang sama. Jumlah massa refrigeran yang dimasukkan ke sistem adalah 375g untuk HFC dan 210g untuk HC. Penelitian dilaksanakan dengan variasi 4 tipe pelepasan kalor dan 4 tingkat penyerapan kalor, sehingga terdapat 16 kombinasi untuk satu pengujian refrigeran. Setiap kombinasi diukur 19 data yang secara umum terdiri dari temperatur, tekanan, kecepatan aliran udara, kuat arus listrik dan tegangan listrik. Kemudian dicari tiga parameter utama performa sistem refrigerasi, yaitu RE, COP dan EF. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa RE, COP dan EF akan semakin meningkat seiring dengan peningkatan kapasitas refrigerasi, baik untuk HC maupun HFC. RE HC mempunyai nilai hampir dua kali lipat lebih tinggi daripada HFC. Nilai COP HC lebih tinggi 36,42% dari HFC. Sedangkan nilai EF HC lebih tinggi 3,78% dari HFC.

Kata kunci : performa, HC, HFC, R-134a, penyerapan kalor, pelepasan kalor, RE, COP, EF

EXPERIMENTAL STUDY OF HYDROCARBON REFRIGERANT HCR-134 PERFORMANCES AS A REPLACEMENT OF HALOCARBON REFRIGERANT R-134a IN AUTOMOTIVE AIR CONDITIONING SYSTEM USING HERMETIC COMPRESSOR

Fandy Aridha Perbawajaya

Departement of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering,
Sebelas Maret University
email : fandy_aridha@yahoo.co.id

Abstract

Global warming is one of the biggest threats to earth nowadays. Global warming is triggered by the depletion of ozone layer and greenhouse effect gaseous in the atmosphere. In Indonesia, the use of halocarbon refrigerants that leads to global warming is still found, particularly on air-conditioning systems of vehicles using R-134a. The Hydrofluorocarbon (HFC) R-134a has a big GWP (1300, $\text{CO}_2=1$) so it impacts to global warming. Therefore, it is necessary to study the alternative of halocarbon refrigerants using hydrocarbon (HC) refrigerants that have a small GWP (3, $\text{CO}_2=1$).

Experimental test of the performances on refrigeration system using hydrocarbon HC R-134 and halocarbon HFC R-134a has been done. The purpose of this research is not only to find a relationship of cooling capacity with refrigeration effect (RE), refrigeration coefficient of performance (COP) and the energy factor (EF), but also to compare them between HC and HFC at the same temperatures. The amount of refrigerant mass entered into the system is 375g and 210g for HFC and HC, respectively. The experiment is conducted with 4 variations of heat absorption rate and 4 types of heat rejection rate, so there are 16 combinations for the testing of one refrigerant. Each combination is measured to 19 data which generally consist of temperature, pressure, air velocity, electricity currents and voltage. Then, three main parameters of refrigeration system performances, RE, COP and EF, will be calculated. The result shows that RE, COP and EF will increase along with the increasing of cooling capacity, both for HC and HFC. The RE of HC is almost twice higher than HFC. The COP value of HC is also 36,42% greater than HFC. Then, the EF value of HC is 3,78% greater than HFC.

Keywords : performances, hydrocarbon, HFC, R-134a, heat absorption, heat rejection, RE, COP, EF

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat ALLAH SWT, karena atas rahmat dan karunia-NYA, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini yang berjudul “Studi Eksperimental Performa Refrigeran Hidrokarbon HCR-134 sebagai Pengganti Refrigeran Halokarbon R-134a pada AC Kendaraan dengan Menggunakan Kompresor Hermetik” dengan lancar dan tepat waktu.

Skripsi merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan jenjang pendidikan Strata Satu (S-1) di Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret. Skripsi ini juga disusun guna memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik. Penyusunan skripsi ini tidak akan berjalan lancar tanpa bantuan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini, yang secara khusus penulis tujukan kepada :

1. Bapak Dr.Eng. Syamsul Hadi, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret sekaligus bertindak sebagai reviewer tugas akhir.
2. Bapak Dr. Budi Santoso, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang senantiasa mengarahkan dan memberi semangat kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Bapak Dominicus Danardono, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing II dan Dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberi nasihat untuk berani melangkah maju dalam perkembangan diri penulis menjadi lebih baik.
4. Bapak Dr. Budi Kristiawan, S.T., M.T. selaku reviewer skripsi yang juga memberi masukan yang baik untuk perbaikan penulis ke depan.
5. Bapak Dr. Nurul Muhyat, S.T., M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir.
6. Seluruh Dosen serta Staf di Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret yang telah mendidik dan membantu penulis hingga menyelesaikan studi S-1.
7. Ibu, Bapak dan kakak tercinta yang tak kenal lelah memberikan doa, senyuman, dukungan moral dan finansial, serta motivasi kepada penulis.
8. Sahabat saya, Fauzy Rahman Amrullah dan Fadil Rizkiyanda yang tergabung dalam Tim Refrigerasi atas pengorbanan dan kerjasamanya saat penelitian.

9. Sang Duo laboran, Mas Rohmat dan Mas Sholikin, yang selalu direpoti dengan segala urusan mengenai dunia AC mobil di Lab. Motor Bakar dan Otomotif.
10. Rekan-rekan S-1 Teknik Mesin angkatan 2011 (MechEng Sebelas) UNS.
11. Seluruh mahasiswa dan alumni Teknik Mesin UNS. Saya bangga menjadi bagian dari keluarga besar KMTM.
12. Ibu Sang Riyanti, Agen Musicool Surakarta, yang telah banyak membantu memberikan informasi dan referensi terkait dengan refrigeran hidrokarbon.
13. Miss Elmidya, thanks for your help about English. Without you, I can't be so fluent.
14. Sahabat Kos Domino yang telah menjadi keluarga selama di Solo.
15. Senioraku, Mas Aan dan Mas Diky yang memberikan wawasan dan sharing tentang dunia Teknik Mesin. Makasih buat sharing buku-buku kuliahnya juga.
16. Dan tak lupa untuk yang terkasih, Rr. Rizqi Saphira Nurani yang sabar untuk selalu mendoakan dan memberikan motivasi.
17. Serta semua pihak yang telah berperan dan tak dapat disebutkan satu-persatu.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis merasa masih banyak kekurangan, baik pada teknis penulisan maupun konten materi yang tersedia. Untuk itu, kritik dan saran dari semua pihak penulis harapkan demi penyempurnaan mendatang.

Akhirnya, penulis berharap semoga ALLAH SWT. memberikan imbalan yang setimpal kepada mereka yang telah membantu. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan pihak-pihak yang berkompeten.

Surakarta, Juli 2016

Penulis

DAFTAR ISI

Abstrak.....	v
Kata Pengantar.....	vii
Daftar Isi.....	ix
Daftar Tabel.....	xi
Daftar Gambar.....	xii
Daftar Rumus.....	xiv
Daftar Notasi.....	xv
Daftar Lampiran.....	xvi
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latarbelakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
1.8. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II. LANDASAN TEORI	
2.1. Kajian Pustaka.....	5
2.2. Dasar Teori.....	8
2.2.1. Refrigerator dan sistem refrigerasi.....	8
2.2.2. Evaluasi prinsip kerja dan perpindahan kalor sistem refrigerasi.....	11
2.2.3. Performa sistem refrigerasi.....	13
2.2.4. Refrigeran.....	15
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Lokasi Penelitian.....	25
3.2. Bahan Penelitian.....	25
3.2.1. Refrigeran hidrokarbon (HC R-134).....	25
3.2.2. Refrigeran halokarbon (HFC R-134a).....	25
3.3. Alat Penelitian.....	26
3.3.1. Sistem refrigerasi AC mobil.....	26
3.3.2. Komponen kelistrikan.....	28
3.3.3. Instrumen pengukuran.....	29
3.3.4. Peralatan penunjang lainnya.....	31
3.4. Prosedur Penelitian.....	32
3.4.1. Tahap persiapan.....	32
3.4.1. Tahap pengoperasian.....	34
3.4.1. Tahap pengambilan data.....	34
3.4. Analisa Data.....	36
3.4. Diagram Alir Proses Penelitian.....	37

BAB IV. DATA DAN ANALISIS	
4.1. Data Hasil Pengujian.....	38
4.1.1. Data temperatur dan tekanan refrigeran.....	38
4.1.2. Data evaporator.....	39
4.1.3. Data kondensor dan kompresor.....	39
4.2. Data Hasil Perhitungan.....	40
4.2.1. Data properti refrigeran.....	40
4.2.2. Data properti udara dan kapasitas refrigerasi.....	41
4.2.3. Data total konsumsi daya listrik.....	43
4.2.4. Data performa sistem refrigerasi.....	45
4.3. Analisis.....	46
4.3.1. Hubungan kapasitas refrigerasi dengan efek refrigerasi pada variasi pelepasan kalor.....	46
4.3.2. Perbandingan efek refrigerasi antara HC dan HFC.....	48
4.3.3. Hubungan kapasitas refrigerasi dengan koefisien prestasi pada variasi pelepasan kalor.....	51
4.3.4. Perbandingan koefisien prestasi antara HC dan HFC.....	52
4.3.5. Hubungan kapasitas refrigerasi dengan faktor energi pada variasi pelepasan kalor.....	55
4.3.6. Perbandingan faktor energi antara HC dan HFC.....	57
 BAB V. PENUTUP	
5.1. Kesimpulan.....	61
5.2. Saran.....	61
 Daftar Pustaka.....	63
Lampiran.....	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Penggolongan refrigeran dalam aspek keamanan berdasarkan ANSI/ASHRAE 34-1997.....	17
Tabel 2.2.	Perbandingan ODP dan GWP berbagai refrigeran.....	18
Tabel 3.1.	Perbandingan sifat termodinamika HC R-134 dan HFC R-134a.....	25
Tabel 3.2.	Perbandingan sifat fisika HC R-134 dan HFC R-134a.....	26
Tabel 3.3.	Matriks penelitian.....	34
Tabel 3.4.	Keterangan diagram titik pengukuran dan instrumentasinya	35
Tabel 4.1.	Data temperatur dan tekanan refrigeran pada penyerapan kalor tingkat-I.....	38
Tabel 4.2.	Data evaporator pada penyerapan kalor tingkat-I.....	39
Tabel 4.3.	Data kondensor dan kompresor pada penyerapan kalor tingkat-I.....	39
Tabel 4.4.	Data properti refrigeran pada penyerapan kalor tingkat-I.....	41
Tabel 4.5.	Data properti udara dan kapasitas refrigerasi pada penyerapan kalor tingkat-I.....	43
Tabel 4.6.	Data total konsumsi daya listrik pada penyerapan kalor tingkat-I.....	44
Tabel 4.7.	Data performa sistem refrigerasi pada penyerapan kalor tingkat-I.....	46
Tabel 4.8.	Perbandingan efek refrigerasi HC dan HFC pada temperatur yang sama.....	48
Tabel 4.9.	Perbandingan koefisien prestasi HC dan HFC pada temperatur yang sama.....	52
Tabel 4.10.	Perbandingan faktor energi HC dan HFC pada temperatur yang sama.....	58
Tabel 4.11.	Perbandingan total konsumsi daya listrik HC dan HFC pada temperatur yang sama.....	58

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Skema alat uji penelitian (a) Wongwises <i>et al</i> (b) Jwo <i>et al</i> .	6
Gambar 2.2.	Skema alat uji penelitian Perang <i>et al</i>	7
Gambar 2.3.	(a) Skema alat uji penelitian Yu dan Teng (b) Sistem AC kendaraan penelitian Wellid <i>et al</i>	8
Gambar 2.4.	Permodelan sistem refrigerasi kompresi uap satu tingkat.....	9
Gambar 2.5.	Diagram proses siklus ideal (a) tekanan - entalpi (b) temperatur - entropi.....	10
Gambar 2.6.	Diagram proses siklus aktual (a) tekanan - entalpi (b) temperatur - entropi.....	10
Gambar 2.7.	Klasifikasi refrigeran.....	19
Gambar 3.1.	Skema proses refrigerasi.....	26
Gambar 3.2.	Rangkaian alat pengujian.....	32
Gambar 3.3.	Diagram titik pengukuran pada alat uji.....	35
Gambar 3.4.	Diagram alir proses penelitian.....	37
Gambar 4.1.	Perubahan efek refrigerasi terhadap kapasitas refrigerasi pengujian HC R-134.....	47
Gambar 4.2.	Perubahan efek refrigerasi terhadap kapasitas refrigerasi pengujian HFC R-134a.....	47
Gambar 4.3.	Fenomena subcooling titik 3 pada pengujian HC R-134.....	49
Gambar 4.4.	Perbandingan efek refrigerasi HCR-134 dan HFC R-134a pada temperatur udara keluaran <i>blower</i> evaporator yang sama.....	50
Gambar 4.5.	Perbandingan rata-rata efek refrigerasi HCR-134 dan HFC R-134a.....	50
Gambar 4.6.	Perubahan koefisien prestasi terhadap kapasitas refrigerasi pengujian HC R-134.....	51
Gambar 4.7.	Perubahan koefisien prestasi terhadap kapasitas refrigerasi pengujian HFC R-134a.....	51
Gambar 4.8.	Fenomena penurunan T_2 pada pengujian HC R-134.....	53
Gambar 4.9.	Perbandingan koefisien prestasi HCR-134 dan HFC R-134a pada temperatur udara keluaran <i>blower</i> evaporator yang sama.....	54
Gambar 4.10.	Perbandingan rata-rata koefisien prestasi HCR-134 dan HFC R-134a.....	54
Gambar 4.11.	Perubahan faktor energi terhadap kapasitas refrigerasi pengujian HC R-134.....	55
Gambar 4.12.	Perubahan faktor energi terhadap kapasitas refrigerasi pengujian HFC R-134a.....	56
Gambar 4.13.	Perubahan total konsumsi daya listrik terhadap kapasitas refrigerasi pengujian HC R-134.....	56
Gambar 4.14.	Perubahan total konsumsi daya listrik terhadap kapasitas refrigerasi pengujian HFC R-134a.....	57

Gambar 4.15.	Perbandingan faktor energi HCR-134 dan HFC R-134a pada temperatur udara keluaran <i>blower</i> evaporator yang sama.....	59
Gambar 4.16.	Perbandingan total konsumsi daya listrik HCR-134 dan HFC R-134a pada temperatur udara keluaran <i>blower</i> evaporator yang sama.....	59
Gambar 4.17.	Perbandingan rata-rata faktor energi HCR-134 dan HFC R-134a.....	60
Gambar 4.18.	Perbandingan rata-rata total konsumsi daya listrik HCR-134 dan HFC R-134a.....	60

DAFTAR RUMUS

Persamaan 2.1.	Laju penyerapan kalor refrigeran persatuan massa.....	11
Persamaan 2.2.	Kapasitas refrigerasi.....	11
Persamaan 2.3.	Penurunan persamaan kapasitas refrigerasi (I).....	11
Persamaan 2.4.	Penurunan persamaan kapasitas refrigerasi (II).....	11
Persamaan 2.5.	Daya kompresi persatuan massa.....	12
Persamaan 2.6.	Daya kompresi menggunakan kompresor hermetik.....	12
Persamaan 2.7.	Laju pelepasan kalor refrigeran persatuan massa.....	12
Persamaan 2.8.	Proses ekspansi dengan entalpi tetap.....	13
Persamaan 2.9.	Efek refrigerasi.....	13
Persamaan 2.10.	Koefisien prestasi refrigerasi.....	14
Persamaan 2.11.	Penurunan persamaan koefisien prestasi refrigerasi (I)...	14
Persamaan 2.12.	Faktor energi.....	14
Persamaan 2.13.	Total konsumsi daya listrik.....	14
Persamaan 2.14.	Penurunan persamaan total konsumsi daya listrik (I).....	14

DAFTAR NOTASI

A	Luas penampang (m^2)
h	Entalpi spesifik (kJ/kg)
$h_{a,in}$	Entalpi spesifik udara masuk saluran (kJ/kg)
$h_{a,out}$	Entalpi spesifik udara keluar saluran (kJ/kg)
h_{fg}	Entalpi spesifik penguapan (kJ/kg)
I_c	Kuat arus listrik kompresor (Ampere)
I_e	Kuat arus listrik evaporator (Ampere)
I_k	Kuat arus listrik kondensator (Ampere)
P	Tekanan (Pa)
P_1	Tekanan titik 1 atau sisi hisap kompresor (Pa)
P_2	Tekanan titik 2 atau sisi keluaran kompresor (Pa)
P_3	Tekanan titik 3 atau sisi keluaran kondensator (Pa)
s	Entropi spesifik (kJ/kg. $^{\circ}C$)
T	Temperatur ($^{\circ}C$)
T_1	Temperatur titik 1 atau sisi hisap kompresor ($^{\circ}C$)
T_2	Temperatur titik 2 atau sisi keluaran kompresor ($^{\circ}C$)
T_3	Temperatur titik 3 atau sisi keluaran kondensator ($^{\circ}C$)
T_4	Temperatur titik 4 atau sisi keluaran katup ekspansi ($^{\circ}C$)
T_{db}	Temperatur bola kering ($^{\circ}C$)
T_{wb}	Temperatur bola basah ($^{\circ}C$)
v_a	Kecepatan aliran udara di saluran evaporator (m/s)
v_k	Kecepatan aliran udara di saluran kondensator (m/s)
V_c	Tegangan listrik kompresor (Volt)
V_e	Tegangan listrik evaporator (Volt)
V_k	Tegangan listrik kondensator (Volt)
w_c	Daya kompresi spesifik (kJ/kg)
W_c	Daya listrik kompresor (W)
W_e	Daya listrik evaporator (W)
W_k	Daya listrik kondensator (W)
W_{tot}	Daya listrik total (W)
η	Efisiensi global kompresor (-)
ρ_a	Massa jenis udara (kg/m^3)
•	
\dot{Q}_{in}	Laju penyerapan kalor refrigeran atau kapasitas refrigerasi (W)
•	
\dot{Q}_{out}	Laju pelepasan kalor (W)
•	
\dot{m}_{ref}	Laju aliran massa refrigeran (kg/s)
•	
\dot{m}_a	Laju aliran massa udara (kg/s)
•	
\dot{W}_{in}	Daya kompresi (W)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Properties HC R-134 data sheet.....	66
Lampiran 2.	Properties HFC R-134a data sheet.....	67
Lampiran 3.	Diagram tekanan (P) – entalpi (h) HC R-134.....	68
Lampiran 4.	Diagram tekanan (P) – entalpi (h) HFC R-134a.....	69
Lampiran 5.	Diagram P-h siklus refrigerasi HC R-134 dengan variasi penyerapan kalor tingkat I.....	70
Lampiran 6.	Diagram P-h siklus refrigerasi HC R-134 dengan variasi penyerapan kalor tingkat II.....	71
Lampiran 7.	Diagram P-h siklus refrigerasi HC R-134 dengan variasi penyerapan kalor tingkat III.....	72
Lampiran 8.	Diagram P-h siklus refrigerasi HC R-134 dengan variasi penyerapan kalor tingkat IV.....	73
Lampiran 9.	Diagram P-h siklus refrigerasi HFC R-134a dengan variasi penyerapan kalor tingkat I.....	74
Lampiran 10.	Diagram P-h siklus refrigerasi HFC R-134a dengan variasi penyerapan kalor tingkat II.....	75
Lampiran 11.	Diagram P-h siklus refrigerasi HFC R-134a dengan variasi penyerapan kalor tingkat III.....	76
Lampiran 12.	Diagram P-h siklus refrigerasi HFC R-134a dengan variasi penyerapan kalor tingkat IV.....	77
Lampiran 13.	Data temperatur dan tekanan refrigeran.....	78
Lampiran 14.	Data evaporator.....	79
Lampiran 15.	Data kondensor dan kompresor.....	80
Lampiran 16.	Data properti refrigeran.....	81
Lampiran 17.	Data properti udara dan kapasitas refrigerasi.....	82
Lampiran 18.	Data total konsumsi daya listrik.....	83
Lampiran 19.	Data performa sistem refrigerasi.....	84
Lampiran 20.	Perhitungan Efisiensi Isentropik Kompresor.....	85
Lampiran 21.	Dokumentasi alat dan bahan penelitian.....	87