



**PENGARUH VARIASI LUASAN SIRIP KONDENSOR
TERHADAP PRESTASI KERJA MESIN PENDINGIN
MENGUNAKAN REFRIGERAN LPG**

SKRIPSI

Oleh
Hasby Rabullah
NIM 101910101045

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2014**



**PENGARUH VARIASI LUASAN SIRIP KONDENSOR
TERHADAP PRESTASI KERJA MESIN PENDINGIN
MENGUNAKAN REFRIGERAN LPG**

PROPOSAL SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

Hasby Rabullah
NIM 101910101045

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2014**

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan keridhoan Allah Subhnanu wata'ala atas curahan rahmat, nikmat, hidayatnya yang tiada henti sehingga karya tulis dalam bentuk skripsi yang sederhana ini dapat selesai. Dengan rasa bangga dan keindahan hati skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Nur Cholifah dan Ayahanda Sukarji yang tecinta. Terima kasih atas semua cinta, kasih sayang, pengorbanan, perhatian, doa, motivasi dan bimbingan serta didikan yang selalu tiada henti-hentinya tercurahkan untuk ananda, serta mohon maaf atas segala kesalahan ananda yang pernah dilakukan;
2. Nenekku Sunanik dan Almarhum Kakekku Munawi terima kasih telah mengajarkanku cara menjalani hidup dan atas doa yang telah dicurahkan sampai saat ini;
3. Adik-adikku yang kusayangi dan kucintai, Mochammad Fauzi dan Savira Meigea Putri. Mari kita raih keinginan yang terbaik dan tetap semangat wujudkan impian orang tua agar ayah dan ibu kita bahagia di dunia dan akhirat nanti;
4. Semua guru dari taman kanak-kanak sampai perguruan tinggi. Tiada ilmu yang saya dapatkan tanpa perantara Bapak-Ibu, terima kasih banyak untuk semuanya;
5. Dosen-dosen Jurusan Teknik Mesin yang telah banyak membantu dan memberikan ilmu kepadaku.
6. DPU serta DPA, Bapak Ir.Digdo Listyadi S., M.Sc. dan Bapak Ir. Dwi Djumharyanto, M.T. yang amat sangat membantu dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai.
7. Parner-patner skripsiku Eko Widodo terima kasih atas kerja samanya yang diberikan baik berupa tenaga maupun pikiran dalam menyelesaikan penelitian skripsi ini.

8. Keluarga besar “Mech-X” Teknik Mesin Angkatan 2010 yang telah memberikan bantuan dan semangat.
9. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember yang selalu kubanggakan;
10. Dan seluruh pihak yang telah mendukung yang tak dapat kusebutkan satu persatu

MOTO

“Barang siapa menempuh suatu jalan untuk mencari ilmu,
maka Allah memudahkannya mendapat jalan ke surga”

(H.R Muslim)

“Barang siapa yang keluar dalam menuntut ilmu maka ia adalah seperti
berperang di jalan Allah hinggang pulang”

(H.R.Tirmidzi)

“Waktu itu bagaikan pedang, jika kamu tidak memanfaatkannya
menggunakan untuk memotong, ia akan memotongmu (menggilasmu)”

(H.R. Muslim)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hasby Rabullah

NIM : 101910101045

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Pengaruh Variasi Luasan Sirip Kondensor terhadap Prestasi Kerja Mesin Pendingin menggunakan Refrigeran LPG” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Dengan demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapatkan sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 22 Mei 2014

Yang menyatakan,

Hasby Rabullah
NIM 101910101045

SKRIPSI

PENGARUH VARIASI LUASAN SIRIP KONDENSOR TERHADAP PRESTASI KERJA MESIN PENDINGIN MENGUNAKAN REFRIGERAN LPG

Oleh

Hasby Rabullah

NIM 101910101045

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh Variasi Luasan Sirip Kondensor terhadap Prestasi Kerja Mesin Pendingin menggunakan Refrigeran LPG” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : Kamis, 22 Mei 2014

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Ir. Digdo Listyadi S., M.Sc.
NIP 19680617 199501 1 001

Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T.
NIP 19600812 199802 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Dr. Nasrul Iminnafik, S.T., M.T.
NIP 19711114 199903 1 002

Dedi Dwilaksana, S.T., M.T.
NIP 19691201 199602 1 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember

Ir. Widyono Hadi, M.T.
NIP 196104141989021001

RINGKASAN

Pengaruh Variasi Luasan Sirip Kondensor terhadap Prestasi Kerja Mesin Pendingin menggunakan Refrigeran LPG; Hasby Rabullah, 101910101045; 2014: 62 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Mesin pendingin saat ini berkembang pesat, contohnya adalah Kulkas, *Freezer*, dan AC. Tetapi semakin meningkatnya kebutuhan akan mesin pendingin, akan berpotensi besar terjadinya pemanasan global dan kerusakan ozon yang dikarenakan refrigeran atau fluida kerja yang biasa digunakan dalam mesin pendingin sebagian besar menggunakan CFC (*ChloroFlouro Carbon*). Refrigeran CFC tersebut jika berada di lingkungan akan bereaksi dengan ozon sehingga jumlah ozon di atmosfer berkurang, lebih parah lagi dapat menimbulkan lubang pada lapisan ozon. Oleh karena itu, diperlukan pengganti refrigeran yang ramah lingkungan salah satunya adalah LPG. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh luasan sirip kondensor terhadap kalor yang keluar dan terhadap prestasi kerja mesin pendingin menggunakan refrigeran LPG.

Pada sistem mesin pendingin terdapat kondensor berfungsi untuk mengkondensasikan refrigeran bertekanan tinggi dari kompresor sehingga akan menghasilkan panas karena gesekan fluida dengan pipa. Panas dari kondensor akan dibuang ke lingkungan melalui sirip. Dengan adanya sirip pada kondensor ini akan berperan penting pada proses kondensasi yang akan diteruskan pada sistem berikutnya yang nantinya akan mempengaruhi prestasi kerja mesin pendingin tersebut. Semakin banyak kalor yang dibuang oleh kondensor, semakin baik pula prestasi kerja mesin pendingin.

Metode penelitian menggunakan metode eksperimental dengan variasi luasan sirip kondensor pada mesin pendingin. Variasi luasan sirip dilakukan dengan memasang plat galvanis yang dijadikan sirip pada kondensor dengan mengvariasikan

luasan sirip yang berbeda dalam keadaan sistem yang sama menggunakan refrigeran LPG. Dengan memasang beberapa alat pengukur tekanan dan temperatur yaitu *pressure gauge* dan *thermocouple* yang digunakan untuk melihat besarnya tekanan dan temperatur pada setiap titik yang ditentukan. Titik-titik tersebut dipasang pada beberapa komponen antara lain titik T_1 dan P_1 diletakan pada masukan kompresor. Titik T_2 dan P_2 teletak pada keluaran kompresor, dan T_3 dan T_4 yang diletakan pada masukan evaporator dan keluaran evaporator. Titik T_5 yang diletakan dalam ruangan mesin pendingin atau kulkas.

Dari hasil penelitian dapat diketahui luasan sirip yang mampu menurunkan temperatur kondensor terendah dialami pada luasan sirip $0,011 \text{ m}^2$ yang mampu menurunkan temperatur awal sebelum kondensor hingga menjadi temperatur $45,6 \text{ }^\circ\text{C}$. Pengolahan data penelitian secara matematis pada luasan sirip dapat dihasilkandampak kompresi dan kerja kompresi dimana dampak refrigerasi tertinggi terjadi pada luasan sirip $0,011 \text{ m}^2$ sebesar $293,949 \text{ kJ/kg}$ dan kerja kompresi tertinggi dialami luasan sirip 0 m^2 sebesar $74,806 \text{ kJ/kg}$. Dari hasil dampak refrigerasi dibagi kerja kompresi dapat menghasilkan prestasi kerja, dimana prestasi kerja pada luasan sirip 0 m^2 sebesar $3,62$, luasan sirip $0,011 \text{ m}^2$ prestasi kerjanya $3,95$, luasan sirip kondensor $0,020 \text{ m}^2$ dan $0,038 \text{ m}^2$ prestasi kerjanya sebesar $3,86$ dan $3,76$.

Setelah melakukan penelitian dapat ditarik kesimpulan bahwa luasan sirip kondensor terbukti dapat mempengaruhi penurunan temperatur refrigeran pada kondensor lebih rendah terjadi pada sirip luasan paling kecil yaitu $0,011 \text{ m}^2$ dibandingkan dengan luasan sirip yang besar $0,038 \text{ m}^2$, dimana luasan sirip $0,011 \text{ m}^2$ dapat menurunkan temperatur (T_3) sebesar $5,8^\circ\text{C}$ dibandingkan luasan sirip $0,038 \text{ m}^2$ sebesar $3,1^\circ\text{C}$. Ini terjadi karena luasan sirip $0,038 \text{ m}^2$ memiliki perpindahan kalor konduksi lebih besar dari pada perpindahan kalor konveksinya dibandingkan luasan sirip $0,011 \text{ m}^2$. Luasan sirip $0,011 \text{ m}^2$ menghasilkan prestasi kerja (COP) yang tertinggi dengan nilai COP rata-rata $3,95$ dibandingkan dengan variasi luasan sirip 0 m^2 , $0,020 \text{ m}^2$, dan $0,038$.

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah Swt. Atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Variasi Luasan Sirip Kondensor terhadap Prestasi Kerja Mesin Pendingin menggunakan Refrigeran LPG”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Ir.Digdo Listyadi S., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Utama, Ir. Dwi Djumharyanto, M.T., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
2. Orang Tua Penulis Bapak Sukarji dan Ibu Nur Cholifah yang selalu memberikan dukungan baik dalam bentuk do’a, pikiran maupun materi;
3. Teman-teman yang telah memberikan dukungan dan dorongan semangat, khususnya Eko Widodo yang telah memberikan bantuan dalam penyelesaian penelitian skripsi ini baik berupa tenaga maupun pikiran;
4. Semua pihak yang telah banyak membantu yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 22 Mei 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR NOTASI	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah dan Asumsi	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Definisi Refrigerasi	5
2.2 Siklus Refrigerasi	5
2.3 Sistem Refrigerasi Kompresi Uap	6
2.3.1 Siklus Refrigerasi Kompresi Uap Ideal.....	8
2.3.2 Siklus Refrigerasi Kompresi Uap Aktual	9
2.4 Komponen Utama pada Sistem Refrigerasi	
Kompresi Uap	10

2.4.1 Kompresor	10
2.4.2 Kondensor	12
2.4.3 Perpindahan Kalor Sirip.....	13
2.4.4 Evaporator.....	15
2.4.5 Pipa Kapiler.....	16
2.4.6 <i>Filter Dryer</i>	17
2.4.7 Katup Ekspansi	18
2.5 Dampak Refrigerasi dan Kerja Kompresi dari Sistem	
Refrigerasi	18
2.6 Kapasitas Refrigerasi dan COP Mesin Pendingin	19
2.7 Penelitian Sebelumnya	21
2.8 Pemilihan Refrigerasi	22
2.8.1 Jenis-jenis Refrigeran	22
2.9 Clorofluorocarbon (CFC)	25
2.9.1 Masalah Akibat Jenis Refrigeran CFC	26
2.9.2 Refrigeran Hidrokarbon	27
2.10 LPG (Liguedied Petroleum Gas)	28
2.10.1 Pengertian LPG.....	28
2.10.2 Komposisi LPG.....	29
2.11 Plat Galvanis	30
2.12 Hipotesa	31
BAB 3. METODE PENELITIAN	32
3.1 Metode Penelitian	32
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	32
3.3 Alat dan Bahan	32
3.2.1 Alat dan Instrumen Penelitian	32
3.2.2 Bahan Penelitian	33
3.2.3 Spesifikasi Refrigerator	33
3.4 Prosedur Penelitian	33

3.5 Rangkaian Refrigerator	35
3.6 Variabel	35
3.6.1 Variabel Bebas	36
3.6.2 Variabel Terikat	36
3.7 Desain Kondensor	36
3.8 Pengambilan Data	37
3.9 Pengambilan Data Statistik.....	40
3.9.1 model Tetap	40
3.9.2 Penyajian Data	42
3.9.3 Uji Hipotesis	44
3.9.4 Pengujian Anova	45
3.10 Diagram Alir.....	47
3.11 Jadwal Rencana Penelitian	48
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	49
4.1 Hasil Pengujian	49
4.2 Mencari Entalpi pada Variasi Luasan Sirip	49
4.3 Analisis Perhitungan COP dengan Eksperimen Faktorial	51
3.3.1 Pengujian Hipotesis pada COP	51
4.4 Rasio Pelepasan Kalor.....	53
4.5 Dampak Refrigerasi.....	56
4.6 Kerja Kompresi.....	57
4.7 Kapasitas Refrigerasi.....	56
4.8 Temperatur Refrigerator	60
4.9 Prestasi Kerja (COP).....	63
BAB 5. PENUTUP	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	67

LAMPIRAN-LAMPIRAN

A. HASIL PENGUJIAN	69
B. CONTOH PERHITUNGAN	76
C. GAMBAR ALAT DAN PROSES PENGUJIAN	77
D. KOMPOSISI LPG	85
E. NILAI ENTALPHI REFIGERAN	86
F. DIAGRAM p-h DARI SOFTWARE <i>COOLPACK</i>	91

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Skema Refrigerator	5
2.2 Siklus Refrigerasi Kompresi Uap Standar	6
2.3 Skema Siklus Refrigerasi Kompresi Uap Ideal.....	8
2.4 Skema Siklus Refrigerasi Kompresi Uap Aktual.....	9
2.5 Kompresor Tipe Hermetic.....	11
2.6 Kondensor	12
2.7 Sirip Kondensor	12
2.8 Grafik Efisiensi Sirip.....	14
2.9 Evaporator pada Refrigerator	15
2.10 Pipa Kapiler.....	15
2.11 Katup Ekspansi Thermostatic	17
2.12 Kapasitas Refrigeran terhadap Suhu Evaporator	18
2.13 Bahaya Refrigeran CFC	24
2.14 Baha Nilai ODP dan GWP Refrigeran.....	25
2.15 Plat Galvanis	27
3.1 Skema Rangkaian Refrigerator	32
3.2 Kondensor dengan Sirip.....	33
3.3 Desain Sirip Kondensor	34
3.4 Diagram Alir Penelitian	44
4.1 Dampak Refrigerasi pada Variasi Sirip terhadap Waktu	52
4.2 Kerja Kompresi pada Variasi Sirip terhadap Waktu.....	54
4.3 Kapasitas Refrigerasi pada Variasi Sirip terhadap Waktu	55
4.4 Temperatur Evaporator pada Variasi Sirip terhadap Waktu	56
4.5 Temperatur Evaporator terhadap Dampak Refrigerasi dan Kapasitas Refrigerasi.....	57

4.6	Temperatur Kondensor terhadap Dampak Refrigerasi Dan Kapasitas Refrigerasi.....	58
4.7	Koefisien Prestasi pada Variasi Sirip terhadap Waktu	59
4.8	Luasan Sirip Kondensor terhadap Koefisien Prestasi dan Temperatur Kondensor.....	60

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1	Kelompok Refrigeran Organik penyusun LPG 22
2.2	Properti dari Berbagai Refrigeran 22
3.1	Contoh Pengambilan Data Temperatur dan Tekanan Variasi Luasan Sirip Kondensor menggunakan Refrigeran LPG 35
3.2	Data Sampel Desain Eksperimen Faktorial $a \times b$ 39
3.3	Penyajian Data dan Hasil Penelitian 40
3.4	Daftar ANAVA Desain Eksperimen Faktorial $a \times b$ 42
3.5	Jadwal Rencana Penelitian 45
4.1	Rata-rata Temperatur dan Tekanan dari Tiga Kali Percobaan 46
4.2	Hasil Rata-rata dari Data Tiga Pengulangan 47
4.3	Pengambilan Data COP menggunakan Perhitungan Statistik 49
4.4	Daftar ANAVA Desain Eksperimen Faktorial $a \times b$ 50
4.5	Kalor yang dilepas Kondensor 51
4.6	Kalor yang diserap Evaporator 51
4.7	Rasio Pelepasan Kalor 52

DAFTAR NOTASI

- T_1 : suhu masukan kompresor (kJ/kg)
 T_2 : suhu keluaran kompresor (kJ/kg)
 T_3 : suhu masukan evaporator (kJ/kg)
 T_4 : suhu keluaran evaporator (kJ/kg)
 T_5 : suhu ruangan kulkas (kJ/kg)
 P_1 : tekanan masukan kompresor (kJ/kg)
 P_2 : tekanan keluaran kompresor (kJ/kg)
 h_1 : entalpi masukan kompresor (kJ/kg)
 h_2 : entalpi keluaran kompresor (kJ/kg)
 h_3 : entalpi masukan evaporator (kJ/kg)
 h_4 : entalpi keluaran evaporator (kJ/kg)
 q_e : dampak refrigerasi (kJ/kg)
 W : kerja kompresi (kJ/kg)
 q : kapasitas kefrigerasi (kW)
COP : prestasi kerja
 m : laju alir massa (kg/s)
 ΔT : perubahan suhu ($^{\circ}\text{C}$)
 A : luas penampang (m^3)
 Q_{out} : kalor keluar

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
A. HASIL PENGUJIAN	65
A.1 Data Temperatur & Tekanan	65
A.2 Nilai Entalphi Propana & Butana	67
A.3 Hasil Hitung Tiga Percobaan	69
B. CONTOH PERHITUNGAN	72
C. GAMBAR ALAT & PROSES PENGUJIAN	73
C.1 Variasi Luasan Sirip Kondensor	76
D. KOMPOSISI LPG	81
E. NILAI ENTALPHI REFRIGERAN	82
E.1 Entalphi Refrigeran Propana/R290/CH₃CH₂CH₃	82
E.2 Entalphi Refrigeran Butana/R600/CH₃CH₂CH₂CH₃	85
F. DIAGRAM p-h DARI SOFTWARE COOLPACK	87