



**ANALISIS PENGARUH VARIASI DIAMETER PIPA KAPILER  
TERHADAP PRESTASI KERJA PADA MESIN REFRIGERATOR  
BERBASIS LPG SEBAGAI REFRIGERAN**

**SKRIPSI**

Oleh

**Ari Fakh Laksono**

**NIM 091910101087**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS JEMBER**

**2014**



**ANALISIS PENGARUH VARIASI DIAMETER PIPA KAPILER  
TERHADAP PRESTASI KERJA PADA MESIN REFRIGERATOR  
BERBASIS LPG SEBAGAI REFRIGERAN**

**SKRIPSI**

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

Oleh

**Ari Fakh Laksono**

**NIM 091910101087**

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

## **PERSEMBAHAN**

Segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa penguasa kehidupan dunia dan akhirat. Shalawat serta salam selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Saya persembahkan skripsi ini kepada:

1. Kedua orang tuaku, Bapak Muhammad Saeli dan Ibu Purwati yang telah mengajarkanku arti kehidupan
2. Adikku Belinda Liliana Kusuma Wardani yang selalu menjadi sumber semangat
3. Keluarga besar yang selalu membantu dan memberi dukungan
4. Novita Sari orang terkasih yang selalu setia menemani dan memberikanku semangat
5. Sahabat-sahabat terbaikku yang selalu memberiku semangat dan dorongan
6. Dosen-dosen Jurusan Teknik Mesin yang telah banyak membantu dan memberikan ilmu kepadaku
7. DPU serta DPA, bapak Digdo dan bapak Nasrul yang sangat membantu penyusunan skripsi ini
8. Partner-partner skripsiku “Tim Coolcas”
9. Keluarga besar N-Gine Teknik Mesin angkatan tahun 2009 yang banyak membantu dan memberikan semangat
10. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember
11. Dan seluruh pihak yang telah mendukung yang tak bisa kusebutkan satu persatu

## **MOTTO**

“Pahlawan bukanlah orang yang berani menetakkan pedangnya ke pundak lawan, tetapi pahlawan sebenarnya ialah orang yang sanggup menguasai dirinya dikala ia marah”

( Nabi Muhammad SAW )

“Musuh yang paling berbahaya di atas dunia ini adalah penakut dan bimbang. Teman yang paling setia, hanyalah keberanian dan keyakinan yang teguh.”

( Andrew Jackson )

“Sesuatu yang belum dikerjakan, seringkali tampak mustahil. Kita baru yakin kalau kita telah berhasil melakukannya dengan baik.”

( Evelyn Underhill )

“Kita berdoa kalau kesusahan dan membutuhkan sesuatu, mestinya kita juga berdoa dalam kegembiraan besar dan saat rezeki melimpah.”

( Kahlil Gibran )

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ari Fakh Laksono

NIM : 091910101087

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul “**ANALISIS PENGARUH VARIASI DIAMETER PIPA KAPILER TERHADAP PRESTASI KERJA PADA MESIN REFRIGERATOR BERBASIS LPG SEBAGAI REFRIGERAN**” adalah benar-benar karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada intitusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sangsi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 28 Oktober 2014

Yang menyatakan,

Ari Fakh Laksono  
NIM 091910101087

**SKRIPSI**

**ANALISIS PENGARUH VARIASI DIAMETER PIPA KAPILER TERHADAP  
PRESTASI KERJA PADA MESIN REFRIGERATOR BERBASIS LPG  
SEBAGAI REFRIGERAN**

**Oleh**

**Ari Fakh Laksono**

**NIM 091910101087**

**Pembimbing**

**Dosen Pembimbing Utama : Ir. Digo Listyadi S., M.Sc.**

**Dosen Pembimbing Anggota : Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T.**

## PENGESAHAN

Skripsi berjudul “ANALISIS PENGARUH VARIASI DIAMETER PIPA KAPILER TERHADAP PRESTASI KERJA PADA MESIN REFRIGERATOR BERBASIS LPG SEBAGAI REFRIGERAN” telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal : Selasa, 28 Oktober 2014

Tempat : Ruang Ujian Dekanat Fakultas Teknik

Ketua,

Sekretaris,

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

Dr. Nasrul Ilminnafik, S.T., M.T.  
NIP 19711114 199903 002

Dosen Penguji I,

Dosen Penguji II,

Hary Sutjahjono, S.T., M.T.  
NIP 19681205 199702 1 002

Ir. Ahmad Syuhri, M.T.  
NIP 19670123 199702 1 001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember

Ir. Widyono Hadi, M.T.  
NIP 196104141989021001

## RINGKASAN

**ANALISIS PENGARUH VARIASI DIAMETER PIPA KAPILER TERHADAP PRESTASI KERJA PADA MESIN REFRIGERATOR BERBASIS LPG SEBAGAI REFRIGERAN**; Ari Fakh Laksono; 091910101087; 2014; 56 halaman; Program Studi Strata Satu (S1); Jurusan Teknik Mesin; Fakultas Teknik; Universitas Jember.

Dalam kehidupan manusia sekarang ini, tidak lepas dari suatu peran perangkat pendingin atau pengawet makanan yang merupakan alat pengkondisian udara (*Air Conditioning*), baik itu pada bidang industri, rumah tangga, pertambangan, komersial. Adanya peningkatan temperatur di bumi (*Global Warming*) membuat kenyamanan yang diinginkan manusia tidak terpenuhi, terutama pada daerah tropis. Dari berbagai macam jenis penggunaan di atas maka sistem pendinginan sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia. Semakin berkembangnya teknologi seharusnya faktor keamanan, nyaman, dan keselamatan manusia menjadi suatu prioritas, serta tidak melupakan aspek dari lingkungan yang menjadi sasaran utamanya (Dossat & Roy, 1961)

Oleh karena itu variasi beberapa komponen dapat dilakukan untuk memperbaiki koefisien dari prestasi kerja mesin pendingin. Dalam hal ini, dengan memvariasikan diameter pipa kapiler dan refrigeran menggunakan LPG (*Liquified Petroleum Gas*). Penelitian-penelitian sebelumnya mengemukakan bahwa perlakuan pipa kapiler dapat meningkatkan koefisien prestasi mesin pendingin.

Rangkaian sederhana yang dibuat berupa rangkaian mesin refrigerator yang terdiri dari kompresor, kondensor, pipa kapiler, evaporator dan komponen-komponen lainnya. Pada dasarnya mesin pendingin ini refrigerator ini hanya digunakan untuk proses pendinginan dalam ruangan kulkas tidak untuk proses *freezing* (pembekuan). Dengan memasang beberapa alat pengukur tekanan dan suhu yaitu *pressure gauge* dan termometer digital, rangkaian ini digunakan untuk melihat besarnya tekanan dan



suhu pada setiap titik yang telah ditentukan. Titik-titik tersebut dipasang pada beberapa komponen antara lain titik T1 dan P1 diletakan pada masukan kompresor. Titik T2 dan P2 terletak pada keluaran kompresor dan titik-titik lain seperti T3 dan T4 yang diletakan pada masukan evaporator dan keluaran evaporator. Titik T5 yang diletakan dalam ruangan kulkas yang berfungsi untuk melihat suhu ruangan kulkas. Adapun pipa kapiler yang divariasikan berdiameter 0,026; 0,028; 0,031 inch.

Penelitian tentang “Analisis Pengaruh Variasi Diameter Pipa Kapiler Terhadap Prestasi Kerja Pada Mesin Refrigerator Berbasis LPG Sebagai Refrigeran” dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Jember. Dari hasil penelitian yang diperoleh bahwa semakin kecil diameter pipa kapiler meningkatkan COP mesin refrigerasi. Hal ini dikarenakan semakin kecil diameter pipa kapiler maka kecepatan fluida dalam pipa kapiler akan semakin cepat, tekanan fluida rendah, tingkat pengkabutan semakin besar, suhu evaporator menjadi lebih rendah dan prestasi kerja pada mesin pendingin meningkat. Fakta ini dapat dilihat dari tingginya nilai COP terjadi pada variasi diameter pipa kapiler 0,026 inch sebesar 16,4.

## SUMMARY

**ANALYSIS INFLUENCE VARIATION PIPE CAPILLARY DIAMETER AGAINST WORK PERFORMANCE ON A REFRIGERATOR BASED LPG AS A REFRIGERANT**; Ari Fakh Laksono; 091910101087; 2014; 56 pages; Study Program Tier One (S1); Department of Mechanical Engineering; Faculty of Engineering; University of Jember.

In human life today, not out of a role or a cooling device which is a food preservative air conditioning tool, be it in the industry, domestic, mining, commercial. An increase in temperature of the earth makes the desired comfort humans are not met, especially in the tropics. Of the various types of use of the above then the cooling system is very useful for human life. The continued development of technology should factor of safety, comfort, and safety of the human becomes a priority, and do not forget the environmental aspects of its main target. (Dossat & Roy, 1961)

Therefore, variations in several components can be done to improve the coefficient of performance of the engine coolant. In this case the diameter of the capillary tube and refrigerant use LPG. Previous studies suggested that treatment can increase the coefficient of capillary tube refrigeration achievement.

The simple circuit is made in the form of a series of refrigeration machine consisting of a compressor, condenser, capillary tube, evaporator and other components. Basically this cooler refrigeration machine is only used for process cooling in the room fridge was not for the freezing process. By installing some of the pressure and temperature gauges are digital pressure gauge and thermometer, this circuit is used to see the magnitude of the pressure and temperature at any point that has been determined. These points are mounted on several components, among others, point T1 and P1 placed at the compressor intake. Point T2 and P2 is located at

the output of the compressor and other points such as T3 and T4 are placed at the input and output evaporator evaporator. Point T5 is placed in the room refrigerator that works to see the room temperature refrigerator. The capillary diameter was varied 0.026; 0.028; 0.031 inch.

Research on "Analysis of Capillary Effect Of Variation Diameter Pipe Work Performance Based On Refrigerator Machine LPG as Refrigerant" performed in Energy Conversion Laboratory Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember. From the research results that the smaller the diameter of the capillary tube increases the COP of refrigeration machine. This is because the smaller the diameter of the capillary tube, the velocity of fluid in the capillary tube will be more rapid, low fluid pressure, the greater the degree of fogging, the evaporator temperature becomes lower and work performance increased engine cooling. This fact can be seen from the high value of COP occurs in the variation of the capillary tube 0.026 inch diameter of 16.4.

## **PRAKATA**

Segala puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat-Nya sehingga skripsi ini dapat tersusun sesuai dengan yang diharapkan. Penulis menyusun skripsi ini guna memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember. Selain itu penulis berharap agar skripsi yang telah tersusun ini dapat bermanfaat baik bagi penulis pada khususnya maupun bagi masyarakat pada umumnya. Penulis mengucapkan banyak-banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan segenap pikiran maupun yang telah banyak membantu dalam penyusunan skripsi ini khususnya kepada:

- 1) Bapak Ir. Digdo Listyadi S., M.sc. selaku Dosen pembimbing utama, Bapak Dr. Nasrul Ilminnafik ST., MT. Selaku dosen pembimbing anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatiannya dalam penyusunan skripsi ini.
- 2) Orang Tua Penulis, Bapak Muhammad Saeli dan ibu Purwati Orang yang selalu memberikan dukungan baik dalam bentuk doa, nasehat dan materi.
- 3) Teman-teman yang telah banyak membantu dalam memberikan dukungan.
- 4) Semua pihak yang telah banyak membantu yang tidak dapat disebutkan satu persatu

Dalam penyusunan skripsi ini, Penulis berusaha semaksimal mungkin agar skripsi yang disusun ini menjadi sempurna tanpa adanya satu kekurangan apapun juga. Namun tidak menutup kemungkinan bagi pembaca yang akan memberikan saran ataupun kritik tentu saja akan penulis pertimbangkan.

Jember, 28 Oktober 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBINGAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>PRAKATA</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xviii
<b>DAFTAR ISTILAH</b> .....	xix
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan dan Manfaat .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1 Refrigerasi Sederhana.....	4
2.1.1 Evaporator .....	5
2.1.2 Pipa Kapiler .....	5
2.1.3 Kompresor .....	7
2.1.4 Kondensor .....	7
2.1.5 Alat Ekspansi .....	7
2.1.6 Komponen Pendukung .....	8
2.2 Siklus Refrigerasi .....	9
2.2.1 Dampak Refrigerasi .....	10

2.2.2	Kapasitas Refrigerasi .....	11
2.2.3	Siklus Refrigerasi Uap Ideal .....	12
2.2.4	Siklus Refrigerasi Uap Aktual .....	14
2.3.	Pemilihan Refrigeran .....	15
2.3.1	Jenis Refrigeran .....	15
2.3.2	CFC .....	17
2.3.3	Refrigeran Hidrokarbon .....	19
2.4	LPG .....	20
2.4.1	Pengertian LPG .....	20
2.4.2	Komposisi LPG .....	21
2.4.3	Propana dan Butana .....	22
2.5	Beban Pendinginan Pada Siklus Refrigerator .....	23
2.6	Kondisi Steady State Pada Suatu Sistem .....	26
2.7	Penelitian Terdahulu .....	27
2.7	Hipotesis .....	28
<b>BAB 3.</b>	<b>METODE PENELITIAN</b> .....	<b>29</b>
3.1	Metode Penelitian .....	29
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian .....	29
3.3	Alat dan Bahan .....	29
3.4	Variabel Penelitian .....	30
3.4.1	Variabel Bebas.....	30
3.4.2	Variabel Terikat .....	30
3.5	Prosedur Penelitian .....	30
3.5.1	Persiapan Alat Pengujian.....	30
3.5.2	Pemeriksaan Alat Pengujian.....	30
3.5.3	Tahapan Pengambilan Data .....	30
3.5.4	Pengolahan Data .....	31

3.6	Diagram Alir Penelitian .....	33
<b>BAB 4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>35</b>
4.1	Hasil Pengujian .....	35
4.2	Pembahasan .....	41
<b>BAB 5.</b>	<b>PENUTUP .....</b>	<b>56</b>
5.1	Kesimpulan .....	56
5.2	Saran .....	56
<b>LAMPIRAN</b>		

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1	Komponen Lemari Es ..... 4
2.2	Evaporator..... 5
2.3	Pipa Kapiler ..... 6
2.4	Thermostatic Expansion Valve..... 8
2.5	Filter Dryer dan Sight Glass ..... 9
2.6	Liquid Reciver ..... 9
2.7	Skema Refrigerator ..... 10
2.8	Kapasitas Refrigeran terhadap suhu Evaporator..... 11
2.9	Skema Siklus Refrigerasi Kompresi Uap Ideal ..... 12
2.10	Siklus Refrigerasi Kompresi Uap Aktual ..... 14
2.11	Bahaya Refrigeran ..... 18
2.12	Nilai ODP dan GWP pada macam refrigerant..... 19
2.13	Gambar molekul Propana ..... 22
2.14	Gambar molekul Butana ..... 22
2.15	Kondisi-kondisi seimbang dan tidak seimbang Laju aliran massa..... 24
2.16	Penurunan Dampak Refrigerasi bila sejumlah uap pipa kapiler..... 26
3.1	Skema Pengumpulan data ..... 32
3.2	Perancangan alat (pemasangan termokopel dan pressure gauge) ..... 32
3.3	Gambar Diagram alir penelitian..... 33
4.1	Gambar Grafik perbedaan suhu evaporator terhadap waktu pada variasi diameter pipa kapiler yang berbeda ..... 36
4.2	Grafik koefisien prestasi (COP) terhadap suhu evaporator pada Diameter pipa kapiler standar (0,028 inch) ..... 41



4.3	Grafik dampak refrigerasi terhadap waktu pada diameter pipa kapiler standar (0,028 inch) .....	42
4.4	Grafik kerja kompresi terhadap waktu pada diameter pipa kapiler standar (0,028 inch) .....	43
4.5	Grafik kapasitas refrigerasi terhadap waktu pada pipa kapiler standar (0,028 inch).....	44
4.6	Grafik daya kompresor terhadap waktu pada pipa kapiler standar (0,028 inch).....	44
4.7	Grafik dampak refrigerasi terhadap waktu pada diameter pipa kapiler yang berbeda.....	45
4.8	Grafik kerja kompresi terhadap waktu pada diameter pipa kapiler yang berbeda.....	46
4.9	Grafik kapasitas refrigerasi terhadap waktu pada pipa kapiler yang berbeda.....	47
4.10	Grafik daya kompresor terhadap waktu pada diameter pipa kapiler yang berbeda.....	48
4.11	Grafik coefisient of perfomance terhadap waktu pada diameter pipa kapiler yang berbeda.....	48
4.12	Grafik perbedaan coeficient of perfomance terhadap waktu pada variasi diameter pipa kapiler yang berbeda .....	49
4.13	Grafik perbedaan dampak refrigerasi terhadap waktu pada variasi diameter pipa kapiler yang berbeda.....	50
4.14	Grafik perbedaan kerja kompresi terhadap waktu pada variasi diameter pipa kapiler yang berbeda.....	50
4.15	Grafik perbedaan kapasitas refrigerasi terhadap waktu pada variasi diameter pipa kapiler yang berbeda.....	51
4.16	Grafik perbedaan daya kompresor terhadap waktu pada variasi diameter pipa kapiler yang berbeda.....	52

4.17 Grafik laju pendinginan terhadap variasi diameter pipa kapiler yang berbeda.....	52
4.18 Grafik COP terhadap variasi diameter pipa kapiler yang berbeda.....	53
4.19 Grafik dampak refrigerasi terhadap variasi diameter pipa kapiler yang berbeda.....	54

## DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Kelompok Refrigeran Organik .....	16
2.2 Properties of macam-macam refrigeran.....	17
2.3 Beberapa penelitian menggunakan refrigeran LPG.....	23
3.1 Pengambilan Data .....	31
3.2 Jadwal Rencana Kegiatan .....	34
4.1 Hasil pengujian dengan diameter pipa kapiler 0,026 inch.....	35
4.2 Hasil pengujian dengan diameter pipa kapiler 0,028 inch.....	35
4.3 Hasil pengujian dengan diameter pipa kapiler 0,031 inch.....	36
4.4 Hasil nilai entalpi dengan diameter pipa kapiler 0,026 inch .....	37
4.5 Hasil nilai entalpi dengan diameter pipa kapiler 0,028 inch .....	38
4.6 Hasil nilai entalpi dengan diameter pipa kapiler 0,031 inch .....	38
4.7 Dampak refrigerasi, kerja kompresi, kapasitas refrigerasi, dan COP pada mesin pendingin dengan media pendingin udara .....	39
4.8 Dampak refrigerasi, kerja kompresi, kapasitas refrigerasi, dan COP pada mesin pendingin dengan variasi diameter pipa kapiler .....	39

## DAFTAR ISTILAH

T1	: Suhu masukan kompresor (kJ/kg)
T2	: Suhu keluaran kompresor (kJ/kg)
T3	: Suhu masukan evaporator (kJ/kg)
T4	: Suhu keluaran evaporator (kJ/kg)
T5	: Suhu ruangan kulkas (kJ/kg)
P1	: Tekanan masukan kompresor (kJ/kg)
P2	: Tekanan keluaran kompresor (kJ/kg)
h1	: entalpi masukan kompresor (kJ/kg)
h2	: entalpi keluaran kompresor (kJ/kg)
h3	: entalpi masukan evaporator (kJ/kg)
h4	: entalpi keluaran evaporator (kJ/kg)
q <sub>e</sub>	: dampak refrigerasi (kJ/kg)
W	: kerja kompresi (kJ/kg)
q	: kapasitas kefrigerasi (kW)
COP	: koefisien prestasi
$\dot{m}$	: laju alir massa (kg/s)
c <sub>p</sub>	: kalor jenis udara ( J/kg °C )
$\Delta T$	: perubahan suhu (°C)
$\rho$	: massa jenis (kg/m <sup>3</sup> )
P <sub>manifold</sub>	: tekanan manifold (kg/m <sup>3</sup> )
t	: waktu (menit/detik)
A <sub>selang</sub>	: Luas keluaran selang (m <sup>3</sup> )
GWP	: Global warming Potential
ODP	: Ozone Depletion Potential