



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGUJIAN SISTEM REFRIGERASI CASCADE DENGAN
MENGUNAKAN REFRIGERAN CAMPURAN ALAMI
R170/R744 PADA APLIKASI TEMPERATUR RENDAH**

SKRIPSI

**DEDENG RAHMAT
0606041945**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
DEPOK
DESEMBER 2008**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGUJIAN SISTEM REFRIGERASI CASCADE DENGAN
MENGUNAKAN REFRIGERAN CAMPURAN ALAMI
R170/R744 PADA APLIKASI TEMPERATUR RENDAH**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**DEDENG RAHMAT
0606041945**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
KEKHUSUSAN TEKNIK MESIN
DEPOK
DESEMBER 2008**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

**PENGUJIAN SISTEM REFRIGERASI CASCADE DENGAN
MENGUNAKAN REFRIGERAN CAMPURAN ALAMI R170/R744
PADA APLIKASI TEMPERATUR RENDAH**

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Skripsi ini merupakan bagian dari skripsi yang dikerjakan bersama dengan saudara **AFDA RUSYADA (0606041812)**. Sehingga harap maklum jika ada beberapa bagian dari buku ini memiliki kesamaan.

Nama : Dedeng Rahmat

NPM : 0606041945

Tanda Tangan :

Tanggal : 30 Desember 2008

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Dedeng Rahmat
NPM : 0606041945
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Pengujian Sistem Refrigerasi Cascade Dengan
Menggunakan Refrigeran Campuran Alami
R170/R744 Pada Aplikasi Temperatur Rendah

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. -Ing. Ir. Nasruddin, M.Eng (.....)

Pembimbing : Dr. Ir. Budihardjo, Dipl. -Ing (.....)

Penguji : Dr. Ir. Muhammad Idrus Alhamid (.....)

Penguji : Lubi Rahadiyan, ST, M.Eng (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 30 Desember 2008

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Mesin pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu saya mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Budihardjo, Dipl. -Ing, atas segala waktu dan tenaga dalam memberikan bimbingan
2. Dr. -Ing, Ir. Nasruddin, M.Eng, atas segala waktu, tenaga dan kesabaran dalam membimbing dan mengarahkan
3. Lubi Rahadiyan, ST, M.Eng, atas segala waktu, tenaga dan semangat dalam membimbing dan menjelaskan materi tentang skripsi ini
4. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan doa dan dukungannya
5. Afda Rusyada sebagai teman satu tim yang solid
6. Rekan-rekan dan sahabat yang telah membantu dan mendukung

Akhir kata, saya berharap Allah SWT berkenan untuk membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini dapat membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Depok, 30 Desember 2008

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dedeng Rahmat
NPM : 0606041945
Program Studi : Teknik Mesin
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**PENGUJIAN SISTEM REFRIGERASI CASCADE DENGAN MENGGUNAKAN
REFRIGERAN CAMPURAN ALAMI R170/R744 PADA APLIKASI
TEMPERATUR RENDAH**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada tanggal : 30 Desember 2008

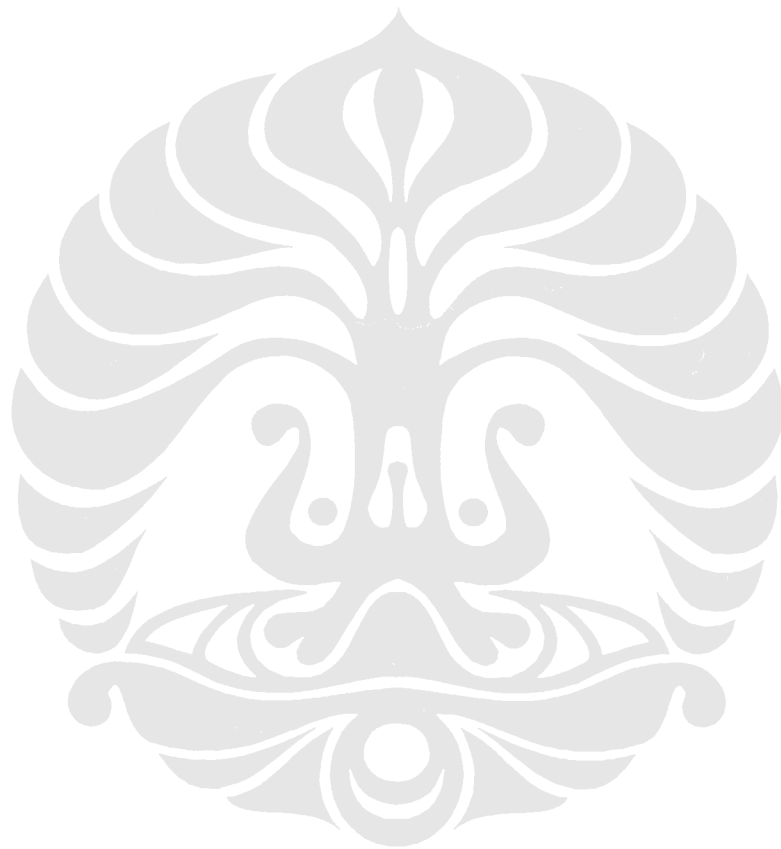
Yang menyatakan

(Dedeng Rahmat)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN (S1).....	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penulisan.....	3
1.4 Pembatasan Masalah	3
1.5 Metodologi Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
2. DASAR TEORI.....	6
2.1 Refrigerasi dan Sistem Refrigerasi.....	6
2.2 Siklus Refrigerasi.....	8
2.2.1 Siklus Refrigerasi Tunggal-Ideal.....	8
2.2.2 Siklus Refrigerasi cascade.....	11
2.3 Seleksi Refrigeran.....	12
3. METODE PENELITIAN.....	15
3.1. Alat Pengujian dan komponen.....	15
3.2. Tes Kebocoran.....	26
3.3. Vakum Sistem.....	26
3.4. Charging Sistem.....	27
3.5. Metode Pengambilan Data.....	28
3.6. Metode Variasi Buka katup XV LS.....	28
3.7. Metode Variasi Komposisi Massa R170/R744.....	29
3.8. Metode Variasi Refrigeran HS.....	29
4. ANALISA DATA.....	30
4.1 Variasi Komposisi Massa R170/R744.....	30

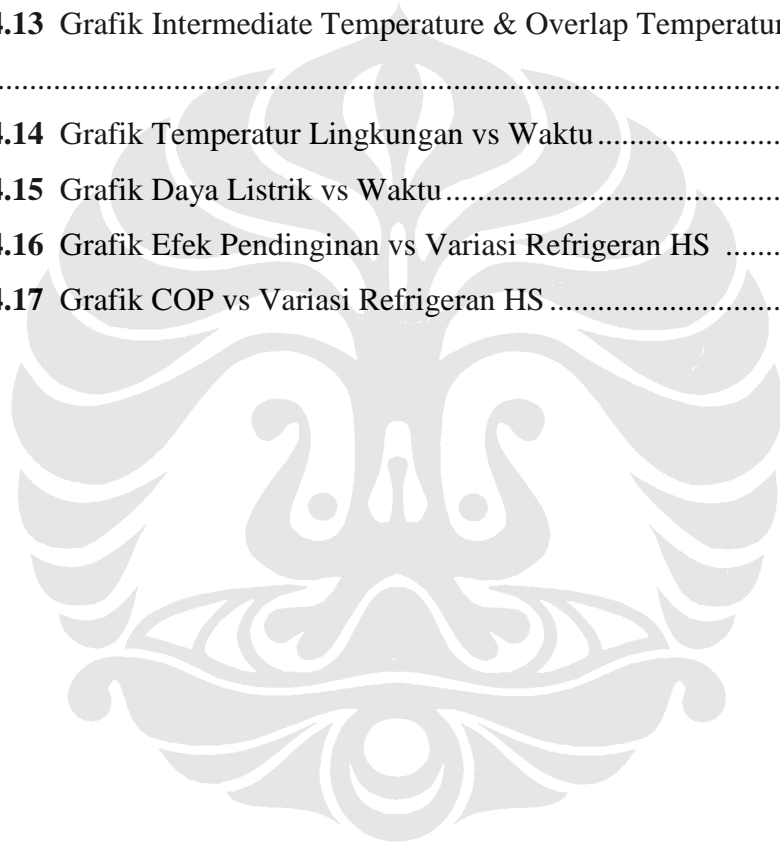
4.2 Variasi Buka-an Katup XV LS.....	34
4.3 Variasi Refrigeran HS.....	36
5. KESIMPULAN DAN SARAN	40
5.1. Kesimpulan.....	40
5.2. Saran.....	40
DAFTAR KUTIPAN	41
DAFTAR PUSTAKA.....	42
LAMPIRAN	43



DAFTAR GAMBAR

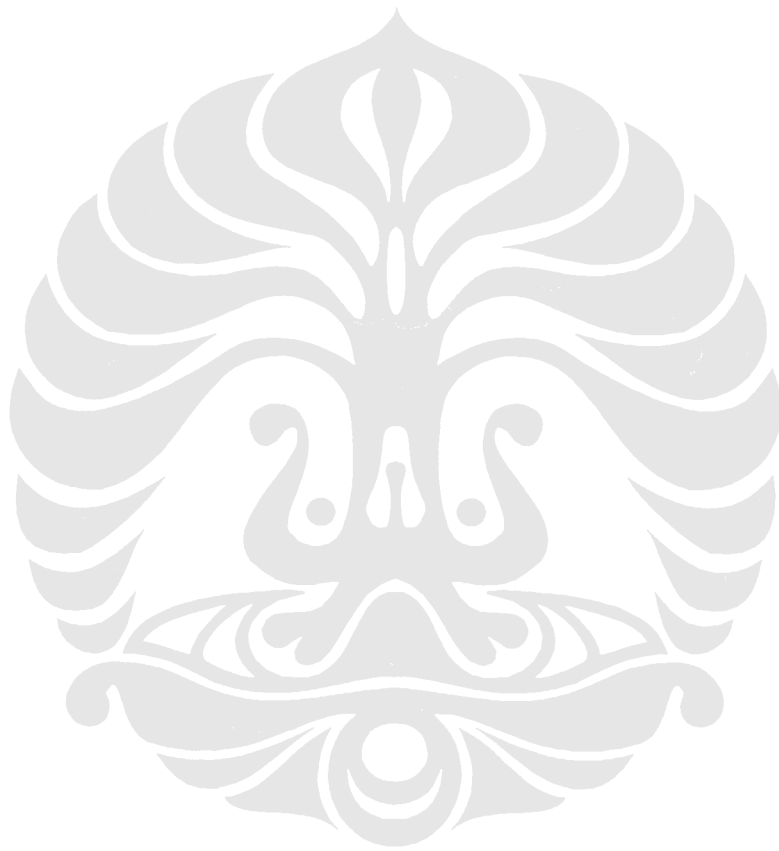
	Hal
Gambar 2.1 Siklus kompresi uap.....	6
Gambar 2.2 Siklus absorpsi	7
Gambar 2.3 Siklus refrigerasi tunggal dan p-h diagram.....	7
Gambar 2.4 Siklus refrigerasi cascade dan T-s diagram.....	10
Gambar 2.5 Diagram T-x Campuran R170/R744	13
Gambar 3.1 Skema sistem refrigerasi cascade.....	14
Gambar 3.2 Kompresor HS.....	15
Gambar 3.3 Kompresor LS	15
Gambar 3.4 Cascade heat exchanger	16
Gambar 3.5 Kondenser	16
Gambar 3.6 Katup Ekspansi	17
Gambar 3.7 <i>Filter dryer</i>	17
Gambar 3.8 Akumulator.....	18
Gambar 3.9 <i>Oil Separator</i>	19
Gambar 3.10 Box Pendingin.....	19
Gambar 3.11 <i>Thermometer digital</i>	20
Gambar 3.12 <i>Thermometer digital</i> (Masukan Evaporator).....	20
Gambar 3.13 <i>Pressure Gauge</i>	21
Gambar 3.14 <i>Higrometer digital</i>	21
Gambar 3.15 <i>Power Meter</i>	22
Gambar 3.16 Refrigeran R170.....	22
Gambar 3.17 Refrigeran R744.....	22
Gambar 3.18 Refrigeran R22	23
Gambar 3.19 Tes Kebocoran	23
Gambar 3.20 Pompa Vakum.....	24
Gambar 3.21 Timbangan Digital	25
Gambar 4.1 Grafik P-h Variasi Komposisi R170/R744	27
Gambar 4.2 Grafik Temperatur Evaporasi terhadap Waktu	28
Gambar 4.3 Grafik Steady State di HS	28

Gambar 4.4	Grafik Temperatur Lingkungan vs Waktu	29
Gambar 4.5	Grafik Daya Listrik Rata-Rata vs Komposisi Massa R170/R744 ...	29
Gambar 4.6	Grafik Tekanan Discharge LS vs Waktu	30
Gambar 4.7	Grafik COP vs Komposisi Massa R170/R744	30
Gambar 4.8	Grafik P-h vs Variasi Bukaannya Katup XV Low-Stage	31
Gambar 4.9	Grafik Temperatur vs Variasi Bukaannya Katup XV Low-Stage	31
Gambar 4.10	Grafik Daya Listrik vs Variasi Bukaannya Katup XV Low-Stage	32
Gambar 4.11	Grafik COP vs Variasi Bukaannya Katup XV Low-Stage	32
Gambar 4.12	Grafik P-h LS vs Pengaruh HS	33
Gambar 4.13	Grafik Intermediate Temperature & Overlap Temperature vs Waktu.	34
Gambar 4.14	Grafik Temperatur Lingkungan vs Waktu	34
Gambar 4.15	Grafik Daya Listrik vs Waktu	35
Gambar 4.16	Grafik Efek Pendinginan vs Variasi Refrigeran HS	35
Gambar 4.17	Grafik COP vs Variasi Refrigeran HS	36



DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 2.1 Klasifikasi Tingkat Keamanan Refrigeran.....	11
Tabel 2.2 Perbandingan Beberapa Refrigeran.....	12
Tabel 3.1 Posisi Termometer Digital	21
Tabel 3.2 Posisi Pressure Gauge	22
Tabel 3.3 Komposisi Massa Refrigeran R170/R744.....	28



DAFTAR LAMPIRAN

	Hal
Lampiran 1 Tabel data R22(HS)-R404a(LS)	44
Lampiran 2 Tabel data R22(HS)-R404a(LS)	45
Lampiran 3 Tabel data campuran R170/R744 (50g/50g)-R22(700g)	46
Lampiran 4 Tabel data campuran R170/R744 (75g/50g)-R22(700g)	47
Lampiran 5 Tabel data campuran R170/R744 (100g/50g)-R22(700g)	48
Lampiran 6 Tabel data campuran R170/R744 (100g/50g)-R290(166g)	49
Lampiran 7 Tabel data campuran R170/R744 (125g/50g)-R290(166g)	50
Lampiran 8 Tabel data campuran R290/R744 (25g/25g)-R290(166g)	51
Lampiran 9 Tabel data campuran R290/R744 (50g/25g)-R290(166g)	52
Lampiran 10 Tabel data campuran R290/R744 (50g/50g)-R290(166g)	53
Lampiran 11 Tabel data pure R170 (100g)- R22(700g).....	54
Lampiran12 Tabel data campuran R170/R744 (60g/40g)-R22(700g)	55

DAFTAR SINGKATAN

COP	<i>coefficient of performance</i> [-]
GWP	global warming potential
h	entalpi (kJ/kg)
HS	<i>high-stage</i>
LS	<i>low-stage</i>
\dot{m}	laju aliran massa (kg/s)
η_{is}	efisiensi isentropis [-]
ODP	<i>ozon depletion potential</i>
P	daya kompresor (kW)
q	kalor (kJ/kg)
Q	kapasitas kalor (kW)
RH	relative humidity
w	kerja kompresor (kJ/kg)
t	waktu (menit)
<i>Subscript</i>	
comp	kompresor
cond	kondenser
evap	evaporator
in	masuk
is	isentropis
out	keluar
xv	alat ekspansi
H	keluar kondenser
L	masuk evaporator
total	total