

**TUGAS AKHIR**  
**REDESIGN OF SIMPLE REFRIGERATION SIMULATOR**



**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya**

Oleh :

Yudho Hadianto

21050110060058

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG**

**2014**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

NAMA : Yudho Hadiano  
NIM : 21050110060058  
Program Studi : Diploma III Teknik Mesin  
Judul Tugas Akhir : **Rancang Bangun Ulang Alat simulasi  
Refrigerasi sederhana (*ReDesign of Simple  
Refrigeration Simulator*)** .

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Ahlimadya (Amd) pada Program Studi Diploma III Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.**

### TIM PENGUJI

Pembimbing I : Ir. Rahmat ( )  
Penguji I : Drs. Indartono, M.Par., M.Si. ( )  
Penguji II : Bambang Setyoko, S.T., M.Eng. ( )

Semarang, Juni 2014  
PSD III Teknik Mesin  
Ketua,

Bambang Setyoko, S.T., M.Eng.

NIP 196809011998021001

## **HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : Yudho Hadiano  
NIM : 21050110060058  
Tanda Tangan :  
Tanggal : April 2014

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

---

---

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang  
bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Yudho Hadianto  
NIM : 21050110060058  
Program Studi : Diploma III Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Tugas akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul “Redesign of refrigeration simulator” beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalih media/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 : Semarang  
Pada Tanggal : April 2014

Yang menyatakan

Yudho Hadianto  
NIM 21050110060058

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTTO :**

1. Jangan pernah berkata tidak mampu sebelum kamu mencoba untuk melakukannya.
2. Kegagalan adalah sebuah keberhasilan yang tertunda.
3. Kerja sama yang kompak adalah kunci keberhasilan didalam suatu kelompok.
4. Jangan takut melangkah karena pilihan hanya ada dua, menang atau kalah, hidup atau mati, maju atau berhenti untuk selamanya.
5. Jalan yang kita pilih salah akan membawa ke jalan yang benar, jalan yang selalu benar tidaklah membawa kita menuju pengalaman.

### **PERSEMBAHAN :**

Laporan Tugas Akhir ini kami persembahkan kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan Rahmat dan Hidayahnya hingga kami dapat menyelesaikan laporan ini.
2. Bapak dan Ibuku tercinta yang telah memberikan semangat dan doanya serta fasilitas untuk menyelesaikan Tugas Akhir.
3. Seluruh Dosen-dosen PSD III Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang yang telah banyak memberikan ilmu yang bermanfaat kepada kami semua.
4. Teman-teman kelompok Tugas Akhir yang telah berkorban jiwa dan raga untuk menyelesaikan Tugas Ahir ini beserta seluruh teman-teman angkatan 2010 kelas B.

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia – Nya sehingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “ReDesign Of Simple Refrigeration Simulator”.

Tugas akhir ini dilaksanakan untuk memenuhi salah satu persyaratan kurikulum wajib pada Program Studi Diploma III Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang. Selain itu pembuatan tugas akhir ini juga bertujuan untuk mengembangkan wawasan dan juga untuk menambah pengetahuan yang berhubungan dengan mesin refrigerasi.

Kami menyadari keberhasilan untuk menyelesaikan tugas akhir ini tidak lepas dari bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan kali ini dengan segala kerendahan hati kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. H. Zainal Abidin, M.S., selaku Ketua Program Studi Diploma III Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
2. Bapak Bambang Setyoko, S.T., M.Eng., selaku Ketua Jurusan Program Diploma III Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang.
3. Didik Ariwibowo, S.T., M.T., selaku dosen wali angkatan 2010 kelas B
4. Ir. Rahmat, selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
5. Bapak dan Ibu dosen pengajar pada Program Studi Diploma III Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
6. Kedua orang tua yang telah memberikan semangat, doa dan fasilitas dalam menyelesaikan laporan ini.

7. Rekan-rekan mahasiswa senasib dan seperjuangan.
8. Semua pihak yang telah membantu sampai terselesaikannya Tugas Akhir ini yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Kami menyadari bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu atas segala kritik dan saran yang bersifat membangun sangat kami harapkan demi kesemournaan Tugas Akhir ini, dan semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat untuk kita semua.

Wassalaamualaikum wr. wb

Semarang, April 2014

Penulis

## **Abstrak**

Pada tugas akhir ini penulis merencanakan re-desain simulator refrigerator, yang bertujuan melakukan uji kelayakan dari alat refrigerasi tersebut, mengetahui struktur rancangan alat refrigerator untuk mendapat kinerja dari alat refrigerasi sehingga didapatkan suatu alat yang lebih efektif dan efisien, selanjutnya dapat dilakukan simulasi penelitian terhadap proses refrigerasi. Dengan pengaturan laju air masuk kondensor dan evaporator sebesar 0,5 ltr/mnit dan 1 ltr/mnit. Didapat COP yang dihasilkan berada pada rentang 2,26 sampai 4,71 , daya kompresi yang dibutuhkan berada pada 0,07 KW sampai 0,315 KW, efisiensi kompresi yang dihasilkan berada pada rentang 13,26 % sampai 51,14 %.

Kata kunci : COP refrigerasi , Simulator Refrigerasi, Daya kompresor.

## **Abstract**

In this thesis the author planned re-design simulator refrigerator, which aims to test the feasibility of refrigeration, refrigeration tool knowing the structure of the design to get the performance of a refrigeration appliance to obtain a tool that is more effective and efficient, further research can be carried out simulations of the process refrigeration. By setting the rate of water entering the condenser and evaporator of 0.5 ltr / mmit and 1 ltr / mmit. The resulting COP obtained were in the range of 2.26 to 4.71, the required compression power is at 0.07 kW to 0.315 kW, the resulting compression efficiency is in the range 13,26% to 51,14%.

Keywords: COP Refrigeration, Refrigeration Simulator, Power Compresor.

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI .....	iv
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAK .....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR NOTASI .....	xviii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan .....	2
1.3. Pembatasan Masalah .....	2
1.4. Metode Penyusunan tugas akhir .....	3
1.5. Sistematika Penulisan Laporan .....	4
<b>BAB II DASAR TEORI</b>	
2.1. Klasifikasi Sistem Refrigerasi.....	6
2.1.1. Sistem refrigerasi kompresi uap.....	6
2.1.2. Sistem refrigerasi absorpsi .....	7
2.1.3. Sistem refrigerasi udara .....	8
2.2. Termodinamika Sistem Refrigerasi.....	8
2.2.1 Siklus refrigerasi carnot .....	8
2.2.2 Siklus kompresi uap standar (teoritis).....	9
2.2.3 Siklus kompresi uap actual .....	12
2.3. Komponen Utama Siklus Refrigersi .....	14
2.3.1. Kompresor.....	14
2.3.2. Kondensor .....	16

2.3.3.	Katup Expansi .....	18
2.3.4.	Evaporator .....	20
2.3.5.	Refrigeran.....	20
2.4.	Kinerja Mesin Refrigerasi .....	27
2.4.1.	Kapasitas Refrigerasi .....	27
2.4.2.	Laju Penyerapan Kalor Evaporator.....	28
2.4.3.	Laju Pelepasan Kalor Kondensor.....	29
2.4.4.	Laju Aliran Masa Refrigerant .....	31
2.4.5.	Daya Kompresor .....	32
2.4.6.	Koefisien Prestasi refrigerasi .....	33

### BAB III RANCANGAN SISTEM

3.1.	Diagram Kerja.....	36
3.2.	Proses Kerja .....	38
3.2.1.	Siklus Refrigerasi .....	38
3.2.2.	Siklus Air.....	40
3.3.	Spesifikasi Alat .....	41
3.3.1	Kompresor.....	41
3.3.2	Kondensor .....	41
3.3.3	Evaporator .....	42
3.3.4	Katup ekspansi .....	43
3.3.5	Pompa sirkulasi air.....	44
3.4.	Instrumen Pengukuran .....	45
3.2.1	Thermometer digital.....	45
3.2.2	Thermometer digital T2 .....	46
3.2.3	Low pressure gauge.....	46
3.2.4	High pressure gauge.....	47
3.2.5	Flow meter .....	48
3.2.6	Volt meter .....	49
3.2.7	Ampere meter.....	49
3.5.	Instalasi Pipa .....	50
3.5.1.	Pipa sistem refrigerasi .....	50

3.5.2. Pipa sistem air.....	52
3.6. Uji kelayakan .....	58

#### BAB IV UJI KINERJA TEST BED

4.1. Tujuan .....	59
4.2. Variabel .....	59
4.3. Persiapan alat dan pencatatan data .....	60
4.3.1. Instrumen pengukuran .....	60
4.3.2. Lembar pencatat Data .....	61
4.4. Pengambilan Data .....	63
4.4.1. Pengujian sistem refrigerasi dengan aliran evaporator dan kondensor 0,5 lt/mnt .....	63
4.4.2. Pengujian sistem refrigerasi dengan aliran evaporator dan kondensor 1 lt/mnt.....	65
4.5. Pengolahan data.....	67
4.5.1. Laju alir air masuk kondensor dan evaporator 0,5 lt/mnit .....	67
4.5.2. Laju alir air masuk kondensor dan evaporator 1 lt/mnit .....	96

#### BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan dan Saran.....	125
5.1.1. Kesimpulan .....	125
5.1.2. Saran.....	126
5.2. Data Teknik .....	126

DAFTAR PUSTAKA .....	130
----------------------	-----

Lampiran

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Sistem refrigerasi kompresi uap .....	7
Gambar 2.2.	Sistem refrigerasi absorpsi .....	7
Gambar 2.3	Sistem refrigerasi udara.....	8
Gambar 2.4	Daur refrigerasi carnot.....	9
Gambar 2.5	Diagram tekanan enthalpy siklus kompresi uap standar .....	11
Gambar 2.6	Perbandingan siklus aktual dan siklus standar .....	13
Gambar 2.7	Titik beku larutan-larutan glikol etilen.....	23
Gambar 2.8	Dampak refrigerasi dan kapasitas refrigerasi .....	27
Gambar 2.9	Laju aliran masa refrigeran.....	31
Gambar 2.10	Kerja kompresi dan daya kompresor.....	32
Gambar 2.11	COP dan aliran volume per kw refrigerasi .....	35
Gambar 3.1	Diagram kerja .....	36
Gambar 3.2	Kompresor torak hermetic .....	41
Gambar 3.3	Kondensor.....	42
Gambar 3.4	Evaporator .....	43
Gambar 3.5	Katup ekspansi.....	44
Gambar 3.6	Pompa air.....	44
Gambar 3.7	Thermometer digital .....	45
Gambar 3.8	Thermometer digital .....	46
Gambar 3.9	Pengukur tekanan rendah .....	47
Gambar 3.10	Pengukur tekanan tinggi .....	47
Gambar 3.11	Flow meter evaporator dan kondensor .....	48
Gambar 3.12	Volt meter.....	49

Gambar 3.13	Ampere meter .....	49
Gambar 3.14	Katup air .....	53
Gambar 3.15	Sambungan pipa .....	54
Gambar 3.16	Bak penampung air.....	57
Gambar 4.1	Diagram P-H R-12 proses refrigerasi dengan laju aliran kondensor dan evaporator 0,5 lt/menit pada menit ke - 5 .....	70
Gambar 4.2	Diagram P-H R-12 proses refrigerasi dengan laju aliran kondensor dan evaporator 0,5 lt/menit pada menit ke – 10 .....	72
Gambar 4.3	Diagram P-H R-12 proses refrigerasi dengan laju aliran kondensor dan evaporator 0,5 lt/menit pada menit ke – 15.....	74
Gambar 4.4	Diagram P-H R-12 proses refrigerasi dengan laju aliran kondensor dan evaporator 0,5 lt/menit pada menit ke – 20 .....	76
Gambar 4.5	Diagram P-H R-12 proses refrigerasi dengan laju aliran kondensor dan evaporator 0,5 lt/menit pada menit ke – 25 .....	78
Gambar 4.6	Diagram P-H R-12 proses refrigerasi dengan laju aliran kondensor dan evaporator 0,5 lt/menit pada menit ke – 30 .....	80

Gambar 4.7	Diagram P-H R-12 proses refrigerasi dengan laju aliran kondensor dan evaporator 0,5 lt/menit pada menit ke – 35 .....	82
Gambar 4.8	Diagram P-H R-12 proses refrigerasi dengan laju aliran kondensor dan evaporator 0,5 lt/menit pada menit ke – 40 .....	84
Gambar 4.9	Grafik COP sebagai fungsi waktu .....	87
Gambar 4.10	Grafik COP sebagai fungsi suhu kerja evaporator .....	88
Gambar 4.11	Grafik Daya Kompresi sebagai fungsi waktu.....	90
Gambar 4.12	Grafik Daya Kompresi sebagai fungsi suhu kerja evaporator.....	91
Gambar 4.13	Grafik efisiensi kompresi sebagai fungsi waktu.....	93
Gambar 4.14	Grafik efisiensi kompresi sebagai fungsi suhu kerja evaporator .	94
Gambar 4.15	Diagram P-H R-12 proses refrigerasi dengan laju aliran kondensor dan evaporator 1 lt/menit pada menit ke – 5 .....	99
Gambar 4.16	Diagram P-H R-12 proses refrigerasi dengan laju aliran kondensor dan evaporator 1 lt/menit pada menit ke – 10 .....	101
Gambar 4.17	Diagram P-H R-12 proses refrigerasi dengan laju aliran kondensor dan evaporator 1 lt/menit pada menit ke – 15 .....	103
Gambar 4.18	Diagram P-H R-12 proses refrigerasi dengan laju aliran kondensor dan evaporator 1 lt/menit pada menit ke – 20 .....	105

Gambar 4.19	Diagram P-H R-12 proses refrigerasi dengan laju aliran kondensor dan evaporator 1 lt/menit pada menit ke – 25 .....	107
Gambar 4.20	Diagram P-H R-12 proses refrigerasi dengan laju aliran kondensor dan evaporator 1 lt/menit pada menit ke – 30 .....	109
Gambar 4.21	Diagram P-H R-12 proses refrigerasi dengan laju aliran kondensor dan evaporator 1 lt/menit pada menit ke – 35 .....	111
Gambar 4.22	Diagram P-H R-12 proses refrigerasi dengan laju aliran kondensor dan evaporator 1 lt/menit pada menit ke – 40 .....	113
Gambar 4.23	Grafik COP sebagai fungsi waktu .....	116
Gambar 4.24	Grafik COP sebagai fungsi suhu kerja evaporator .....	117
Gambar 4.25	Grafik Daya Kompresi sebagai fungsi waktu.....	119
Gambar 4.26	Grafik Daya Kompresi sebagai fungsi suhu kerja evaporator.....	120
Gambar 4.27	Grafik Efisiensi kompresi sebagai fungsi waktu .....	122
Gambar 4.28	Grafik Efisiensi kompresi sebagai fungsi suhu kerja evaporator	123

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Beberapa senyawa halokarbon .....	21
Tabel 2.2	Beberapa senyawa anorganik .....	22
Tabel 2.3	Beberapa senyawa hidrokarbon.....	22
Tabel 3.1	Uji Kelayakan.....	58
Tabel 4.1	Lembar Pencatat Data .....	62
Tabel 4.2	Pengujian refrigerasi dengan aliran evaporator dan kondensor 0.5 lt/menit.....	64
Tabel 4.3	Pengujian refrigerasi dengan aliran evaporator dan kondensor 1 lt/menit .....	66
Tabel 4.4	Data enthalpy proses refrigerasi dengan laju aliran kondensor dan evaporator 0,5 lt/menit.....	69
Tabel 4.5	COP sebagai fungsi waktu.....	86
Tabel 4.6	COP sebagai fungsi suhu kerja evaporator.....	87
Tabel 4.7	Daya Kompresi sebagai fungsi waktu .....	89
Tabel 4.8	Daya Kompresi sebagai fungsi suhu kerja evaporator .....	91
Tabel 4.9	Efisiensi kompresi sebagai fungsi waktu .....	93
Tabel 4.10	Efisiensi kompresi sebagai fungsi suhu kerja evaporator .....	94
Tabel 4.11	Data enthalpy proses refrigerasi dengan laju aliran kondensor dan evaporator 1 lt/menit .....	98
Tabel 4.12	COP sebagai fungsi waktu.....	115
Tabel 4.13	COP sebagai fungsi suhu kerja evaporator.....	117
Tabel 4.14	Daya Kompresi sebagai fungsi waktu .....	118
Tabel 4.15	Daya Kompresi sebagai fungsi suhu kerja evaporator .....	120
Tabel 4.16	Efisiensi kompresi sebagai fungsi waktu .....	122
Tabel 4.17	Efisiensi kompresi sebagai fungsi suhu kerja evaporator .....	123

## DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
W	Kerja Kompresi	KJ/Kg
H	Entalpy	KJ/Kg
q	Kapasitas Refrigerasi	KJ/Kg
$Q_e$	Kapasitas pendinginan air evaporator	KJ/s
$Q_c$	Kapasitas pendinginan air kondensor	KJ/s
$\dot{m}$	Aliran massa refrigeran	Kg/s
P	Daya Kompresi	KW
$\eta_c$	Efisiensi Kompresi	%
$q_c$	Pelepasan Kalor kondensor	Kj/Kg
$V_c$	Volume alir air masuk kondensor	lpm
$V_e$	Volume alir air masuk evaporator	lpm
$m_e$	Massa air masuk kondensor	Kg
$m_c$	Massa air masuk evaporator	Kg
T1	Temperatur Refrigerant Masuk Kompresor	°C
T2	Temperatur Refrigerant Keluar Kompresor	°C
T3	Temperatur Refrigerant Keluar Kondensor	°C
T4	Temperatur Refrigerant Masuk Evaporator	°C
T5	Temperatur Air Masuk Kondensor dan Evaporator	°C
T6	Temperatur Air Keluar Kondensor	°C
T7	Temperatur Air Keluar Evaporator	°C
P1	Tekanan Refrigerant Keluar Evaporator	Kg/cm <sub>2</sub>
P2	Tekanan Refrigerant Keluar Kompresor	Kg/cm <sub>2</sub>

P3	Tekanan Refrigerant Keluar Kondensor	Kg/cm <sub>2</sub>
P4	Tekanan Refrigerant Masuk evaporator	Kg/cm <sub>2</sub>
I	Arus Listrik	Ampere
V	Voltase	Volt
Cp	Kalor spesifik	KJ/Kg K
$\Delta t_{\text{evap}}$	Perbedaan suhu evaporator	°C
$\Delta t_{\text{cond}}$	Perbedaan suhu Kondensor	°C
RE	Dampak refrigerasi	KJ/Kg