

**PLAGIAT MERUPAKAN TINDAKAN TIDAK TERPUJI**

**KULKAS 2 PINTU PANJANG PIPA KAPILER 170 CM  
DENGAN REFRIGERAN R134a DAN DENGAN DAYA 1/8 PK**

**Skripsi**

Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan

Mencapai Gelar Sarjana Teknik di Prodi Teknik Mesin



**Disusun Oleh :**

**IGNASIUS JOKO WIDIONO**

**NIM : 105214058**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS SANATA DHARMA**

**YOGYAKARTA**

**2015**

**KULKAS 2 PINTU PANJANG PIPA KAPILER 170 CM  
DENGAN REFRIGERAN R134a DAN DENGAN DAYA 1/8 PK**

**Skripsi**

Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan

Mencapai Gelar Sarjana Teknik di Prodi Teknik Mesin



Disusun Oleh :

**IGNASIUS JOKO WIDIONO**

**NIM : 105214058**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UNIVERSITAS SANATA DHARMA**

**YOGYAKARTA**

**2015**

**TWO DOOR REFRIGERATOR 170 CM LONG CAPILLARY TUBES  
WITH REFRIGERANT R134a AND 1/8 PK POWER  
FINAL PROJECT**

As Partial Fulfillment of The Requirement  
to Obtain The *Sarjana Teknik* in Mechanical Engineering



By

**IGNASIUS JOKO WIDIONO**

**Student Number : 105214058**

**MECHANICAL ENGINEERING STUDY PROGRAM  
MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY  
SANATA DHARMA UNIVERSITY  
YOGYAKARTA**

**2015**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**SKRIPSI**

**KULKAS 2 PINTU PANJANG PIPA KAPILER 170 CM**

**DENGAN REFRIGERAN R134a DAN DENGAN DAYA 1/8 PK**

Disusun oleh:

IGNASIUS JOKO WIDIONO

NIM : 105214058

Telah disetujui oleh

Dosen Pembimbing Skripsi



Ir. PK. Purwadi, MT

**KULKAS 2 PINTU PANJANG PIPA KAPILER 170 CM  
DENGAN REFRIGERAN R134a DAN DENGAN DAYA 1/8 PK**

Dipersiapkan dan disusun oleh

**NAMA : IGNASIUS JOKO WIDIONO**

**NIM : 105214058**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji pada tanggal 17 Februari 2015

Susunan Dewan Penguji

Nama Lengkap

Ketua: Doddy Purwadianto, ST, MT

Sekretaris : Wibowo Kusbandono, ST, MT

Anggota : Ir. PK. Purwadi, MT

Tanda tangan



Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar  
Sarjana Teknik

Yogyakarta, 17 Februari 2015

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Sanata Dharma

Yogyakarta

Dekan



Paulina Heruningsih Prima Rosa, S.Si., M.Sc.

**PERNYATAAN KEASLIAN KARYA**

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi yang saya tulis ini tidak memuat karya atau bagian karya orang lain, kecuali yang telah disebutkan dalam kutipan dan daftar pustaka sebagaimana layaknya karya ilmiah.

Yogyakarta, 17 Februari 2015

Penulis



**Ignasius Joko Widiono**

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH  
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya mahasiswa Universitas Sanata Dharma :

Nama : Ignasius Joko Widiono

Nomor Mahasiswa : 105214058

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya memberikan kepada Perpustakaan Universitas Sanata Dharma karya ilmiah saya yang berjudul:

**Kulkas 2 Pintu Panjang Pipa Kapiler 170 dengan Refrigeran R134a dan Berdaya 1/8 PK**

Beserta perangkat yang diperlukan. Dengan demikian saya memberikan kepada Perpustakaan Universitas Sanata Dharma hak untuk menyimpan, mengalihkan dalam bentuk media lain, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data, mendistribusikan secara terbatas, dan mempublikasikannya di internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya maupun memberikan royalti kepada saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Yogyakarta, 17 Februari 2015

Yang menyatakan



**Ignasius Joko Widiono**

ABSTRAK

Widiono, I. (2015). *Kulkas 2 Pintu Panjang Pipa Kapiler 170 dengan Refrigeran R134a dan Berdaya 1/8 PK*. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.

Saat ini mesin pendingin sangat penting dalam kehidupan sehari-hari terutama di daerah beriklim tropis khususnya Indonesia. Mesin pendingin dapat digunakan untuk pengkondisian udara ataupun mendinginkan bahan makanan dan minuman. Mengingat peran dan pentingnya mesin pendingin secara umum, maka diperlukan pengetahuan tentang pembuatan dan pengembangan mesin pendingin.

Pembuatan mesin pendingin menggunakan kompresor yang menggunakan listrik sebagai energi penggerakannya, evaporator, kondensor, pipa kapiler. Mesin pendingin menggunakan siklus kompresi uap. Pembuatan mesin pendingin kulkas dua pintu sama seperti yang ada di pasaran dengan menggunakan daya kompresor 1/8 Pk, dan menggunakan refrigeran R134a.

Pengujian mesin pendingin berjalan dengan baik dengan beban air sebanyak 600 ml. Kisaran suhu kerja evaporator mencapai  $-19^{\circ}\text{C}$  dan suhu kerja kondensor sebesar  $41,3^{\circ}\text{C}$ . Kerja kompresor ( $W_{in}$ ) terendah sebesar 49 kJ / kg dan tertinggi sebesar 54 kJ / kg. Energi kalor yang diserap evaporator ( $Q_{in}$ ) terendah sebesar 169 kJ/kg dan tertinggi sebesar 182 kJ / kg. Energi kalor yang dilepas kondensor ( $Q_{out}$ ) terendah sebesar 221 kJ / kg dan tertinggi sebesar 232 kJ / kg.  $COP_{aktual}$  terendah sebesar 3,18 dan tertinggi sebesar 3,71.  $COP_{ideal}$  terendah sebesar 4,07 dan tertinggi sebesar 4,39. Efisiensi terendah sebesar 77,43% dan tertinggi sebesar 87,91%, serta laju aliran massa terendah sebesar 0,00252 kg / detik dan tertinggi sebesar 0,00278 kg / detik.

**Kata Kunci :** mesin pendingin, siklus kompresi uap,  $COP_{aktual}$ ,  $COP_{ideal}$ , efisiensi, laju aliran massa.

ABSTRACT

Widiono, I. (2015). *Two Door Refrigerator 170 cm Long Capillary Tubes With Refrigerant R134a AND 1/8 PK Power*. Thesis. Yogyakarta: Sanata Dharma University.

Now a days refrigerator is very important in everyday life, especially in tropical areas, such as in Indonesia. Refrigerator can be used for air conditioning or cooling food and drinks. Because of the role and importance of refrigeration in general, the knowledge of the manufacturing and development of refrigeration becomes important.

Refrigerator manufacturing used electrically powered compressor, evaporator, condenser, and capillary tube. The refrigerator itself used vapor compression cycle. Two-door refrigerator manufacturing went through the same process as the refrigerators that are widely sold in the market by using a 1/8 Pk compressor power, and used R134a refrigerant.

The refrigerator testing process went well with 600 ml water load. The range of the evaporator working temperature reached  $-19^{\circ}\text{C}$  and the condenser working temperature reached  $41.3^{\circ}\text{C}$ . The lowest compressor level ( $W_{in}$ ) was 49 kJ / kg and the highest was 54 kJ / kg. The heat energy absorbed by the evaporator ( $Q_{in}$ ) reached the lowest level at 169 kJ / kg and the highest was 182 kJ / kg. Condenser heat energy released ( $Q_{out}$ ) reached the lowest point at 221 kJ / kg and the highest was 232 kJ / kg. The lowest  $\text{COP}_{actual}$  was at 3.18 and the highest was 3.71. The lowest  $\text{COP}_{ideal}$  level was at 4.07 and the highest was 4.39. The lowest efficiency level was at 77.43% and the highest was 87.91%, and the lowest mass flow rate level was at 0.00252 kg / sec and the highest at 0.00278 kg / sec.

**Keywords:** refrigerator, the vapor compression cycle,  $\text{COP}_{actual}$ ,  $\text{COP}_{ideal}$ , efficiency, mass flow rate.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat, kasih karunia serta penyertaan-Nya yang diberikan kepada penulis selama penyusunan skripsi yang berjudul **“Kulkas 2 Pintu Panjang Pipa Kapiler 170 cm dengan Refrigeran R134a dan Berdaya 1/8 PK”**

Penyusunan Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi program sarjana S1 di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini melibatkan berbagai pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Paulina Heruningsih Prima Rosa, S.Si, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
2. Ir. Petrus Kanisius Purwadi, M.T., selaku Ketua Program Studi Fakultas dan Teknologi Universitas Sanata Dharma Yogyakarta, sekaligus sebagai Dosen Pembimbing skripsi yang penuh kesabaran telah membimbing, membantu, serta meluangkan waktunya kepada penulis dalam proses penulisan skripsi ini.
3. Dr. Drs. Vet. Asan Damanik, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik.
4. Segenap Dosen Prodi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanata Dharma Yogyakarta yang telah mendidik dan membagikan ilmunya selama penulis menyelesaikan studi.

## PLAGIAT MERUPAKAN TINDAKAN TIDAK TERPUJI

5. Kedua orang tua, Stevanus dan Yuliasuti tercinta, yang selalu memberikan dukungan, doa serta kasih sayang kepada penulis.
6. Fransiskus K. Kurnianto, selaku Paman yang selalu memberikan dukungan moral maupun material serta seluruh Keluarga Besar Alm. FX. Suharyoto yang selalu memberikan doa serta motivasi kepada penulis.
7. Leo Martino, Adrianus Adri, dan Duwi Septianto, selaku rekan penelitian terima kasih atas segala bantuan dan kerjasamanya.
8. Teman-teman Teknik Mesin angkatan 2010, yang senantiasa membantu serta menguatkan penulis.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu penulis selama menyelesaikan studi di Yogyakarta.

Penulis juga menyadari bahwa penyusunan Skripsi ini tidaklah sempurna, untuk itu penulis mengharapkan segala kritik dan saran yang membangun. Dan penulis berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan memberikan sedikit sumbangan buat Ilmu Pengetahuan.

Yogyakarta, 17 Februari 2015

Penulis



**Ignasius Joko Widiono**

DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>TITLE PAGE</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN PEMBIMBING</b> .....	iv
<b>PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR</b> .....	v
<b>LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS</b> .....	vi
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
2.1 Dasar Teori .....	5

# PLAGIAT MERUPAKAN TINDAKAN TIDAK TERPUJI

2.1.1 Definisi Mesin Pendingin .....	5
2.1.2 Komponen Utama Mesin Kulkas.....	5
2.1.3 Komponen Pendukung Mesin Kulkas .....	12
2.1.4 Bahan Pendingin (Refrigeran) .....	16
2.1.5 Siklus Kompresi Uap pada Mesin Kulkas Dua Pintu.....	22
2.1.6 Perpindahan Panas .....	26
2.1.7 Perhitungan Karakteristik Kulkas Dua Pintu.....	30
2.2 Tinjauan Pustaka.....	34
<b>BAB III PEMBUATAN ALAT .....</b>	<b>37</b>
3.1 Diagram Alir Pembuatan dan Pengambilan Data.....	37
3.2 Komponen – Komponen Kulkas Dua Pintu .....	38
3.3 Peralatan Pendukung Pembuatan Alat.....	43
3.4 Langkah – langkah Pembuatan Alat .....	51
<b>BAB IV METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>59</b>
4.1 Mesin yang Diteliti .....	59
4.2 Skematik Mesin Pendingin yang Diteliti.....	60
4.3 Alat Bantu Penelitian.....	61
4.4 Cara Mendapatkan Data Suhu, Tekanan, Arus dan Voltage .....	66
4.5 Cara Mengolah Data .....	66
4.6 Cara Mendapatkan Kesimpulan.....	68
<b>BAB V HASIL PENELITIAN, PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN ....</b>	<b>69</b>
5.1 Hasil Penelitian.....	69
5.2 Perhitungan .....	72

5.3 Pembahasan .....	82
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>86</b>
6.1 Kesimpulan .....	86
6.2 Saran .....	87
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>88</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>89</b>
Lampiran P-h Diagram pada menit ke 15.....	90
Lampiran P-h Diagram pada menit ke 30.....	91
Lampiran P-h Diagram pada menit ke 45.....	92
Lampiran P-h Diagram pada menit ke 60.....	93
Lampiran P-h Diagram pada menit ke 75.....	94
Lampiran P-h Diagram pada menit ke 90.....	95
Lampiran P-h Diagram pada menit ke 105.....	96
Lampiran P-h Diagram pada menit ke 120.....	97
Lampiran P-h Diagram pada menit ke 135.....	98
Lampiran P-h Diagram pada menit ke 150.....	99
Lampiran P-h Diagram pada menit ke 165.....	100
Lampiran P-h Diagram pada menit ke 180.....	101

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Cara mencatat hasil pengukuran suhu, tekanan, arus dan voltage .....	66
Tabel 5.1 Nilai rata – rata suhu masuk kompresor, keluar kondensor, tekanan masuk kompresor, keluar kompresor, arus, dan voltage .....	69
Tabel 5.2 Menyajikan suhu kerja evaporator dan suhu keluar kompresor, suhu kerja kondensor, dan suhu keluar kompresor .....	70
Tabel 5.3 Nilai entalpi R134a .....	71
Tabel 5.4 Kerja kompresor persatuan massa refrigeran R134a ( $W_{in}$ ) .....	72
Tabel 5.5 Energi kalor persatuan massa refrigeran R134a yang dilepaskan oleh kondensor ( $Q_{out}$ ) .....	73
Tabel 5.6 Energi kalor persatuan massa refrigeran R134a yang diserap oleh evaporator ( $Q_{in}$ ) .....	75
Tabel 5.7 Hasil perhitungan <i>Coefficient of Performance</i> ( $COP_{aktual}$ ) .....	76
Tabel 5.8 Hasil perhitungan <i>Coefficient of Performance</i> ( $COP_{ideal}$ ) .....	78
Tabel 5.9 Hasil perhitungan Efisiensi kulkas dua pintu .....	79
Tabel 5.10 Laju aliran massa refrigeran .....	81

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Kompresor hermetik.....	7
Gambar 2.2 Kondensor dengan jari – jari penguat .....	8
Gambar 2.3 Kondensor jenis pipa dengan plat besi.....	8
Gambar 2.4 Kondensor jenis pipa dengan sirip – sirip.....	8
Gambar 2.5 Evaporator jenis permukaan datar.....	9
Gambar 2.6 Evaporator jenis pipa dengan sirip – sirip.....	10
Gambar 2.7 Evaporator jenis pipa – pipa.....	10
Gambar 2.8 Pipa kapiler.....	11
Gambar 2.9 Filter .....	12
Gambar 2.10 Thermostat.....	14
Gambar 2.11 Kipas (fan motor) .....	14
Gambar 2.12 Defrost timer .....	15
Gambar 2.13 Heater (pemanas).....	16
Gambar 2.14 Refrigeran R-22.....	18
Gambar 2.15 Refrigeran R134a .....	19
Gambar 2.16 Refrigeran R600a .....	20
Gambar 2.17 Skema rangkaian mesin kulkas .....	23
Gambar 2.18 Siklus kompresi uap pada diagram P – h .....	23
Gambar 2.19 Siklus kompresi uap pada diagram T – s.....	24
Gambar 2.20 Perpindahan panas radiasi .....	27
Gambar 2.21 Perpindahan panas konduksi .....	28

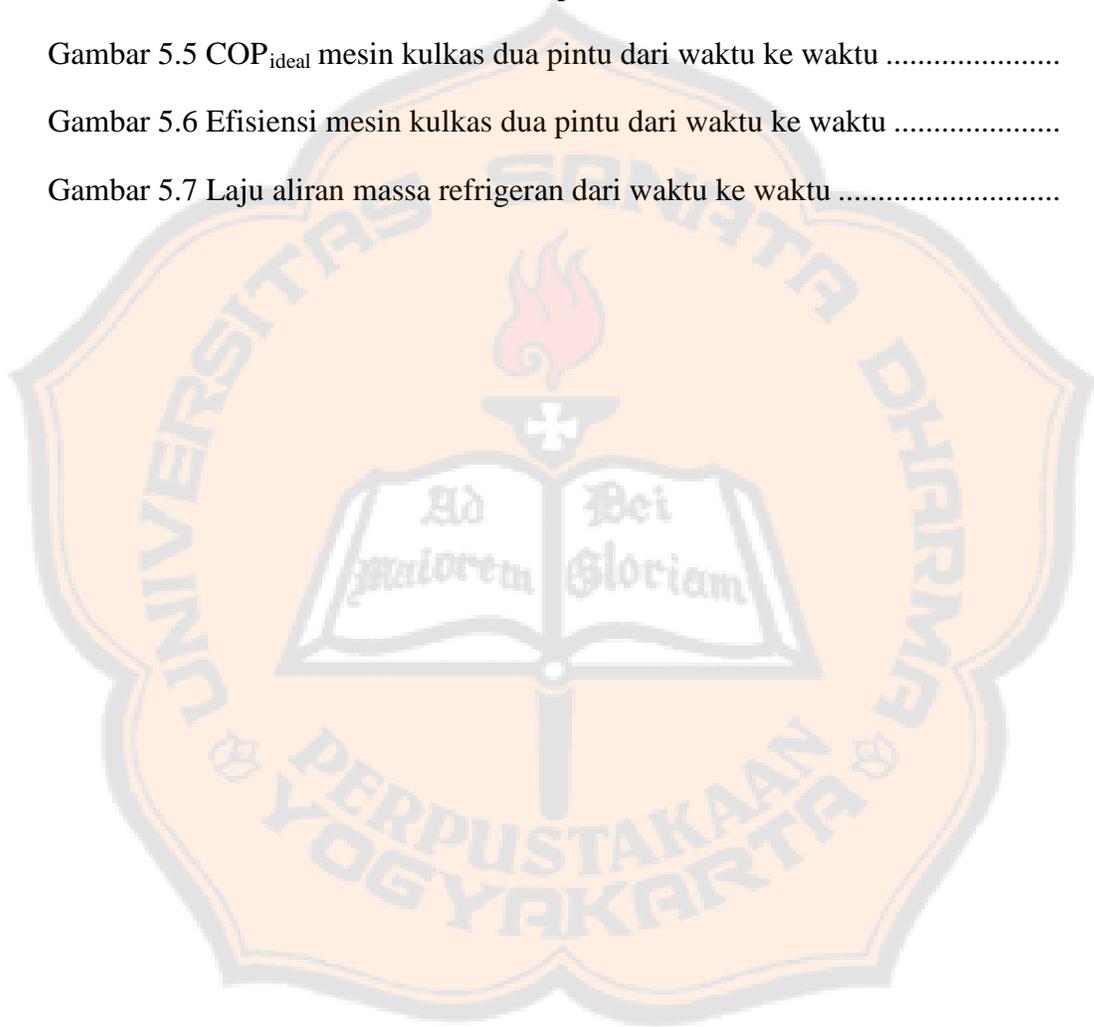
## PLAGIAT MERUPAKAN TINDAKAN TIDAK TERPUJI

Gambar 2.22 Perpindahan panas konveksi .....	29
Gambar 3.1 Diagram alir pembuatan kulkas dan pengambilan data .....	37
Gambar 3.2 Skematik dan Konstruksi kulkas dua pintu .....	38
Gambar 3.3 Ruang pendinginan / Evaporator .....	38
Gambar 3.4 Kompresor .....	39
Gambar 3.5 Kondensor .....	40
Gambar 3.6 Evaporator pipa dengan sirip – sirip .....	41
Gambar 3.7 Pipa kapiler.....	42
Gambar 3.8 Filter .....	42
Gambar 3.9 Refrigeran R134a .....	43
Gambar 3.10 Pelebar pipa .....	44
Gambar 3.11 Tang.....	44
Gambar 3.12 <i>Tuber Cutter</i> (Pemotong pipa) .....	45
Gambar 3.13 Bahan Las .....	46
Gambar 3.14 Alat Las .....	46
Gambar 3.15 Fan Motor (Kipas).....	47
Gambar 3.16 Pompa Vakum.....	48
Gambar 3.17 <i>Manifold Gauge</i> .....	48
Gambar 3.18 Plat Baja Siku .....	49
Gambar 3.19 Thermostat.....	49
Gambar 3.20 Box Plastik .....	50
Gambar 3.21 <i>Stereofom</i> .....	50
Gambar 3.22 Perakitan Rangka Kulkas .....	51

## PLAGIAT MERUPAKAN TINDAKAN TIDAK TERPUJI

Gambar 3.23 Proses Pengelasan Filter dengan Kondensor.....	52
Gambar 3.24 Pengelasan antara Filter dengan Pipa Kapiler.....	53
Gambar 3.25 Proses Pengelasan Pipa Kompresor dengan Kondensor .....	54
Gambar 3.26 Proses Pengelasan Pipa Kapiler dengan Evaporator .....	54
Gambar 3.27 Proses Pengelasan Evaporator dengan Kompresor .....	55
Gambar 3.28 Proses Pengisian Metil .....	56
Gambar 3.29 Proses Pemvakuman.....	57
Gambar 3.30 Proses Pengisian Refrigeran R134a .....	57
Gambar 4.1 (a) Mesin kulkas dua pintu yang diteliti tampak luar, (b) Skematik mesin kulkas dua pintu .....	59
Gambar 4.2 Skematik mesin pendingin kulkas dua pintu.....	60
Gambar 4.3 (a) Termokopel dan (b) Penampilan suhu digital APPA.....	61
Gambar 4.4 Pengukur Tekanan.....	62
Gambar 4.5 Isolasi .....	63
Gambar 4.6 Tang Meter .....	63
Gambar 4.7 Aqua Botol .....	64
Gambar 4.8 Kabel Roll .....	64
Gambar 4.9 P – h Diagram.....	65
Gambar 4.10 Cara menggambarkan siklus kompresi uap pada P-h diagram .....	67
Gambar 5.1 Kerja kompresor persatuan massa refrigeran dari waktu ke waktu .....	73
Gambar 5.2 Energi kalor persatuan massa refrigeran yang dilepaskan kondensor dari waktu ke waktu.....	74

Gambar 5.3 Energi kalor persatuan massa refrigeran yang diserap evaporator dari waktu ke waktu .....	76
Gambar 5.4 $COP_{\text{aktual}}$ mesin kulkas dua pintu dari waktu ke waktu .....	77
Gambar 5.5 $COP_{\text{ideal}}$ mesin kulkas dua pintu dari waktu ke waktu .....	79
Gambar 5.6 Efisiensi mesin kulkas dua pintu dari waktu ke waktu .....	80
Gambar 5.7 Laju aliran massa refrigeran dari waktu ke waktu .....	82



## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Seiring dengan kemajuan teknologi dan meningkatnya taraf hidup, mesin pendingin semakin banyak dimanfaatkan. Hampir di setiap tempat, banyak ditemui mesin – mesin pendingin. Seperti yang sering kita jumpai di dalam rumah tangga, di tempat – tempat hiburan, di mall, di berbagai alat transportasi, dan lain sebagainya. Beberapa jenis mesin pendingin dapat dilihat dari fungsinya. Ada mesin pendingin yang berfungsi untuk mendinginkan udara, membekukan, dan ada juga mesin pendingin yang dipergunakan untuk sistem pengkondisian udara. Contoh mesin pendingin yang berfungsi untuk mendinginkan dan membekukan adalah : *freezer, kulkas, ice maker, showcase, dispenser, cold storage* dan lain – lain. Dan contoh mesin pendingin yang digunakan untuk pengkondisian udara seperti AC (*Air Conditioner*), *water chiller*, dan lain sebagainya.

Mesin pendingin terutama kulkas dan AC ini menjadi barang yang sudah tidak asing lagi, khususnya di kota besar seperti di Jakarta yang mempunyai suhu udara yang cenderung panas. Hampir semua rumah tangga memiliki kulkas karena sangat bermanfaat besar bagi keperluan rumah tangga yang berguna sebagai tempat menyimpan dan mengawetkan makanan dan minuman serta disisi lain kulkas biasa sebagai sumber pendapatan tambahan misalnya dengan membuat es batu, es lilin, dan lain-lainnya.

Dengan kondisi yang seperti ini pada akhirnya akan diikuti dengan meningkatnya kebutuhan akan pelayanan jasa reparasi alat pendingin seperti kulkas, AC, dan lain-lainnya. Saat ini sudah terdapat banyak tempat atau bengkel yang menawarkan jasa reparasi. Untuk menjaga kualitas pelayanan, para teknisi terutama teknisi yang baru umumnya mengikuti pelatihan – pelatihan. Namun ada kalanya pelatihan tersebut dibatasi oleh waktu, mutu sumber daya manusia, sehingga kadang kala dirasakan kurang efektif dan efisien.

Mesin pendingin memiliki peran yang cukup penting dalam kehidupan rumah tangga, industri, sarana transportasi, sarana olahraga, dan hiburan. Mengingat pentingnya peranan mesin pendingin bagi masyarakat disaat sekarang ini, maka penulis berkeinginan untuk mempelajari, memahami, dan mengenal kerja mesin pendingin. Dengan cara membuat sistem suatu mesin pendingin tersebut, meskipun dengan kapasitas ukuran skala rumah tangga.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Dalam penelitian ini, akan dicari karakteristik mesin pendingin siklus kompresi uap. Mesin pendingin yang akan ditinjau adalah mesin kulkas dua pintu dengan daya 1/8 PK. Mesin pendingin yang dipergunakan dalam penelitian ini merupakan mesin kulkas hasil buatan penulis.

## **1.3 Tujuan**

Adapun tujuan Penelitian adalah:

- a. Dapat membuat mesin pendingin skala rumah tangga dengan menggunakan siklus kompresi uap.
- b. Menghitung kerja kompresor, kalor yang diserap evaporator dan kalor yang dilepas kondensor dari mesin pendingin.
- c. Mengetahui COP dari mesin pendingin (COP ideal dan COP aktual).
- d. Mengetahui efisiensi dari mesin pendingin kulkas dua pintu.
- e. Menghitung laju aliran massa refrigeran.

#### 1.4 Batasan – batasan

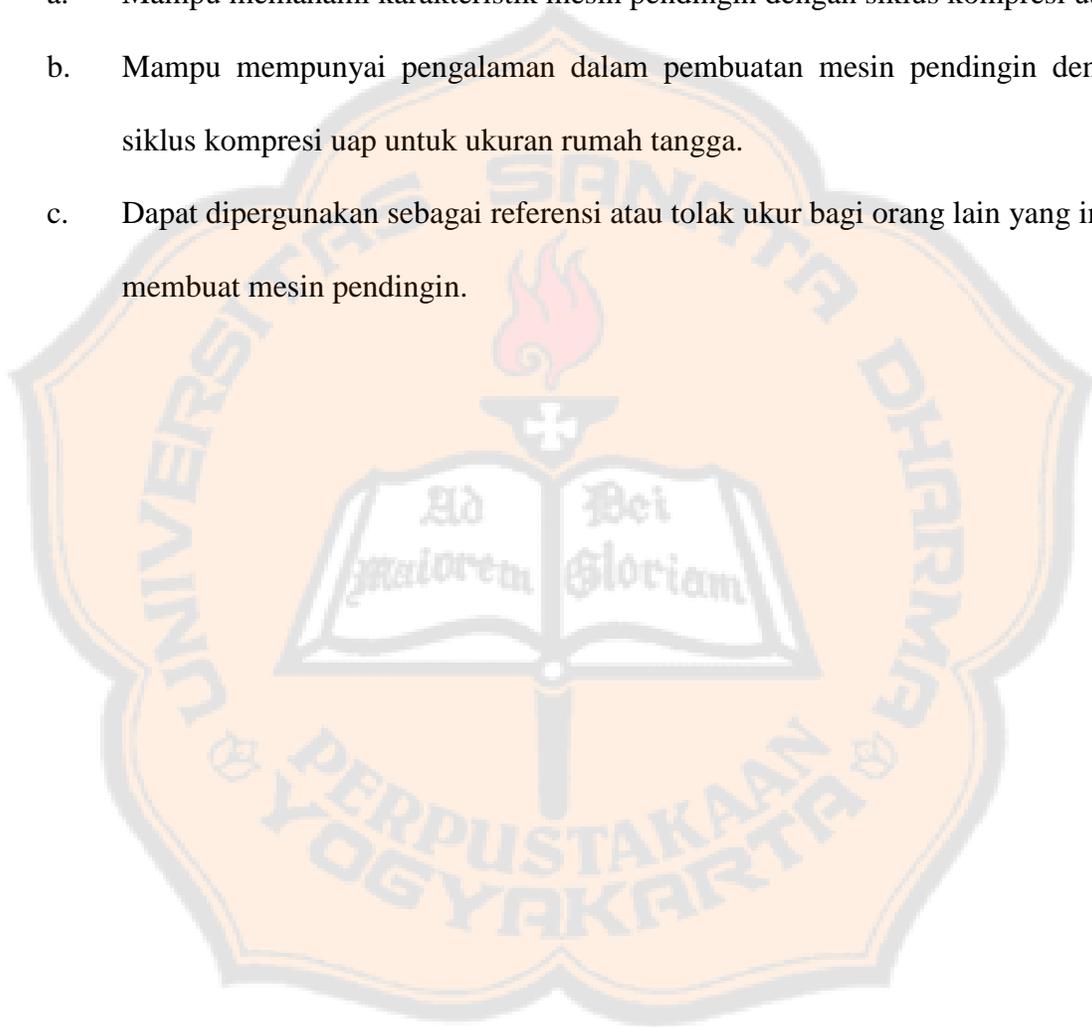
Batasan – batasan yang dipergunakan dalam pembuatan mesin pendingin siklus kompresi uap. Batasan – batasan tersebut antara lain:

- a. Refrigeran yang digunakan dalam mesin pendingin adalah R134a
- b. Komponen mesin pendingin terdiri dari komponen utama seperti: kompresor, kondensor, pipa kapiler, filter, evaporator, termostat, katup ekspansi dan tempat untuk membekukan air (berbentuk tabung).
- c. Panjang pipa kapiler yang digunakan adalah 170 cm dan dengan diameter 0,028 inch (0,71 mm).
- d. Kompresor dengan daya 1/8 PK, jenis kompresor semi hermetik.
- e. Beban pendinginan yang digunakan adalah air dengan volume 600 ml.
- f. Perhitungan mesin kulkas didasarkan pada kondisi ideal kerja siklus kompresi uap dari mesin kulkas.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat pelaksanaan pengujian mesin pendingin Kulkas dua pintu adalah:

- a. Mampu memahami karakteristik mesin pendingin dengan siklus kompresi uap.
- b. Mampu mempunyai pengalaman dalam pembuatan mesin pendingin dengan siklus kompresi uap untuk ukuran rumah tangga.
- c. Dapat dipergunakan sebagai referensi atau tolak ukur bagi orang lain yang ingin membuat mesin pendingin.



## **BAB II**

### **DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Dasar Teori**

##### **2.1.1 Definisi Mesin Pendingin**

Mesin pendingin atau disebut juga dengan refrigerator adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan panas dari dalam ruangan yang bertemperatur rendah ke luar ruangan yang bertemperatur tinggi. Adapun sistem mesin pendingin yang paling banyak digunakan adalah sistem kompresi uap.

Mesin pendingin menggunakan bahan pendingin (refrigeran) yang bersirkulasi menyerap panas dan melepaskan panas, serta terjadi perubahan tekanan rendah menjadi tekanan tinggi. Sirkulasi tersebut berulang secara terus menerus. Dalam sistem mesin pendingin jumlah refrigeran yang digunakan adalah tetap, yang berubah adalah fasenya. Jenis mesin pendingin dengan sirklus kompresi uap adalah mesin yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari karena memiliki nilai COP yang tinggi. Jenis mesin pendingin dengan sirklus kompresi uap menggunakan kompresor sebagai komponen utama untuk menaikkan tekanan dan mensirkulasikan refrigeran.

##### **2.1.2 Komponen Utama Mesin Kulkas**

Komponen lainnya adalah pipa kapiler atau katub ekspansi yang berfungsi untuk menurunkan tekanan refrigeran. Evaporator berfungsi untuk menyerap panas dan kondensor berfungsi untuk melepaskan panas. Evaporator dan

kondensor juga merupakan komponen utama dari mesin pendingin. Komponen – komponen utama mesin pendingin, terdiri dari: (a) kompresor (b) kondensor (c) evaporator (d) pipa kapiler (e) filter.

a. Kompresor

Kompresor adalah suatu alat dalam mesin pendingin yang cara kerjanya dinamis atau bergerak. Kompresor merupakan bagian terpenting di dalam mesin pendingin. Kompresor bekerja menghisap sekaligus memompa refrigeran sehingga terjadi sirkulasi (perputaran) yang mengalir ke pipa – pipa mesin pendingin. Kompresor yang sering dipakai pada mesin pendingin adalah hermetik, konstruksi dari kompresor jenis ini menempatkan motor listrik dengan komponen mekanik ada dalam satu rumah.

Keuntungan kompresor hermetik:

- a. Tidak memakai sil pada porosnya, dapat terbebas dari kebocoran dan sistem pelumasannya lebih sederhana.
- b. Bentuknya kecil, kompak dan harganya lebih murah.
- c. Tidak memakai tenaga penggerak dari luar, suaranya lebih tenang, getarannya kecil.

Kerugian kompresor hermetik:

- a. Bagian yang rusak di dalam rumah kompresor tidak dapat diperbaiki sebelum rumah kompresor dipotong.
- b. Minyak pelumas di dalam kompresor hermetic susah diperiksa.



a. Tampak luar

b. Tampak dalam

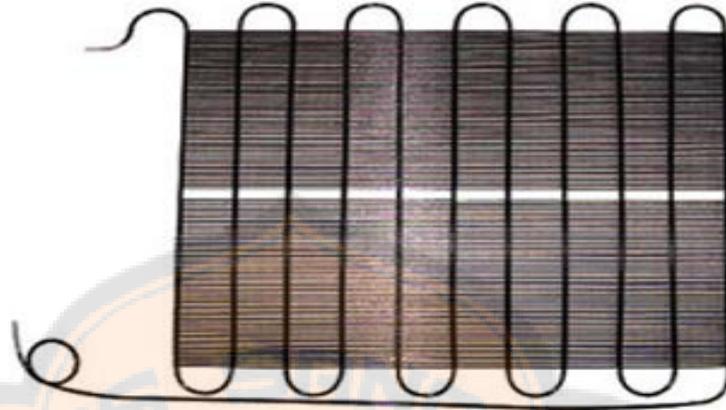
**Gambar 2.1** Kompresor hermetik

Keterangan bagian dalam kompresor:

- |                 |                                   |
|-----------------|-----------------------------------|
| a. Rotor        | e. Saluran isap minyak pelumas    |
| b. Stator       | f. Saluran pengeluaran refrigeran |
| c. Silinder     | g. Terminal                       |
| d. Poros engkol |                                   |

b. Kondensor

Kondensor adalah suatu alat untuk merubah fase bahan pendingin dari bentuk gas menjadi cair. Pada saat terjadinya perubahan fase tersebut, bahan pendingin dari kompresor dengan suhu dan tekanan tinggi, panasnya keluar melalui permukaan rusuk-rusuk kondensor ke udara. Sebagai akibat dari kehilangan panas, bahan pendingin mengalami proses penurunan suhu sampai pada kondisi gas jenuh kemudian mengembum berubah menjadi cair dan di lanjutkan dengan proses pendingin lanjut. Kondensor yang sering dipakai pada mesin pendingin kapasitas kecil adalah jenis pipa dengan jari – jari penguat, pipa dengan pelat besi dan pipa-pipa dengan sirip – sirip.



**Gambar 2.2** Kondensor dengan jari – jari penguat



**Gambar 2.3** Kondensor jenis pipa dengan plat besi



**Gambar 2.4** Kondensor jenis pipa dengan sirip-sirip

c. Evaporator

Evaporator adalah suatu tempat dimana bahan pendingin menguap dari cair menjadi gas. Melalui perpindahan panas dari dinding – dindingnya, mengambil panas dari ruangan di sekitarnya ke dalam sistem, panas tersebut lalu di bawa ke kompresor dan dikeluarkan lagi oleh kondensor. Evaporator berbentuk jaringan atau pipa yang dikonstruksi sedemikian rupa. Pipa evaporator ada yang terbuat dari bahan tembaga, besi, aluminium, atau kuningan. Namun kebanyakan terbuat dari aluminium dan besi. Kerusakan yang sering dijumpai pada evaporator adalah kebocoran pipa. Hampir semua kerusakan terjadi karena kebocoran sehingga mesin pendingin tidak mampu mendinginkan (ruang pendingin). Jenis evaporator yang banyak digunakan pada mesin pendingin adalah jenis permukaan datar, pipa-pipa dan pipa dengan sirip-sirip.



**Gambar 2.5** Evaporator jenis permukaan datar



**Gambar. 2.6** Evaporator jenis pipa dengan sirip – sirip



**Gambar 2.7** Evaporator jenis pipa – pipa

d. Pipa Kapiler

Pipa kapiler adalah salah satu alat ekspansi. Alat ekspansi ini mempunyai dua kegunaan yaitu untuk menurunkan tekanan refrigeran cair dan untuk mengatur aliran refrigeran ke evaporator. Pipa kapiler merupakan suatu pipa pada mesin pendingin yang mempunyai diameter yang paling kecil jika dibandingkan dengan

pipa-pipa lainnya. Jika pada evaporator pipanya mempunyai diameter 8 mm, maka untuk pipa kapiler berdiameter 1,7 mm. Fungsi pipa kapiler yaitu untuk menurunkan tekanan bahan pendingin cair yang mengalir di dalam pipa. Kerusakan mesin pendingin paling banyak dijumpai pada pipa kapiler yaitu terjadi bocor dan tersumbat.

Pipa kapiler gunanya adalah untuk:

- Menurunkan tekanan bahan pendingin cair yang mengalir di dalam pipa tersebut.
- Mengontrol atau mengatur jumlah bahan pendingin cair yang mengalir dari sisi tekanan tinggi ke sisi tekanan rendah.



**Gambar 2.8** Pipa Kapiler

e. Filter

Filter (saringan) berguna menyaring kotoran yang mungkin terbawa aliran bahan pendingin selama melakukan sirkulasi. Sehingga tidak masuk ke dalam kompresor dan pipa kapiler. Selain itu, bahan pendinginan yang akan disalurkan pada proses berikutnya lebih bersih sehingga dapat menyerap kalor lebih

maksimal. Bentuk dari alat ini berupa tabung kecil dengan diameter antara 10-20 mm, sedangkan panjangnya tidak kurang dari 8-15 cm.



**Gambar 2.9** Filter

### 2.1.3 Komponen Pendukung Mesin Kulkas

#### a. Thermostat

Thermostat pada mesin kulkas atau pendingin berfungsi sebagai pengatur suhu, sehingga temperatur dalam sebuah ruangan selalu stabil sesuai kebutuhan. Pada mesin pendingin selalu menggunakan alat pengatur suhu salah satunya adalah thermostat yang banyak diaplikasikan pada kulkas, freezer, dan showcase.

Pada thermostat juga terdapat fungsi – fungsi sebagai berikut.

- (1) Pengatur batas suhu di dalam kulkas.
- (2) Pengatur kompresor dan dinamo untuk bekerja kembali secara otomatis.
- (3) Pengatur lamanya kompresor dan dinamo bekerja secara otomatis. Thermostat bekerja secara otomatis dan sesuai dengan batas suhu yang diset.

Prinsip Kerja Thermostat sebagai berikut:

**Kondisi I**

Bila suhu pada ruang pendingin (evaporator) mencapai suhu rendah atau sangat rendah, cairan dan gas yang ada di dalam bulb akan membeku. Otomatis cairan dan gas ini menyusut dan tekanannya menurun. Menurunnya tekanannya di bulb menyebabkan gas yang berada di bellow ( ruang gas ) mengalir melalui pipa kapiler ke bulb. Bellow kemudian menyusut, sehingga tekanannya pun berkurang. Maka, Kontak Listrik akan terputus. Secara otomatis, dinamo dan kompresor pun akan berhenti bekerja.

**Kondisi II**

Bila suhu ruang pendingin naik kembali, cairan dan gas pada bulb akan mencair dan mengalir ke ruang gas (bellow). Ruang gas akan menekan kontak , sehingga listrik mengalir kembali. Dinamo dan kompresor pun kembali bekerja.

Tombol pada thermostat menunjukkan batas suhu atau range . Dengan ini, kita dapat menentukan batas atas atau suhu terpanas dan suhu terendah. Jika suhu terendah telah tercapai di dalam kulkas, secara otomatis akan menghentikan kompresor. Bila suhu tertinggi tercapai, kompresor hidup secara otomatis lagi, begitu terus menerus.



**Gambar 2.10** Thermostat

b. Kipas (fan motor)

Fan motor ada dua. Satu ditempatkan di dalam evaporator, berfungsi untuk membuat sirkulasi udara di dalam kulkas. Satu lagi ditempatkan pada bagian luar bawah kulkas dengan motor yang lebih besar untuk pembuangan udara melalui kondensor.



**Gambar 2.11** Kipas

c. Defrost Timer

*Defrost timer* berfungsi untuk mengatur saat pencarian es di ruang pendingin (evaporator) dalam selang waktu tertentu. Pencairan biasanya diset pada *defrost timer* oleh pabrik dengan selang setiap enam jam dan berlangsung selama 15-30 menit. Kulkas yang baik mempunyai waktu jeda sekitar tiga menit antara setelah es mencair dan kompresor kembali bekerja.

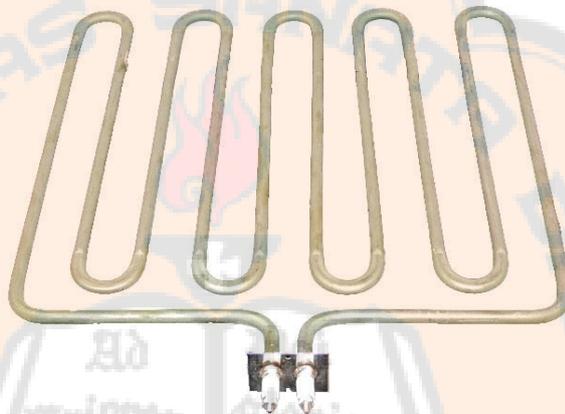
Sistem *defrost timer* bekerja sebagai berikut. Arus listrik masuk dari terminal 3 dan kembali ke sumber arus lewat terminal 1. Kompresor dan *defrost timer* mendapatkan arus melalui terminal 4. Ketika ada kontak antar terminal 3 dan terminal 2, terjadi pencairan pada evaporator sekitar 25 menit. *defrost timer* terus bekerja selama kontak bimetal pada thermostat terbuka. Setelah kontak terminal 2 dan 3, timer membuka dan kompresor bekerja kembali.



**Gambar 2.12** Defrost Heater

d. Heater (pemanas)

*Heater* berfungsi untuk memanaskan ruang evaporator dan bagian – bagian yang memungkinkan es dan kondensasi. *Heater* pada evaporator ditempatkan pada permukaannya, disebut dengan *defrost heater*. Lama kerjanya sekitar 10 – 20 menit.



**Gambar 2.13** Heater

#### **2.1.4 Bahan Pendingin (Refrigeran)**

Untuk terjadinya suatu proses pendinginan diperlukan suatu bahan yang mudah diubah bentuknya dari gas menjadi cair atau sebaliknya, bahan tersebut adalah bahan pendingin (refrigeran). Refrigeran yaitu fluida atau zat pendingin yang memegang peranan penting dalam sistem pendingin. Refrigeran digunakan untuk menyerap panas melalui perubahan fase dari cair ke gas (evaporasi) dan membuang panas melalui perubahan fase dari gas ke cair (kondensasi). Refrigeran dapat dikatakan sebagai pemindah panas dalam sistem pendingin. Refrigeran mengalami beberapa proses atau perubahan fase (cair dan uap), yaitu refrigeran

yang mula – mula pada keadaan awal (cair) setelah melalui beberapa proses akan kembali ke keadaan awalnya.

Secara umum refrigeran dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu:

a. Refrigeran Primer

Refrigeran primer adalah refrigeran yang digunakan dalam sistem kompresi uap dan mengalami perubahan fase selama proses refrigerasinya. Refrigeran primer meliputi beberapa macam diantaranya yaitu: (1) udara (2) Karbondioksida (3) Hidrokarbon (4) Refrigeran-22 (5) Refrigeran-134a dan (6) Refreigera-600a.

1. Udara

Penggunaan udara sebagai refrigeran umumnya dipergunakan untuk pesawat terbang. Sistem pendingin dengan refrigeran udara menghasilkan COP yang rendah, tetapi aman, dan murah.

2. Karbondioksida (CO<sub>2</sub>)

Karbondioksida merupakan refrigeran pertama dipakai seperti halnya amoniak. Refrigeran ini kadang – kadang digunakan untuk pembekuan dengan cara sentuhan langsung dengan bahan makanan. Tekanan pengembunannya yang tinggi membatasi penggunaannya hanya pada bagian suhu rendah, untuk suhu tinggi digunakan refrigeran lain.

3. Hidrokarbon

Hidrokarbon merupakan refrigeran paling banyak dipakai pada industri karena harganya murah dan termasuk refrigeran ramah lingkungan. Jenisnya butana, iso butana, propana, propylana, etana, dan etylana. Semuanya termasuk bahan yang mudah terbakar dan meledak. Hidrokarbon dapat terbakar bila berada

di dalam daerah segitiga api yaitu tersedianya hidrokarbon, udara dan sumber api. Jika salah satu ketiga faktor tersebut tidak terpenuhi maka proses kebakaran tidak akan terjadi.

#### 4. Refrigeran-22

Refrigeran ini biasa dilambangkan R-22 mempunyai titik didih  $-41,4^{\circ}\text{F}$  ( $-40,8^{\circ}\text{C}$ ). Refrigeran ini telah banyak digunakan untuk menggantikan R-12.



**Gambar 2.14** Refrigeran R-22

#### 5. Refrigeran-134a

Refrigeran ini biasanya dilambangkan R-134a mempunyai titik didih  $-15^{\circ}\text{F}$  ( $-26,2^{\circ}$ ). Refrigeran ini merupakan alternatif pengganti R-22. R-134a sebagai salah satu alternatif memiliki beberapa properti yang baik, tidak beracun, tidak mudah terbakar dan relatif stabil. R-134a juga memiliki kelemahan diantaranya, tidak bisa dijadikan pengganti R-12 secara langsung tanpa melakukan modifikasi sistem refrigerasi (*drop in substitute*), relatif mahal, dan masih memiliki potensi sebagai zat yang dapat menyebabkan efek pemanasan global karena memiliki Global Warming Potensial (GWP) yang signifikan. Disamping itu R-134a tidak

mengandung senyawa fluor atau chlor sehingga tidak merusak lapisan ozon meskipun terlepas ke atmosfer.

Secara khusus sifat dari refrigeran R-134a adalah sebagai berikut:

- Tidak mudah terbakar.
- Tidak merusak lapisan ozon.
- Tidak beracun, berwarna dan berbau.
- Relatif mudah diperoleh.
- Memiliki kestabilan yang tinggi.



Gambar 2.15 Refrigeran R-134a

#### 6. Refrigeran – 600a

Simbolnya R-600a disebut juga isobutana yang memiliki karbon tersier. Bobot molekul 58,12. Refrigeran ini cukup banyak di gunakan untuk saat ini, R-600a sebagai pengganti R-12 karena kekhawatiran akan semakin menipisnya lapisan ozon, sebab R-12 dapat merusak ozon.

Sifat – Sifat Bahan Pendingin antara lain:

- Tidak beracun, berwarna dan berbau

- Tidak meletup
- Tidak menyebabkan korosi pada material
- Bukan merupakan bahan yang mudah terbakar
- Memiliki titik didih yang rendah
- Memiliki tekanan kondensasi yang rendah
- Memiliki tingkat penguapan yang tinggi
- Dapat bercampur dengan minyak pelumas kompresor
- Memiliki struktur kimia yang stabil
- Memiliki harga yang relative murah dan mudah diperoleh



**Gambar 2.16** Refrigeran R-600a

b. Refrigeran Sekunder

Refrigeran sekunder adalah fluida yang membawa panas dari bahan yang sedang didinginkan ke evaporator pada sistem refrigerasi. Refrigeran sekunder mengalami perubahan suhu bila menyerap panas dan membebaskannya pada

evaporator, tetapi tidak mengalami perubahan fase. Secara teknis air dapat digunakan sebagai refrigeran sekunder, namun yang paling sering digunakan adalah larutan garam (*brine*) dan larutan anti beku (*antifreezes*) yang merupakan larutan dengan suhu beku dibawah 0°C. Larutan anti beku yang sering digunakan adalah larutan air dan *glikol etilen*, *glikol propilen*, atau *kalsium klorida*. *Glikol propilen* mempunyai keistimewaan tidak berbahaya bila terkena bahan makanan.

Jenis refrigeran yang digunakan pada saat ini terdiri dari tiga susunan yaitu:

a. *Hydro fluoro carbon* (HFC).

Merupakan refrigeran baru sebagai alternatif untuk menggantikan posisi freon. Hal ini disebabkan karena refrigeran freon mengandung zat chlor (Cl) yang dapat merusak lapisan ozon. Sedangkan HFC terdiri dari atom – atom hidrogen, fluorine dan karbon tanpa adanya zat chlor (Cl).

b. *Hydro cloro fluoro carbon* (HCFC).

Merupakan refrigeran yang terdiri dari hidrogen, klorin, fluorin, dan karbon. Refrigeran ini terkandung jumlah minimal klorin, yang merusak lingkungan karena penipisan lapisan ozon.

c. *Cloro fluoro carbon* (CFC).

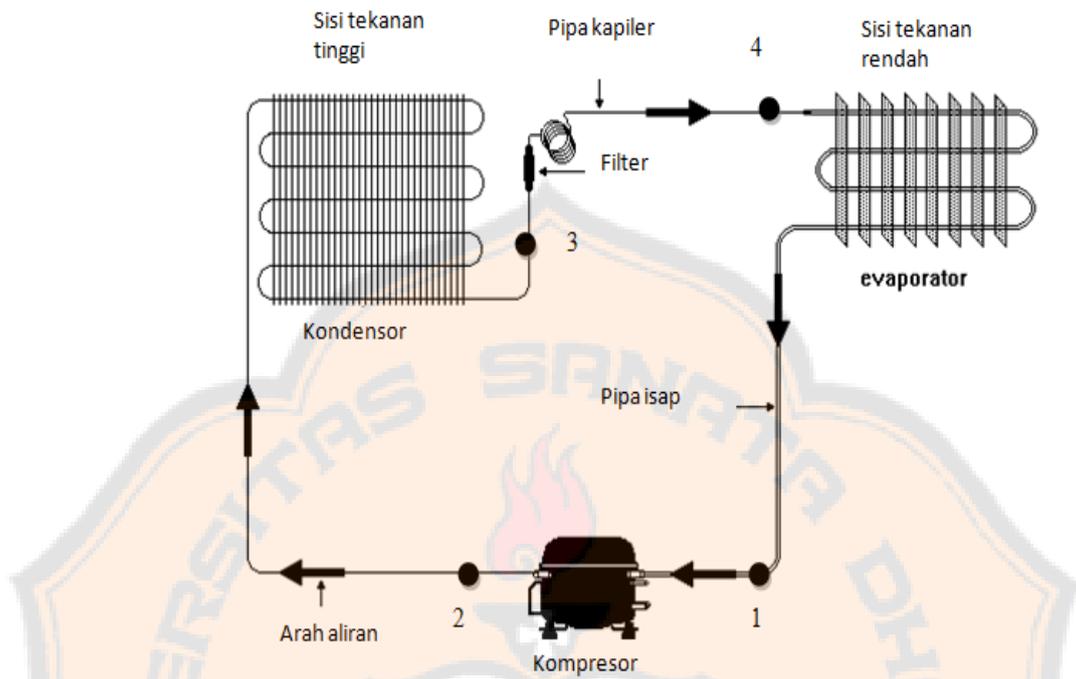
Merupakan refrigeran yang mengandung klorin, fluorin, dan karbon. Refrigeran ini membawa jumlah kaporit yang tinggi sehingga dikenal sebagai refrigeran yang paling berbahaya untuk kerusakan lapisan ozon.

Ditinjau dari berbagai segi pada saat ini pemakaian refrigeran yang umum diusulkan adalah *hydro fluoro carbon* (HFC) karena beberapa sifat positif yang dimilikinya antara lain, sebagai berikut:

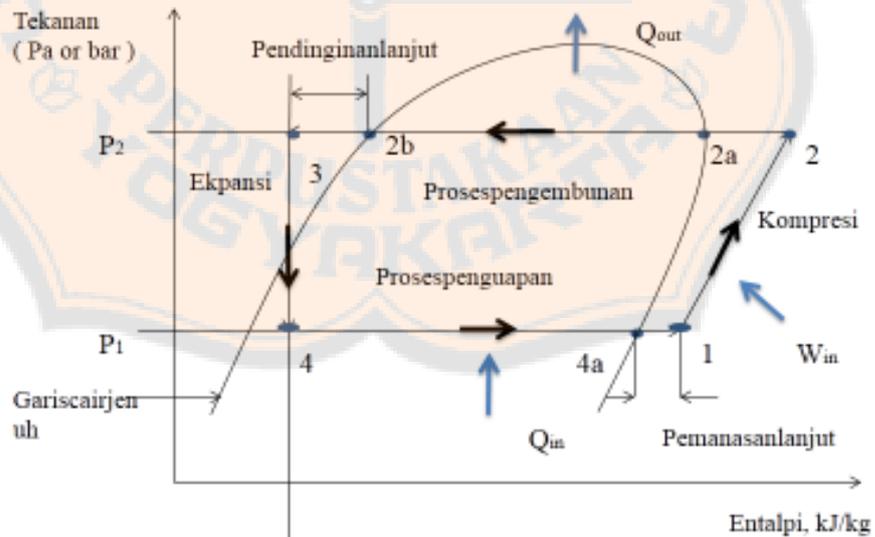
- Tidak beracun, berwarna dan berbau.
- Bukan termasuk bahan yang mudah terbakar dan meledak.
- Tidak menyebabkan korosi pada material.
- Dapat bercampur dengan minyak pelumas kompresor.
- Memiliki struktur kimia yang stabil.
- Memiliki titik didih yang rendah.
- Memiliki tekanan kondensasi yang rendah.
- Tekanan pengembunan yang tidak terlampau tinggi.
- Memiliki tingkat penguapan yang tinggi.
- Memiliki kalor laten penguapan yang tinggi.
- Memiliki harga yang relatif murah dan mudah diperoleh.

#### **2.1.5 Siklus Kompresi Uap pada Mesin Kulkas Dua Pintu**

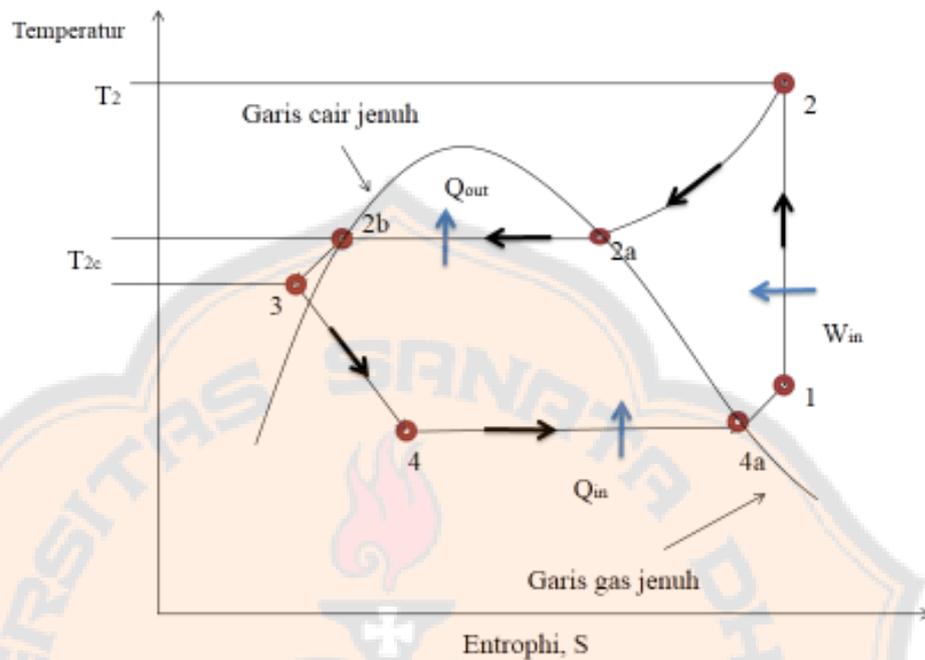
Mesin Kulkas dua pintu bekerja menggunakan siklus kompresi uap, dengan fluida kerjanya disebut dengan refrigeran. Komponen utama siklus kompresi uap adalah kompresor, evaporator, kondensor, dan katup ekspansi atau pipa kapiler. Skematik rangkaian mesin Kulkas dua pintu dari komponen – komponennya tersaji pada Gambar 2.17. Siklus kompresi uap pada diagram P – h di sajikan pada Gambar 2.18 dan siklus kompresi uap pada diagram T – s di sajikan pada Gambar 2.19.



Gambar 2.17 Skema rangkaian mesin kulkas



Gambar 2.18 Siklus kompresi uap pada diagram P – h



**Gambar 2.19** Siklus kompresi uap pada diagram T-s

Proses dari skema kompresi uap adalah:

1. Proses kompresi (proses 1 – 2)

Proses kompresi ini dilakukan oleh kompresor terjadi pada tahap 1 – 2 dari Gambar 2.18 dan Gambar 2.19. Kondisi awal refrigeran pada saat masuk ke dalam kompresor adalah gas panas lanjut bertekanan rendah, setelah mengalami kompresi refrigeran akan menjadi gas panas lanjut bertekanan tinggi. Proses berlangsung secara isentropik, Temperatur ke luar kompresor akan meningkat.

2. Proses penurunan suhu gas panas lanjut menjadi gas jenuh (proses 2 – 2a)

Proses pendinginan dari gas panas lanjut menjadi gas jenuh terjadi pada tahap 2 - 2a dari Gambar 2.18 dan Gambar 2.19. Refrigeran mengalami penurunan suhu

pada tekanan tetap. Hal ini disebabkan adanya kalor yang mengalir ke lingkungan, karena suhu refrigeran lebih tinggi dari suhu lingkungan.

3. Proses kondensasi (proses 2a – 2b)

Proses kondensasi terjadi pada tahap 2a – 2b dari Gambar 2.18 dan Gambar 2.19. Pada proses ini gas jenuh mengalami perubahan fase menjadi cair jenuh. Proses berlangsung pada suhu dan tekanan tetap. Pada proses ini terjadi aliran kalor dari kondensor ke lingkungan karena suhu kondensor lebih tinggi dari suhu udara lingkungan.

4. Proses pendinginan lanjut (proses 2b – 3)

Proses pendinginan lanjut terjadi pada tahap 2b – 3 dari Gambar 2.18 dan Gambar 2.19. Proses pendinginan lanjut merupakan proses penurunan suhu refrigeran dari keadaan refrigeran cair. Proses ini berlangsung pada tekanan konstan. Proses ini diperlukan agar kondisi refrigeran keluar kondensor benar – benar dalam fase cair.

5. Proses penurunan tekanan (proses 3 – 4)

Proses penurunan tekanan terjadi pada tahap 3 – 4 dari Gambar 2.18 dan Gambar 2.19. Dalam fasa cair mengalir menuju ke komponen pipa kapiler dan mengalami penurunan tekanan dan suhu. Sehingga suhu dari refrigeran lebih rendah dari temperatur lingkungan. Pada tahap ini fasa berubah dari cair menjadi fase campuran: cair dan gas.

6. Proses penguapan (proses 4 – 4a)

Proses evaporasi terjadi pada tahap 4 – 4a dari Gambar 2.18 dan Gambar 2.19. Dalam fasa campuran cair dan gas, fluida refrigeran mengalir ke evaporator memiliki tekanan dan temperatur rendah sehingga ketika menerima kalor dari lingkungan yang akan didinginkan fasa fluida refrigeran akan berubah seluruhnya menjadi gas jenuh.

7. Proses pemanasan lanjut (proses 4a – 1)

Proses pemanasan lanjut terjadi pada tahap 4a – 1 dari Gambar 2.18 dan Gambar 2.19. Pada saat uap refrigeran yang meninggalkan evaporator mengalami pemanasan lanjut sebelum memasuki kompresor. Pemanasan lanjut tersebut dapat disebabkan oleh jenis pengendali katup cekik yang digunakan, dimana penyerapan panas dapat terjadi pada jalur antara evaporator dan kompresor.

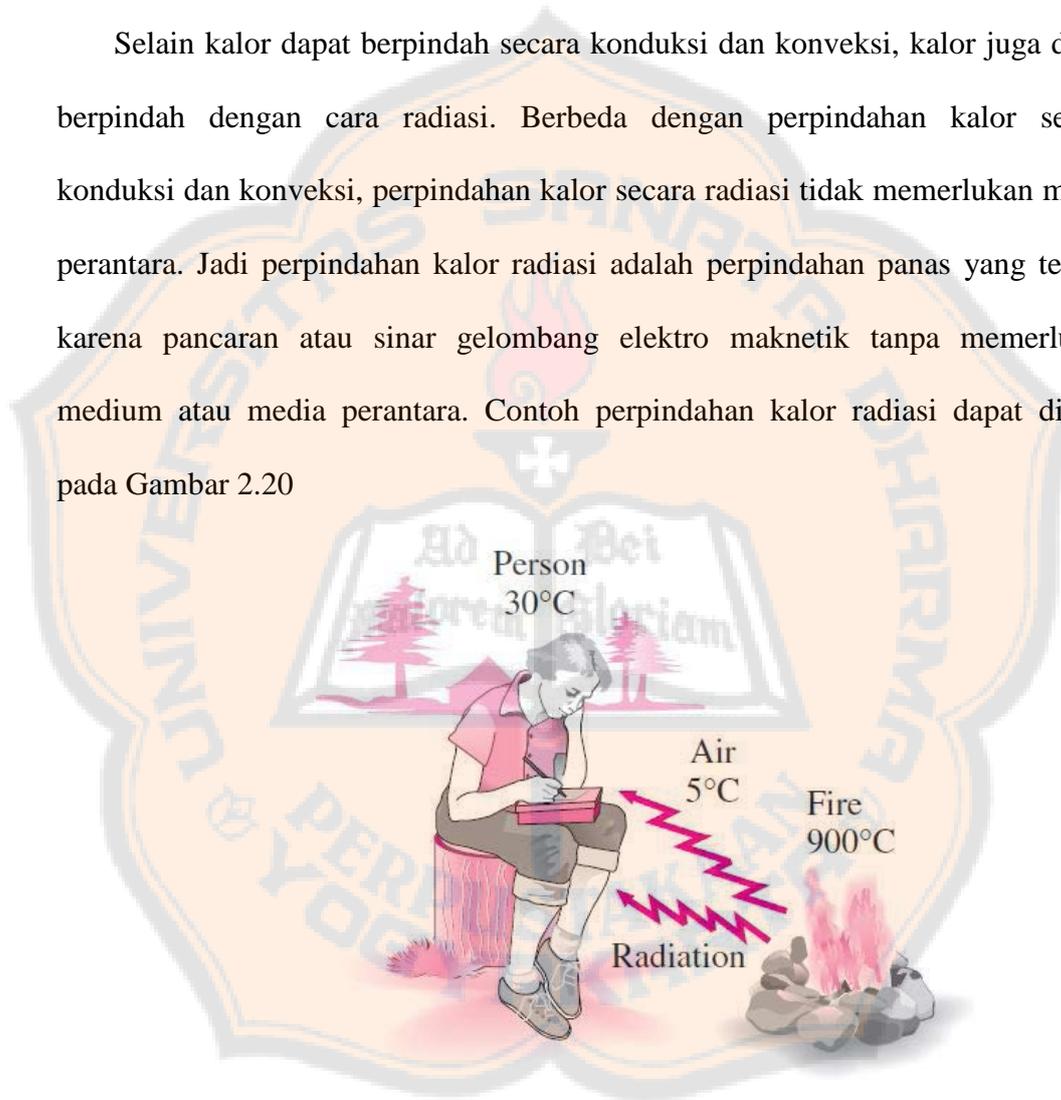
### 2.1.6 Perpindahan Panas

Perpindahan panas atau heat transfer adalah ilmu yang mempelajari perpindahan energi sebagai akibat dari adanya perbedaan temperatur diantara dua medium. Misalnya, sesama medium padat atau medium padat dengan fluida. Energi yang berpindah tersebut dinamakan kalor atau panas (heat). Panas akan berpindah dari medium yang bertemperatur lebih tinggi ke medium dengan temperature yang lebih rendah. Perpindahan ini berlangsung terus sampai terjadi kesetimbangan temperatur di antara medium tersebut. Perpindahan panas dapat

terjadi melalui beberapa mekanisme yaitu: perpindahan secara radiasi, konduksi, dan konveksi.

### 1. Perpindahan Panas Radiasi

Selain kalor dapat berpindah secara konduksi dan konveksi, kalor juga dapat berpindah dengan cara radiasi. Berbeda dengan perpindahan kalor secara konduksi dan konveksi, perpindahan kalor secara radiasi tidak memerlukan media perantara. Jadi perpindahan kalor radiasi adalah perpindahan panas yang terjadi karena pancaran atau sinar gelombang elektro magnetik tanpa memerlukan medium atau media perantara. Contoh perpindahan kalor radiasi dapat dilihat pada Gambar 2.20

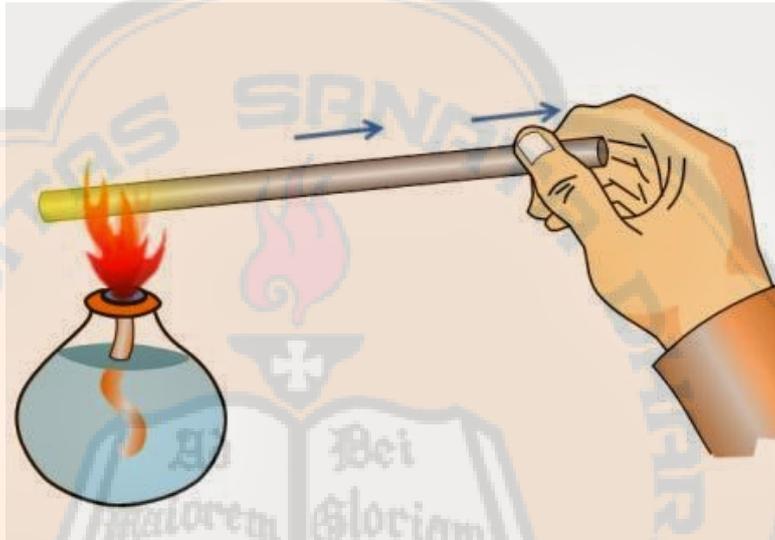


**Gambar 2.20** Perpindahan panas radiasi

### 2. Perpindahan Panas Konduksi

Perpindahan panas konduksi adalah perpindahan panas jika panas mengalir dari tempat yang suhunya tinggi ke tempat yang suhunya rendah, dengan media

pengatur panas tetap. Perpindahan panas konduksi dapat berlangsung pada benda padat, cair, dan gas. Contoh perpindahan panas konduksi adalah besi atau logam yang di panaskan pada salah satu ujungnya maka ujung lainnya akan terasa panas, seperti pada Gambar 2.21



Gambar 2.21 Perpindahan panas konduksi

Persamaan laju umum untuk perpindahan panas dengan cara konduksi dikenal dengan hukum fourier yang dirumuskan dengan Persamaan (2.1):

$$q = -k \cdot A \frac{dT}{dx} \dots\dots (2.1)$$

Pada Persamaan (2.1)

$q$  = laju perpindahan panas (W)

$\frac{dT}{dx}$  = gradien suhu perpindahan panas (-K/m)

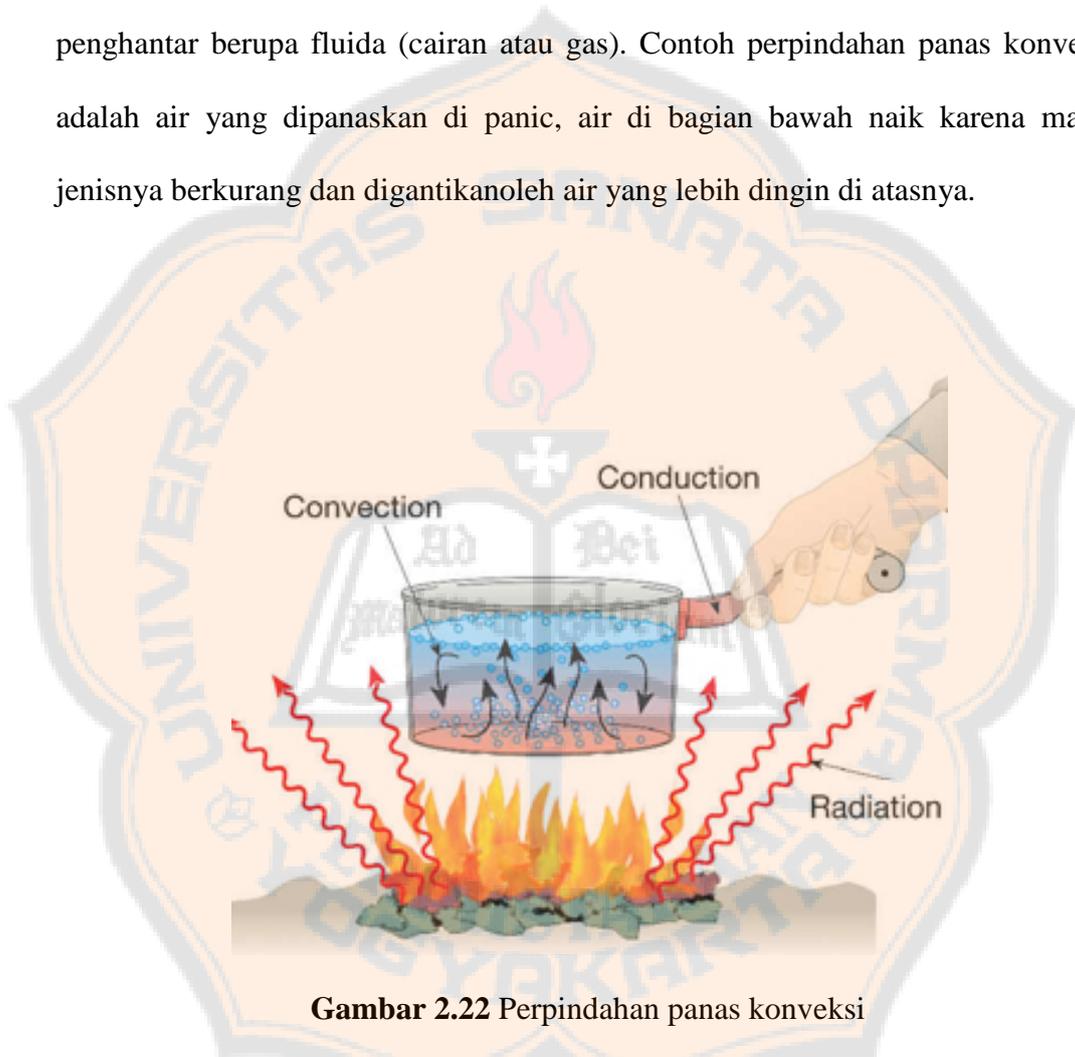
$k$  = konduktifitas thermal beban (W/m.K)

$A$  = luas bidang penampang benda (m<sup>2</sup>)

Nilai minus (-) dalam persamaan diatas menunjukkan bahwa panas selalu berpindah ke temperatur yang lebih rendah.

3. Perpindahan Panas Konveksi

Perpindahan panas konveksi adalah perpindahan panas yang terjadi antara permukaan padat dengan fluida yang mengalir disekitarnya, dengan menggunakan penghantar berupa fluida (cairan atau gas). Contoh perpindahan panas konveksi adalah air yang dipanaskan di panick, air di bagian bawah naik karena massa jenisnya berkurang dan digantikanoleh air yang lebih dingin di atasnya.



Gambar 2.22 Perpindahan panas konveksi

Persamaan perpindahan panas konveksi dikenal sebagai hukum newton untuk pendinginan, yang dirumuskan dengan Persamaan (2.2):

$$q = h.A (T_s - T_\infty) \quad \dots\dots (2.2)$$

Pada Persamaan (2.2):

q = laju perpindahan panas (W)

h = koefisien perpindahan panas konveksi  $W/(m^2 \cdot K)$

$A$  = luas permukaan yang bersentuhan dengan fluida ( $m^2$ )

$T_s$  = temperatur permukaan (K)

$T_\infty$  = temperatur fluida yang mengalir dekat permukaan (K)

Macam – macam konveksi, yaitu:

a. Konveksi bebas atau konveksi alamiah (*free convection/ natural convection*)

Perpindahan panas di mana aliran fluida yang terjadi di sebabkan karena adanya perbedaan massa jenis, tanpa adanya alat bantu penggerak aliran fluida.

Contoh: plat panas dibiarkan berada di udara sekitar tanpa ada sumber gerakan dari luar yang menggerakkan udara.

b. Konveksi paksa (*forced convection*)

Perpindahan panas di mana aliran fluida yang terjadi disebabkan karena adanya alat bantu penggerak aliran fluida.

Contoh : plat panas dihembuskan udara dengan kipas atau blower.

### 2.1.7 Perhitungan Karakteristik Kulkas Dua Pintu

Dengan bantuan diagram entalpi-tekanan, entalpi atau nilai ( $h$ ) dalam siklus kompresi uap dapat diketahui, sehingga kerja kompresor, kalor yang diserap evaporator, energi yang dikeluarkan kondensor, *Coefficient of Performance* aktual ( $COP_{\text{aktual}}$ ), *Coefficient of Performance* ideal ( $COP_{\text{ideal}}$ ), efisiensi mesin Kulkas dua pintu juga dapat diketahui.

a. Kerja Kompresor ( $W_{in}$ )

Kerja kompresor persatuan massa refrigeran merupakan perubahan entalpi dari titik 1 ke 2 (lihat Gambar 2.18), yang dapat dihitung dengan Persamaan (2.3)

$$W_{in} = h_2 - h_1, \text{ kJ/kg} \quad \dots\dots (2.3)$$

Pada Persamaan (2.3):

$W_{in}$  : kerja kompresor persatuan massa refrigeran, kJ/kg

$h_2$  : nilai entalpi refrigeran saat keluar kompresor, kJ/kg

$h_1$  : nilai entalpi refrigeran saat masuk kompresor, kJ/kg

b. Energi kalor yang dilepaskan oleh kondensor ( $Q_{out}$ )

Energi kalor persatuan massa refrigeran yang dilepas oleh Kondenser merupakan perubahan entalpi pada titik 2 ke 3 (lihat Gambar 2.18), perubahan tersebut dapat dihitung dengan Persamaan (2.4)

$$Q_{out} = h_3 - h_2, \text{ kJ/kg} \quad \dots\dots (2.4)$$

Pada Persamaan (2.4):

$Q_{out}$  : energi kalor yang dilepaskan kondensor persatuan massa refrigeran, kJ/kg.

$h_3$  : nilai entalpi refrigeran keluar kondensor atau masuk pipa kapiler, kJ/kg.

$h_2$  : nilai entalpi refrigeran saat masuk kondensor, kJ/kg.

c. Energi kalor yang diserap oleh evaporator ( $Q_{in}$ )

Energi kalor yang di serap evaporator persatuan masa refrigeran merupakan perubahan entalpi pada titik 4 ke 1 (lihat Gambar 2.18), perubahan entalpi tersebut dapat dihitung dengan Persamaan (2.5).

$$Q_{in} = h_1 - h_4, \text{ kJ/kg} \quad \dots\dots (2.5)$$

Pada Persamaan (2.5):

- $Q_{in}$  : energi kalor yang diserap evaporator persatuan massa refrigeran, kJ/kg
- $h_1$  : nilai entalpi refrigeran saat keluar evaporator atau sama dengan nilai entalpi pada saat masuk kompresor, kJ/kg
- $h_4$  : nilai entalpi refrigeran saat masuk evaporator atau sama dengan nilai entalpi saat keluar dari pipa kapiler. Karena proses pada pipa kapiler berlangsung pada entalpi yang tetap maka nilai  $h_4 = h_3$ , kJ/kg

d. *Coefficient of Performance* aktual ( $COP_{aktual}$ )

*Coefficient of Performance* aktual dapat dihitung dengan Persamaan (2.6)

$$COP_{aktual} = \frac{(Q_{in})}{(W_{in})} = \frac{(h_1 - h_4)}{(h_2 - h_1)} \times \frac{\text{kJ/kg}}{\text{kJ/kg}} \quad \dots\dots (2.6)$$

Pada Persamaan (2.6):

- $COP_{aktual}$  : *Coefficient of Performance* aktual.
- $Q_{in}$  : energi kalor yang diserap evaporator persatuan massa refrigeran, kJ/kg
- $W_{in}$  : kerja kompresor persatuan massa refrigeran, kJ/kg

e. *Coefficient Of Performance* ideal ( $COP_{ideal}$ )

*Coefficient of Performance* ideal dapat dihitung dengan Persamaan (2.7):

$$COP_{ideal} = \frac{(273,15+T_e)}{T_c-T_e} \dots\dots (2.7)$$

Pada Persamaan (2.7):

$COP_{ideal}$  : *Coefficient of Performance* ideal maksimum

$T_e$  : suhu evaporator,  $^{\circ}C$

$T_c$  : suhu kondensor,  $^{\circ}C$

f. Efisiensi Kulkas 2 pintu

Efisiensi Kulkas dua pintu dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan

(2.8)

$$\text{Efisiensi} = \frac{COP_{aktual}}{COP_{ideal}} \dots\dots (2.8)$$

Pada Persamaan (2.8):

$COP_{ideal}$  : *Coefficient Of Performance* ideal kulkas 2 pintu

$COP_{aktual}$  : *Coefficient Of Performance* aktual kulkas 2 pintu

g. Laju Aliran Massa Refrigeran

Laju aliran massa refrigeran dapat dihitung dengan Persamaan (2.9)

$$m = \frac{(V.I)/1000}{W_{in}} \dots\dots (2.9)$$

Pada Persamaan (2.9):

V : voltage dari kompresor, Volt

I : arus listrik kompresor, Ampere

$W_{in}$  : kerja kompresor, kJ/kg

## 2.2 Tinjauan Pustaka

Rico, (2009) telah melakukan penelitian tentang karakteristik mesin pendingin untuk mendinginkan refrigeran sekunder dengan menggunakan kompresor dengan daya 1/8 PK. Penelitian tersebut bertujuan: (a) membuat mesin pendingin siklus kompresi uap dengan pemanasan dan pendinginan lanjut yang dipergunakan untuk mendinginkan refrigeran sekunder, (b) mengetahui karakteristik mesin pendingin dengan menggunakan refrigeran primer dan refrigeran sekunder, (c) menghitung kerja kompresor, panas yang dilepas kondensor dan panas yang dihisap evaporator dari mesin pendingin, (d) mengetahui karakteristik COP. Penelitian memberikan hasil (a) mesin pendingin dapat mendinginkan *aethylenglycol* 2,5 liter dan air sebanyak 2,5 liter dalam waktu 360 menit dengan pencapaian suhu *aethylenglycol* 6,7<sup>0</sup>C dan air 8,9<sup>0</sup>C. (b) kerja kompresor persatuan massa refrigeran saat mulai sebesar  $W_{in} = 41$  kJ/kg pada  $t = 120$  menit. (c) kalor yang diserap evaporator persatuan massa refrigeran saat mulai stabil sebesar  $Q_{in} = 168$  kJ/kg pada  $t = 150$  menit dan kalor yang dilepas kondensor persatuan massa refrigeran saat mulai stabil sebesar  $Q_{out} = 210$  kJ/kg pada saat  $t = 270$  menit. (d) koefisien prestasi (COP) mesin pendingin adalah 3,59 pada waktu  $t = 270$  menit.

Putra, (2008) telah melakukan penelitian tentang mesin pendingin dengan pemanasan lanjut dan pendinginan lanjut pada siklus kompresi uap dengan menggunakan kompresor dengan daya 1/8 PK. Penelitian tersebut bertujuan: (a)

dapat membuat mesin pendingin skala rumah tangga dengan mempergunakan siklus kompresi uap yang disertai pemanasan lanjut dan pendinginan lanjut, (b) menghitung kerja kompresor, laju aliran kalor yang diserap evaporator dan lanjut aliran kalor yang di lepas kondensor dari mesin pendingin, (c) mengetahui COP. Penelitian memberikan hasil (a) mesin pendingin dapat mendinginkan air 3 liter dalam waktu 220 menit dengan pencapaian suhu air sebesar  $2^{\circ}\text{C}$ , (b) kerja kompresor persatuan massa refrigeran saat mulai sebesar  $W_{in} = 33,145 \text{ kJ/kg}$  dengan volume air 3 liter dalam waktu  $t = 220$  menit, Laju aliran yang diserap evaporator sebesar  $198,57 \text{ kJ/kg}$  dalam waktu  $t = 200$  menit, Panas yang dilepas kondensor sebesar  $186,661 \text{ kJ/kg}$  dalam waktu  $t = 200$  menit. (c) koefisien prestasi (COP) mesin pendingin adalah  $6,06$  pada waktu  $t = 220$  menit.

Victor (2013) telah melakukan penelitian tentang refrigeran R22 dan R134a pada mesin pendingin. Penelitian tersebut bertujuan: (a) menghitung prestasi kerja refrigeran R22 yang dibandingkan dengan refrigeran R134a (b) membahas refrigeran yang lebih ramah lingkungan antara R22 dengan R134a. Penelitian ini dilakukan dengan batasan – batasan sebagai berikut: (a) refrigeran yang digunakan R22 dan R134a (b) menggunakan mesin pengkondisian udara dengan motor penggerak kompresor berkapasitas 2HP. Dari hasil penelitian didapatkan: (a) refrigeran R22 dari segi prestasi kerjanya lebih baik dari R134a, tetapi tidak ramah lingkungan (b) refrigeran R134a lebih ramah lingkungan, tetapi COP lebih rendah dari R22.

Bagaskara (2007) melakukan penelitian terhadap perbandingan COP pada refrigerator dengan refrigeran R12 dan R134a variasi panjang pipa kapiler : 1,75

m, 2 m, 2,25 m. Penelitian dilakukan untuk mengetahui COP yang terbaik dari penggunaan kedua refrigeran R12 dan R134a. Diperoleh hasil penelitian nilai COP tertinggi adalah 4,06 dihasilkan dengan mempergunakan refrigeran R134a. Suhu terendah yang dihasilkan sebesar  $-16^{\circ}\text{C}$ .

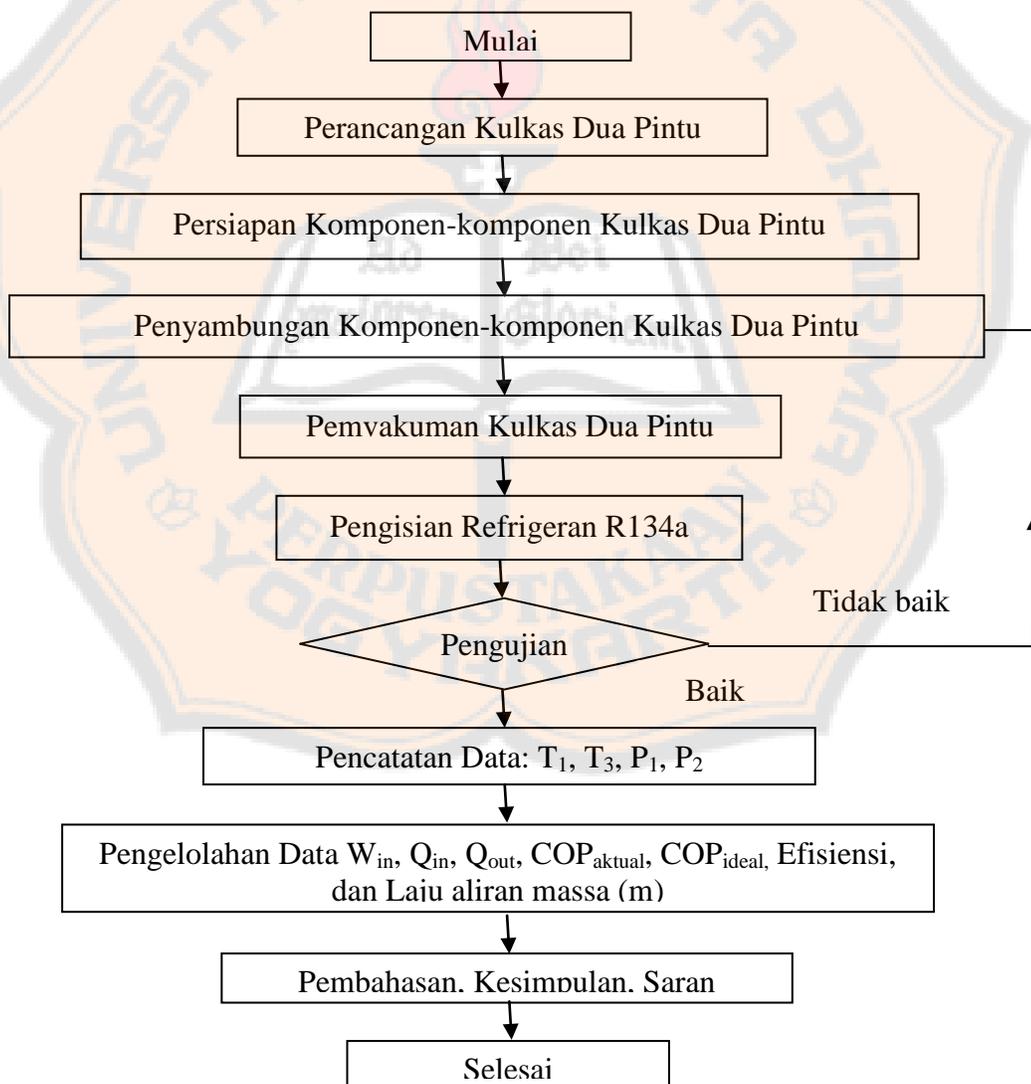


**BAB III**

**PEMBUATAN ALAT**

**3.1 Diagram Alir Pembuatan dan Pengambilan Data**

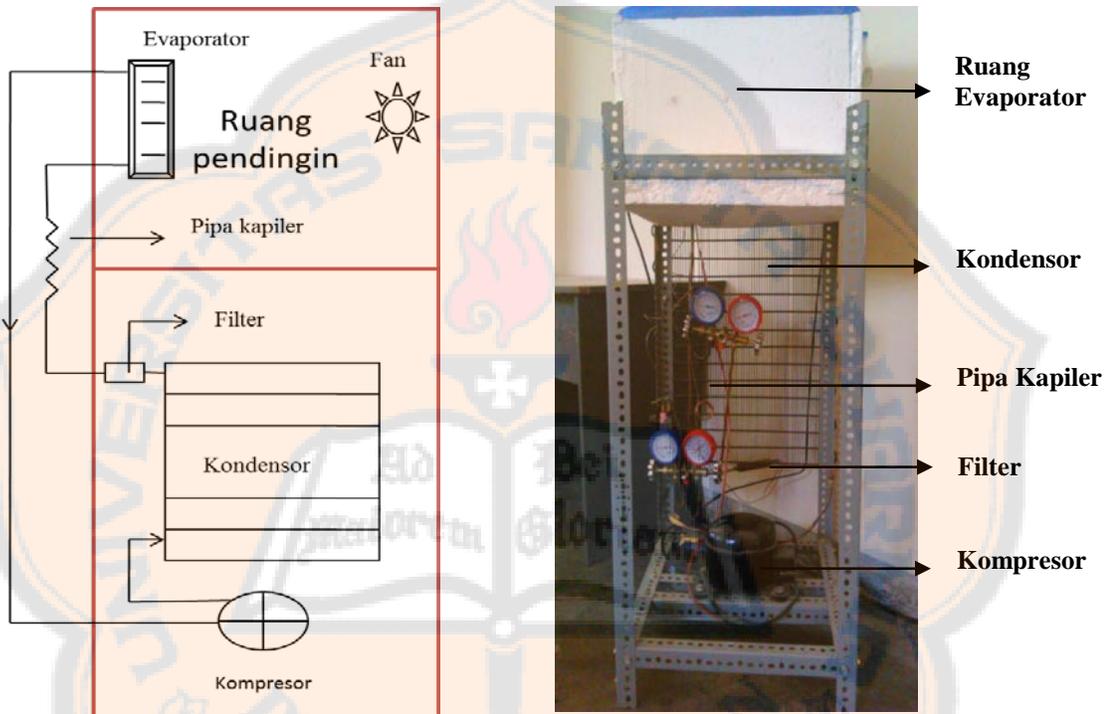
Diagram alir pada Gambar 3.1 menunjukkan tahap pembuatan kulkas dua pintu dan pengambilan data:



**Gambar 3.1** Diagram alir pembuatan kulkas dan pengambilan data.

### 3.2 Komponen – Komponen Kulkas Dua Pintu

Kulkas dua pintu beserta komponen – komponennya dapat dilihat pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3.



Gambar 3.2 Skematik dan Kontruksi Kulkas Dua Pintu



Gambar 3.3 Ruangan Pendinginan/Evaporator

Kulkas dua pintu pada kontruksi Gambar 3.2 memiliki beberapa bagian penting, yaitu : (a) kompresor, (b) kondensor, (c) evaporator, (d) pipa kapiler, (e) filter, (f) refrigeran R134a.

a. Kompresor

Pada alat mesin pendingin yang dibuat menggunakan kompresor merek BES dengan daya 1/8 PK. Gambar 3.4 memperlihatkan kompresor yang digunakan dalam pembuatan alat mesin pendingin :



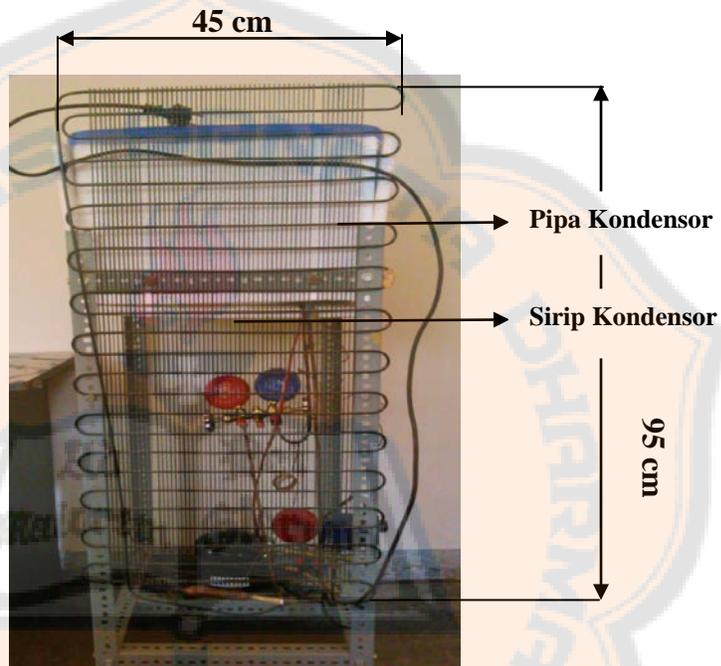
**Gambar 3.4** Kompresor.

Spesifikasi kompresor yang dipergunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

Jenis kompresor	: Hermetik
Seri kompresor	: Model BES 45H
Voltage	: 220 volt
Arus	: 0,88 A
Daya kompresor	: 115 watt

b. Kondensor

Speksifikasi kondensor yang dipergunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



**Gambar 3.5** Kondensor

Jenis kondensor : kondensor tipe U, dengan jumlah U = 12  
(pipa dengan jari-jari penguat)

Panjang kondensor : 950 cm

Diameter pipa : 0,47 cm

Bahan pipa : Besi

Bahan sirip : Baja

Diameter sirip : 0,2 cm

Jarak antar sirip : 0,45 cm

c. Evaporator

Spesifikasi evaporator yang dipergunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



**Gambar 3.6** Evaporator pipa dengan Sirip – sirip

Jenis evaporator : Jenis pipa dengan sirip-sirip

Panjang, lebar dan tinggi : 40cm x 18 cm x 5 cm

Bahan pipa evaporator : Alumunium

Diameter pipa evaporator : 0,55 cm

Bahan sirip evaporator : Alumunium

Diameter sirip : 0,1 cm

d. Pipa Kapiler

Spesifikasi pipa kapiler yang dipergunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



**Gambar 3.7** Pipa Kapiler

Panjang pipa kapiler : 170 cm

Diameter pipa kapiler : 0,028 inci

Bahan pipa kapiler : Tembaga

e. Filter

Spesifikasi filter yang dipergunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



**Gambar 3.8** Filter

Panjang filter : 9 cm

Diameter filter : 2 cm

Bahan filter : Tembaga

f. Refrigeran R134a

Dalam penelitian kulkas dua pintu ini menggunakan refrigeran R134a sebagai fluida kerja.



**Gambar 3.9** Refrigeran R134a

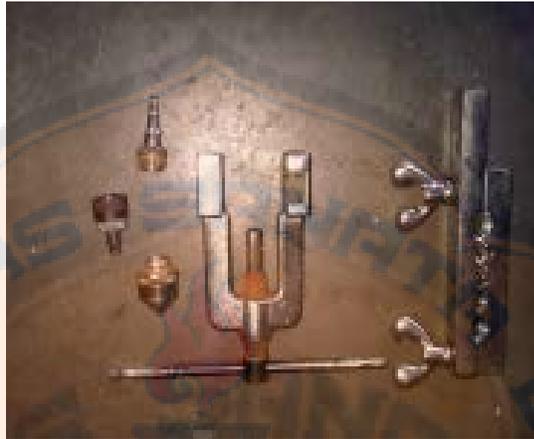
### 3.3 Peralatan Pendukung Pembuatan Alat

Dalam pembuatan kulkas dua pintu menggunakan alat pendukung berupa, (a) pelebar pipa, (b) tang, (c) *tube cutter*, (d) bahan las, (e) alat las, (f) fan motor, (g) pompa vakum, (h) *manifold gauge*, (i) plat baja siku, (j) termostat, (k) box plastik, (l) *sterofom*.

a. Pelebar Pipa

Pelebar pipa digunakan untuk memperbesar diameter pada pipa. Ukuran alat pelebar pipa sangat bervariasi tergantung dengan kebutuhan. Tujuan dari melebarkan

pipa adalah agar saat kedua pipa disambungkan dengan las dapat menempel lebih kuat bila dibandingkan dengan sambungan tanpa melakukan proses pelebaran pipa.



**Gambar 3.10** Pelebar Pipa

b. Tang

Tang adalah alat bantu yang berbentuk seperti gunting yang berguna untuk memotong, menjepit atau mengencangkan baut. Tang sendiri memiliki beberapa bentuk dan fungsi. Untuk pembuatan alat ini dibutuhkan tang yang dapat menjepit pipa pada saat pengelasan.



**Gambar 3.11** Tang Jepit

c. *Tube Cutter* (Pemotong pipa)

*Tube cutter* adalah alat yang digunakan untuk memotong pipa. Pada pembuatan alat ini diperlukan *tube cutter* yang berukuran kecil untuk memotong pipa kapiler. Dengan menggunakan *tube cutter* akan lebih bersih, lebih nyaman dan lebih cepat bila dibandingkan dengan pemotongan lainnya seperti gergaji besi.



**Gambar 3.12** *Tube Cutter*

d. Bahan Las

Bahan las digunakan dalam penyambungan pipa kapiler dan pipa-pipa pada rangkaian kulkas dua pintu ini dengan menggunakan bahan perak dan borak. Penggunaan bahan perak digunakan untuk mengelas pipa tembaga dengan tembaga. Sedangkan bahan borak digunakan untuk penyambungan tembaga dengan besi agar hasil pengelasan lebih baik.



**Gambar 3.13** Bahan Las

e. Alat Las

Fungsi alat las adalah untuk menyambung pipa kapiler dan pipa-pipa pada rangkaian kulkas dua pintu ini. Penyambungan pipa-pipa harus bagus supaya tidak terjadi kebocoran pada pipa yang di las.



**Gambar 3.14** Alat Las

f. Fan motor (kipas)

Fan motor mempunyai fungsi besar dalam sistem pembekuan. Fan motor terletak di dalam kotak plastik dengan evaporator. Fan motor ini bekerja untuk mensirkulasi udara dingin di dalamnya sehingga dapat membuat beban yang ada di dalamnya menjadi sangat dingin (beku).



**Gambar 3.15** Fan Motor (Kipas)

g. Pompa Vakum

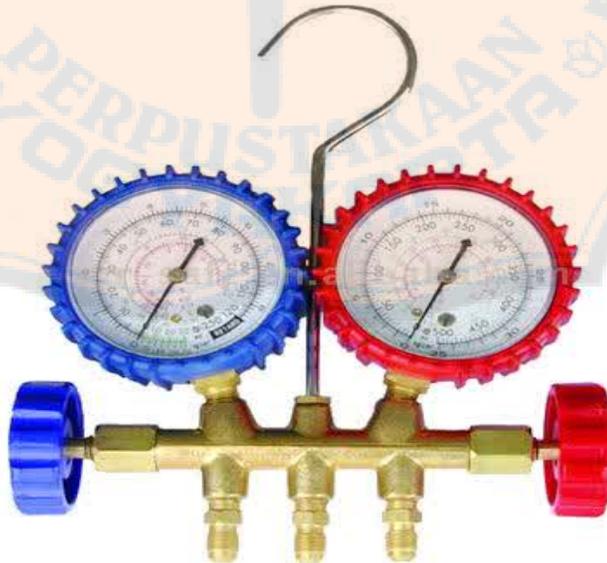
Pompa vakum berfungsi untuk menghisap atau menghilangkan udara dan uap air yang ada didalam sistem mesin pendingin kulkas. Hal ini dilakukan karena udara yang mengandung uap air akan mempercepat proses pembekuan zat pendingin (refrigeran) yang dapat mengakibatkan saluran-saluran akan tersumbat oleh es.



**Gambar 3.16** Pompa Vakum

h. *Manifold Gauge*

*Manifold gauge* adalah alat yang berfungsi untuk mengukur tekanan refrigeran pada saat pengisian refrigeran (freon) maupun pada saat kulkas bekerja.



**Gambar 3.17** *Manifold Gauge*

i. Plat Baja Siku

Plat baja ini mempunyai fungsi sebagai kerangka dasar pembuatan kulkas dua pintu dan sebagai tempat komponen-komponen utama pada kulkas dua pintu.



**Gambar 3.18** Plat Baja Siku

j. Thermostat

Thermostat berfungsi sebagai pengatur suhu pada evaporator yang kita inginkan. Jika suhu evaporator sudah tercapai sesuai dengan kebutuhan maka alat ini akan memutuskan arus listrik sehingga kompresor berhenti bekerja.



**Gambar 3.19** Thermostat

k. Box Plastik

Box plastik ini mempunyai fungsi sebagai rangka tempat evaporator dengan fan motor (kipas).



**Gambar 3.20** Box Plastik

l. *Sterefoam*

*Sterefoam* mempunyai fungsi sebagai dinding evaporator di bagian dalam agar suhu dari evaporator tidak kontak langsung dengan udara luar melalui dinding bagian luar.



**Gambar 3.21** *Sterefoam*

### 3.4 Langkah – Langkah Pembuatan Alat

Langkah – langkah pembuatan Kulkas dua pintu adalah sebagai berikut:

a. Proses Persiapan

pertama siapkan komponen utama Kulkas dua pintu seperti kompresor, kondensor, evaporator, filter, pipa kapiler, refrigeran R134a dan komponen pendukung lainnya seperti alat pemotong pipa, pelebar pipa, pompa vakum, manifold gauge, plat baja siku, fan motor, tang, gergaji, alat las, bahan las dan lain – lainnya.

b. Merakit Kerangka Kulkas

Pada proses ini dibutuhkan alat gergaji untuk memotong plat baja siku sesuai ukuran panjang, lebar dan tinggi yang sudah di tentukan sebelumnya dengan bantuan alat ukur.

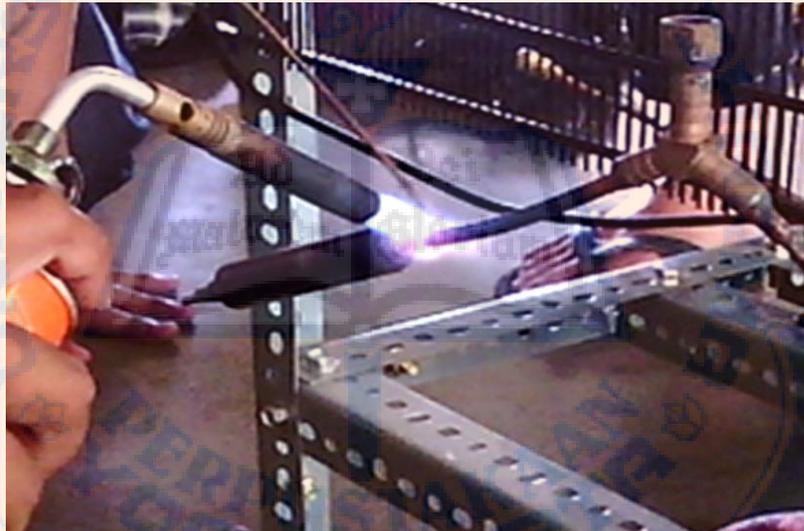


**Gambar 3.22** Perakitan Rangka Kulkas

c. Pengelasan/ Penyambungan Antar Komponen – Komponen.

1) Pengelasan filter pada ujung kondensor.

Dalam proses ini diperlukan pipa tembaga sebagai penghubung antara pipa output kondensor dengan input filter. Proses pengelasan menggunakan bahan perak dan kuningan dan borak sebagai perekat dalam proses pengelasan karena terdapat perbedaan material antara kondensor dengan pipa tembaga.



**Gambar 3.23** Proses Pengelasan Filter dengan Kondensor

2) Pengelasan antara filter dengan pipa kapiler.

Dalam pengelasan atau penyambungan ini berfungsi untuk menyambungkan output filter dengan saluran input pipa kapiler. Proses pengelasan hanya menggunakan bahan perak dan kuningan karena tidak ada perbedaan material.



**Gambar 3.24** Proses Pengelasan Filter dengan Pipa Kapiler

3) Pengelasan pada bagian pipa pres (keluar) pada kompresor dengan kondensor. Pada proses pengelasan ini menggunakan bahan perak dan kuningan. Dalam penyambungan terdapat perbedaan material yang akan disambungkan pipa keluar kompresor terbuat dari bahan tembaga sedangkan kondensor terbuat dari besi. Proses pengelasan ini dibutuhkan bahan bantu borak yang berfungsi sebagai bahan tambahan dalam proses pengelasan karena perbedaan karakteristik material dan agar pipa saluran keluar kompresor dan pipa masuk kondensor tersambung dengan baik dan tidak mengalami kebocoran.



**Gambar 3.25** Proses Pengelasan Pipa Kompresor dengan Kondensor

4) Pengelasan antara pipa kapiler dengan evaporator.

Dalam pengelasan atau penyambungan ini berfungsi untuk menyambungkan saluran keluar pipa kapiler dengan saluran masuk evaporator.



**Gambar 3.26** Proses Pengelasan Pipa Kapiler dengan Evaporator

5) Pengelasan pipa pengembalian dari evaporator dengan kompresor bagian *suction* (isapan). Dalam proses pengelasan ini dibutuhkan pipa tembaga untuk menyambungkan pipa output evaporator dengan pipa isap kompresor. Proses pengelasan ini menggunakan bahan perak dan kuningan, dan menggunakan alat bantu tang untuk menahan komponen yang akan dilakukan pengelasan serta alat bantu pelebar pipa agar dapat tersambung dengan baik.



**Gambar 3.27** Proses Pengelasan Evaporator dengan Kompresor

d. Proses Pengisian Metil.

Proses pemetilan berfungsi untuk membersihkan saluran – saluran pipa – pipa pada Kulkas dua pintu yang sudah jadi kotoran – kotoran, misalnya kotoran dari pengelasan, dan meyakinkan apakah ada terjadi kebocoran.

Sebelum dihubungkan pipa kapiler dengan filter maka terlebih dahulu melalui proses pemetilan. Pengisian metil memerlukan kurang lebih satu tutup botol metil

dengan menghidupkan kompresor dan menutup pentil sehingga dalam proses perangkaian udara akan keluar melalui filter dan pipa kapiler akan mengisap metilnya (tunggu beberapa menit agar metilnya merata).



**Gambar 3.28** Proses Pengisian Metil

e. Proses Pemvakuman.

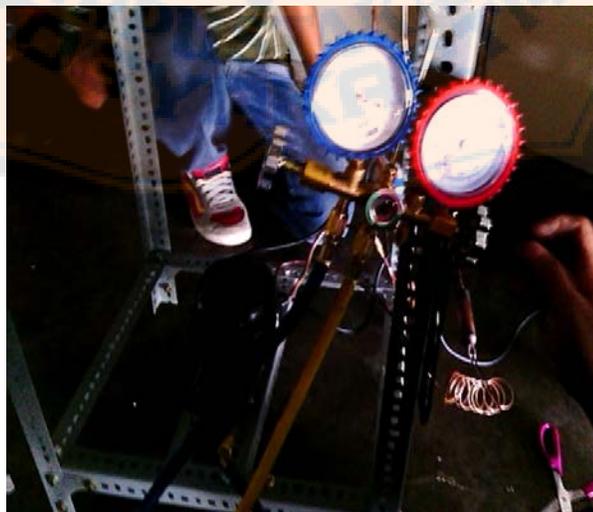
Pemvakuman ini berfungsi untuk mengeluarkan udara yang masih terjebak. Sebelumnya di pastikan semua rangkaiannya rapat (las dan pentil). Proses pemvakuman ini di perlukan pompa vakum untuk membantu proses pemvakuman agar siklus dalam Kulkas dua pintu dapat bekerja dengan maksimal.



**Gambar 3.29** Proses Pevakuman

f. Proses Pengisian Freon.

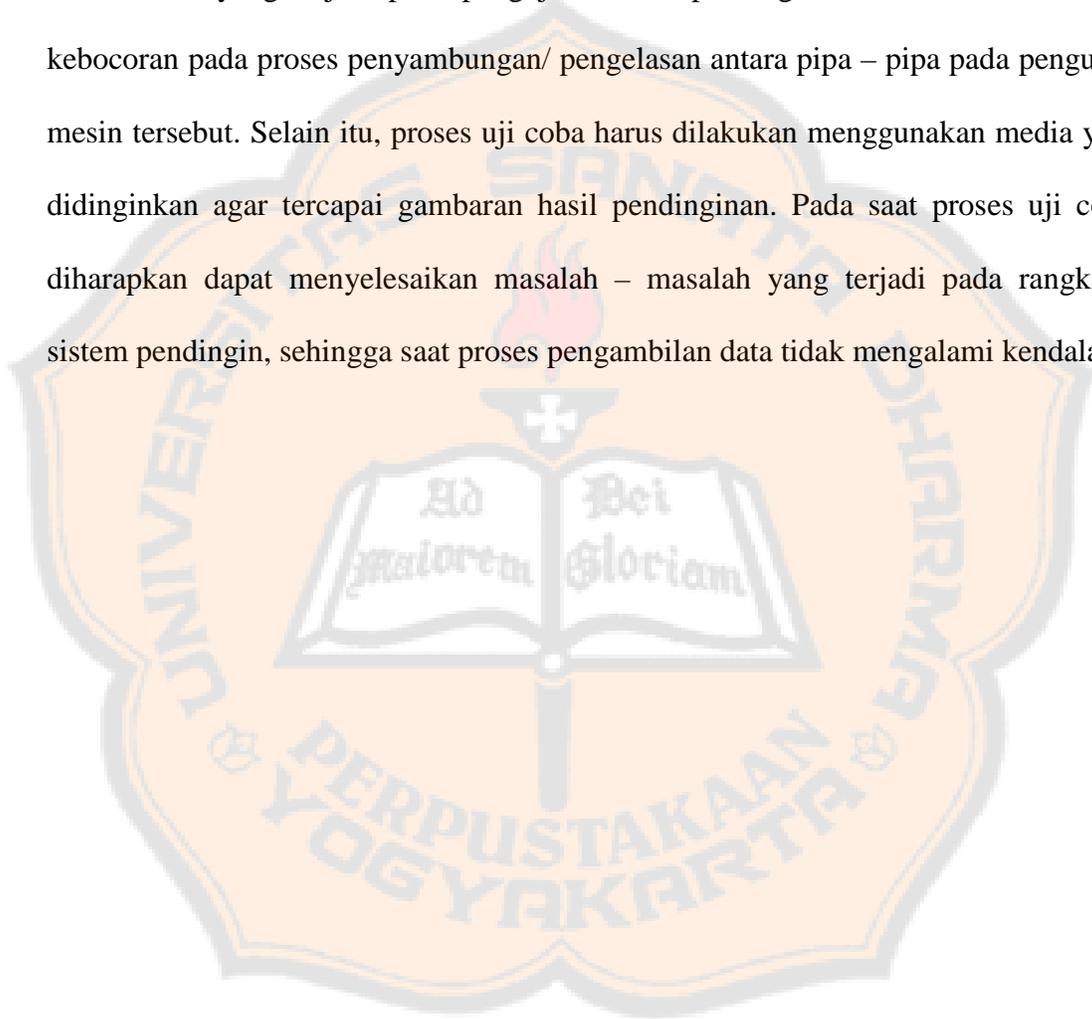
Proses pengisian freon ini menggunakan refrigeran R134a sebagai fluida kerja Kulkas dua pintu. Tekanan yang akan dimasukkan dalam siklus Kulkas harus sesuai dengan standar kerja Kulkas dua pintu agar dapat bekerja dengan maksimal.



**Gambar 3.30** Proses Pengisian Refrigeran R134a

g. Pengujian Mesin

Pada proses pengujian mesin pendingin berjalan dengan baik. Namun masih ada kendala yang terjadi pada pengujian mesin pendingin tersebut, dimana terjadi kebocoran pada proses penyambungan/ pengelasan antara pipa – pipa pada pengujian mesin tersebut. Selain itu, proses uji coba harus dilakukan menggunakan media yang didinginkan agar tercapai gambaran hasil pendinginan. Pada saat proses uji coba, diharapkan dapat menyelesaikan masalah – masalah yang terjadi pada rangkaian sistem pendingin, sehingga saat proses pengambilan data tidak mengalami kendala.

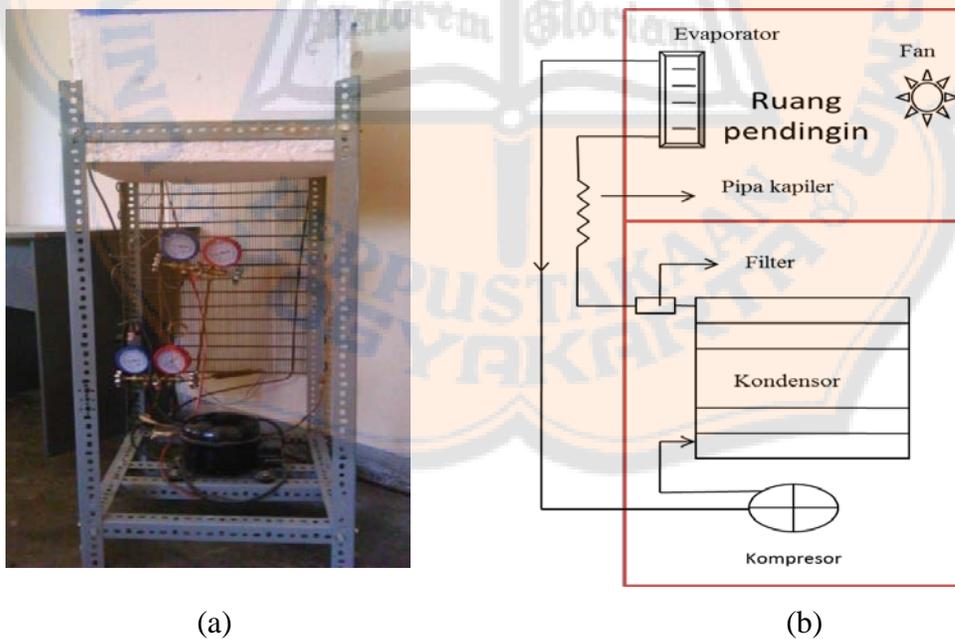


## BAB IV

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 4.1 Mesin yang Diteliti

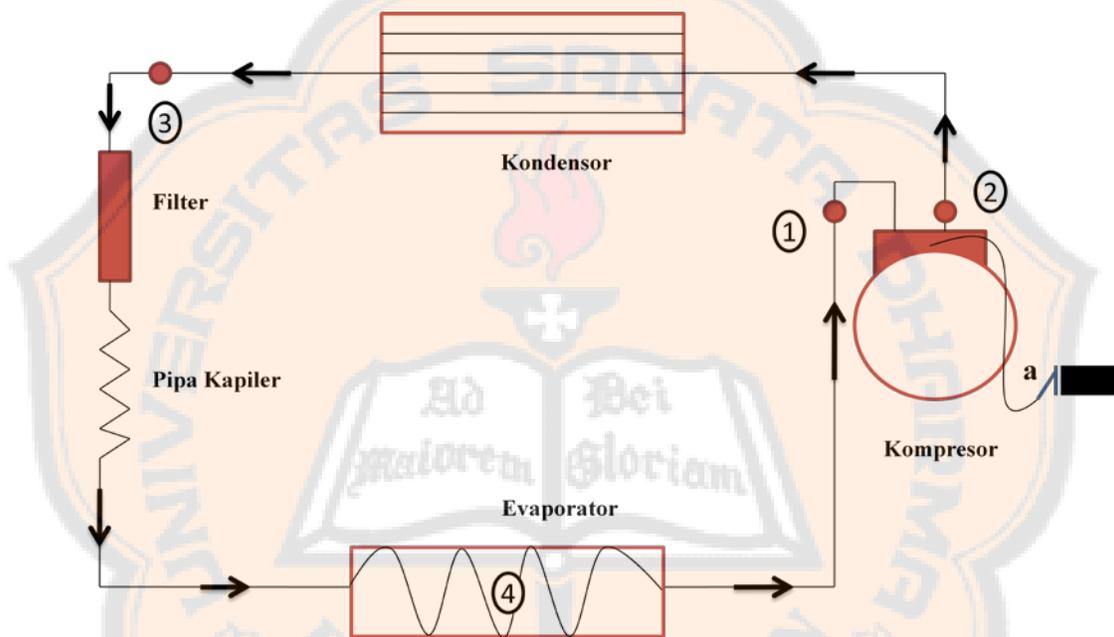
Mesin yang diteliti merupakan kulkas dua pintu hasil rangkaian sendiri dengan komponen standar dari kulkas dua pintu yang ada di pasaran (Gambar 4.1). Kulkas bekerja dengan siklus kompresi uap yang disertai dengan pemanasan lanjut dan pendinginan lanjut, berdaya 115 watt dan mempunyai panjang pipa kapiler 170 cm. Proses pendinginan yang terjadi dalam kulkas ini dilakukan oleh udara dingin yang disirkulasikan oleh fan.



**Gambar 4.1** (a) Mesin kulkas dua pintu yang diteliti tampak luar, (b) Skematik mesin kulkas dua pintu

#### 4.2 Skematik Mesin Pendingin yang Diteliti

Pada Gambar 4.2 menyajikan skematik dari mesin pendingin kulkas dua pintu yang diteliti. Dalam skematik ini ditentukan posisi titik – titik yang dipasang alat ukur suhu dan tekanan dari kulkas dua pintu.



**Gambar 4.2** Skematik mesin pendingin kulkas dua pintu

Keterangan Gambar 4.2:

- Titik 1 : posisi termokopel sebelum masuk kompresor dan posisi alat ukur tekanan sebelum masuk kompresor
- Titik a : posisi peletakan tang meter
- Titik 2 : posisi alat ukur tekanan setelah keluar kompresor
- Titik 3 : posisi termokopel keluar kondensor
- Titik 4 : posisi termokopel di ruang evaporator

### 4.3 Alat Bantu Penelitian

Dalam penelitian kulkas dua pintu ini memerlukan alat – alat ukur untuk membantu dalam pengujian kulkas dua pintu tersebut. Alat – alat tersebut adalah : (a) Termokopel dan penampil suhu digital APPA, (b) Pengukur tekanan, (c) Isolasi, (d) Tang meter, (e) Air/ beban pendingin, (f) Kabel roll, (g) P – h diagram.

#### a. Termokopel dan Penampil suhu digital APPA

Termokopel mempunyai fungsi sebagai sensor suhu yang digunakan untuk mengubah suhu dalam benda menjadi perubahan tegangan listrik. Sedangkan penampil suhu digital APPA mempunyai fungsi sebagai alat yang memperlihatkan nilai suhu yang diukur.



(a)

(b)

**Gambar 4.3** (a) Termokopel dan (b) Penampil suhu digital APPA

b. Pengukur Tekanan (*Manifold Gauge*)

*Manifold gauge* adalah alat yang berfungsi untuk mengukur tekanan pada sistem pendingin pada kulkas dua pintu. Jenis *manifold gauge* yang dipakai dalam pengambilan data yaitu *double manifold gauge* dengan merek Lotus. Dalam pengambilan data ditentukan 2 titik, yaitu titik pada posisi keluar dari kompresor, dan masuk kompresor. Diperlukan 2 buah *manifold* dengan satu *manifold* untuk mengukur tekanan tinggi (warna merah) dengan angka skala tertera sampai 500 Psi dan satu *manifold* untuk mengukur tekanan rendah (warna biru) dengan skala angka tertera sampai 220 Psi.



**Gambar 4.4** Pengukur Tekanan

c. Isolasi

Isolasi merupakan alat bantu yang berfungsi untuk merekatkan termokopel dengan bagian komponen yang akan di ukur suhunya.



**Gambar 4.5** Isolasi

e. Tang Meter

Tang meter ini berfungsi untuk mengukur berapa besar arus yang mengalir masuk ke dalam kompresor.



**Gambar 4.6** Tang Meter

f. Air (beban pendingin)

Air mempunyai fungsi sebagai beban pendinginan pada mesin pendingin Kulkas dua pintu yang dipergunakan dalam penelitian. Beban air yang dipergunakan adalah sebesar 900 ml.



**Gambar 4.7** Aqua Botol

g. Kabel Roll

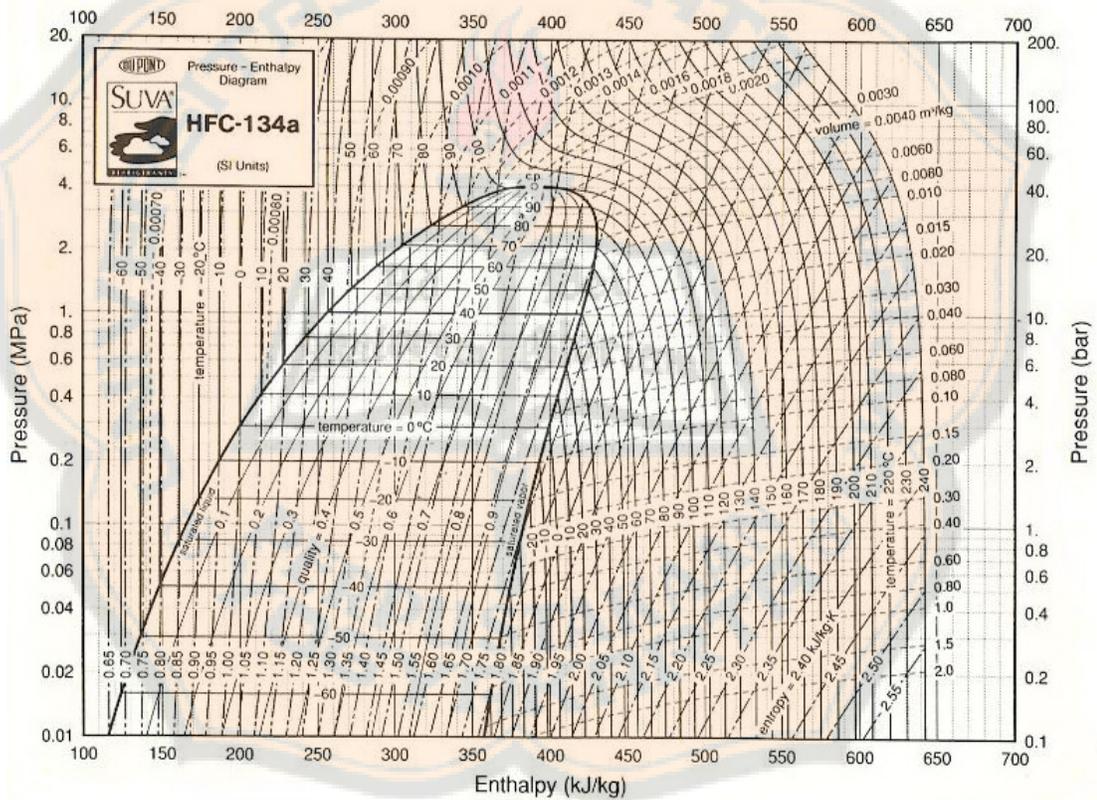
Kabel roll berfungsi untuk membagi daya listrik ke sejumlah alat, baik listrik maupun alat elektronik lainnya. Hal ini dikarenakan panjang kabel listrik pada alat penelitian terbatas sehingga kabel roll sangat dibutuhkan saat penelitian.



**Gambar 4.8** Kabel Roll

h. P – h diagram

P – h diagram mempunyai fungsi untuk menggambarkan siklus kompresi uap mesin pendingin kulkas dua pintu. Dengan P – h diagram ini dapat diketahui nilai entalpi disetiap titik yang ditinjau ( $h_1, h_2, h_3, h_4$ ), suhu kerja evaporator, suhu kerja kondensor, dan suhu refrigeran keluar kompresor.



Gambar 4.9 P – h diagram (sumber: <http://www.engr.siu.edu>)

**4.4 Cara Mendapatkan Data Suhu, Tekanan, Arus, dan Voltage.**

Data – data penelitian diperoleh dari hasil pengukuran alat ukur suhu, alat ukur tekanan, tang meter. Hasilnya disajikan dalam tabel seperti pada Tabel 4.1.

**Tabel 4.1** Cara mencatat hasil pengukuran suhu, tekanan, arus, dan voltage.

No	Waktu t (menit)	Nilai Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )		Nilai Tekanan (bar)		Arus (A)	Voltage (V)
		T <sub>1</sub>	T <sub>3</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>		
1	15	...	...	...	...	...	...
2	30	...	...	...	...	...	...
3	45	...	...	...	...	...	...
4	60	...	...	...	...	...	...
5	75	...	...	...	...	...	...
6	90	...	...	...	...	...	...
7	105	...	...	...	...	...	...
8	120	...	...	...	...	...	...

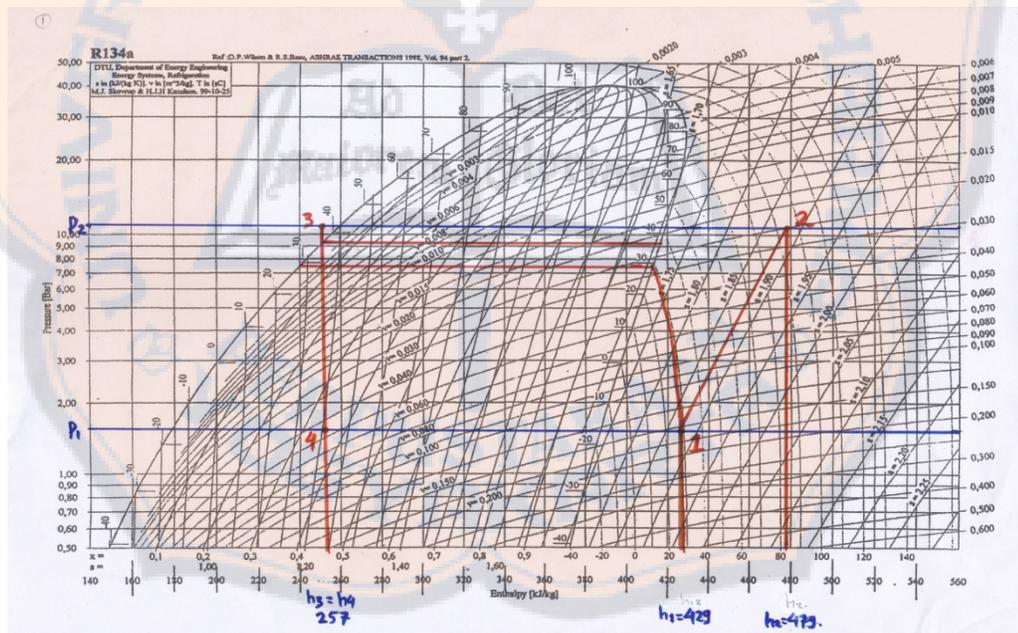
**4.5 Cara Mengolah Data**

Prosedur pengolahan data:

- a. Setelah semua data suhu dan tekanan pada setiap titik diperoleh maka langkah selanjutnya adalah menggambarkan proses siklus kompresi uap pada P – h diagram. Dengan menggambarkan dalam P – h diagram dapat diketahui nilai entalpi ( $h_1, h_2, h_3, h_4$ ), suhu kerja kondensor, suhu kerja epaporator, dan suhu kerja refrigeran keluar kompresor proses kompresi pada kompresor diasumsikan berlangsung secara isentropis adiabotis. Proses yang berlangsung dari pipa keluar kompresor sampai dengan pipa masuk filter diasumsikan

berjalan pada tekanan yang tetap demikian juga proses yang berjalan dari pipa keluar filter sampai dengan sebelum masuk kompresor.

- b. Data nilai – nilai enthalpi yang sudah didapat kemudian digunakan untuk menghitung besarnya energi kalor persatuan massa yang dilepaskan oleh kondensor, menghitung kerja kompresor persatuan massa refrigeran, menghitung besarnya energi kalor persatuan massa yang diserap oleh evaporator, nilai COP aktual, nilai COP ideal kulkas dua pintu, efisiensi dan laju aliran massa refrigeran.



**Gambar 4.10** Cara menggambarkan siklus kompresi uap pada P – h diagram

- c. Perhitungan dan pengolahan data dapat menggunakan persamaan (2.3) untuk menghitung kerja kompresor, persamaan (2.4) untuk menghitung energi kalor

yang dilepaskan oleh kondensor, persamaan (2.5) untuk menghitung energi kalor yang diserap evaporator, persamaan (2.6) untuk menghitung COP aktual, persamaan (2.7) untuk menghitung COP ideal, persamaan (2.8) untuk menghitung efisiensi kulkas dua pintu dan persamaan (2.9) untuk menghitung laju aliran massa refrigeran.

- d. Hasil – hasil perhitungan kemudian digambarkan dalam bentuk grafik agar memudahkan untuk pengolahan data dan pembahasan. Pada saat melakukan pembahasan harus memperhatikan hasil – hasil penelitian sebelumnya yang relevan, serta tidak menyimpang dari tujuan penelitian.

#### **4.6 Cara Mendapatkan Kesimpulan**

Kesimpulan dapat diperoleh dari hasil pembahasan penelitian. Kesimpulan merupakan intisari dari hasil pembahasan dan merupakan jawaban atas tujuan dari penelitian.

**BAB V**

**HASIL PENELITIAN, PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN**

**5.1 Hasil Penelitian**

a. Data suhu, tekanan, arus, dan voltage:

Hasil penelitian berupa nilai suhu refrigeran masuk kompresor, suhu refrigeran keluar kondensor, tekanan refrigeran masuk kompresor dan tekanan refrigeran keluar kompresor, voltage, dan arus listrik disajikan pada Tabel 5.1.

**Tabel 5.1** Nilai rata – rata suhu masuk kompresor, keluar kondensor, tekanan masuk kompresor, keluar kompresor, arus dan voltage.

NO	Waktu t (menit)	Nilai Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )		Nilai Tekanan (bar)		Arus (A)	Voltage (V)
		$T_1$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$T_3$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$P_1$ (bar)	$P_2$ (bar)		
1	15	29,5	35,86	1,6	10,86	0,62	220
2	30	26,6	36,44	1,5	10,86	0,62	220
3	45	26,3	36,46	1,6	10,73	0,62	220
4	60	25,4	36,78	1,6	10,93	0,62	220
5	75	23,0	35,44	1,5	10,66	0,62	220
6	90	21,1	37,08	1,5	10,66	0,62	220
7	105	22,8	36,5	1,5	10,93	0,62	220
8	120	24,2	36,12	1,5	10,73	0,62	220
9	135	19,9	35,72	1,5	10,66	0,62	220
10	150	21,5	36,58	1,5	10,86	0,62	220
11	165	23,3	36,58	1,5	10,86	0,62	220
12	180	25,3	36,28	1,5	10,66	0,62	220

Keterangan untuk Tabel 5.1:

$T_1$  : suhu refrigeran masuk kompresor

$T_3$  : suhu refrigeran keluar kondensor

$P_1$  : tekanan refrigeran masuk kompresor

$P_2$  : tekanan refrigeran keluar kompresor

Suhu evaporator, suhu kondensor dan suhu refrigeran keluar kompresor di dapat dari P-h diagram. Tabel 5.2 Menyajikan suhu kerja evaporator dan suhu keluar kompresor, suhu kerja kondensor dan suhu keluar kompresor.

**Tabel 5.2** Suhu kerja evaporator, suhu kerja kondensor, dan suhu keluar kompresor.

No	Waktu t (menit)	$T_{\text{evaporator}}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$T_{\text{evaporator}}$ (K)	$T_{\text{kondensor}}$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	$T_{\text{kondensor}}$ (K)	Suhu keluar kompresor $T_2$ , ( $^{\circ}\text{C}$ )
1	15	-16,2	256,95	42,3	315,45	53,5
2	30	-19	254,15	42,3	315,45	61,66
3	45	-16.2	256,95	42	315,15	66,52
4	60	-16.2	256,95	44,2	317,35	68,4
5	75	-19	254,15	42	315,15	72,8
6	90	-19	254,15	41,2	314,35	70,44
7	105	-19	254,15	43,3	316,45	69,4
8	120	-19	254,15	41,1	314,25	72,76
9	135	-19	254,15	41,1	314,25	67,88
10	150	-19	254,15	41,3	314,45	74,48
11	165	-19	254,15	41,3	314,45	74,54
12	180	-19	254,15	41,1	314,25	73,36

b. Nilai entalpi

Hasil entalpi dari sklusi kompresi uap yang di dapat dari P-h diagram di sajikan pada Tabel 5.3

**Tabel 5.3** Nilai entalpi R134a

No	Waktu t (menit)	Entalpi (kJ/kg)			
		$h_1$	$h_2$	$h_3$	$h_4$
1	15	428	478	257	257
2	30	425	478	256	256
3	45	426	476	248	248
4	60	427	478	252	252
5	75	426	476	248	248
6	90	423	474	242	242
7	105	424	474	248	248
8	120	427	476	245	245
9	135	421	473	250	250
10	150	424	476	254	254
11	165	425	479	253	253
12	180	425	474	253	253

**5.2 Perhitungan**

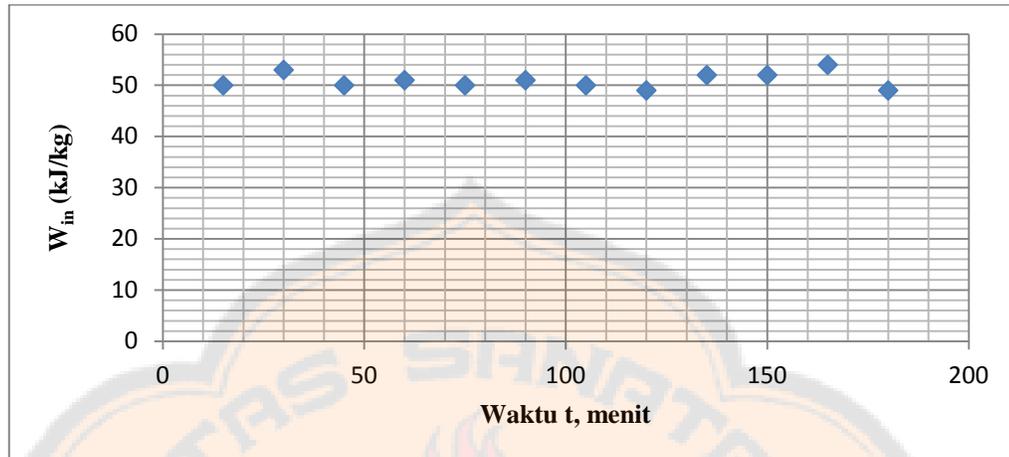
a. Kerja kompresor persatuan massa refrigeran R134a ( $W_{in}$ )

Perhitungan kerja kompresor dilakukan dengan menggunakan Persamaan (2.3) yaitu:  $W_{in} = h_2 - h_1$ , kJ/kg. Contoh perhitungan dilakukan dengan menggunakan data pada menit ke 150. Diperoleh hasil  $W_{in} = 476 - 424 = 52$  kJ/kg. Hasil untuk semua perhitungan disajikan pada Tabel 5.4. Perhitungan dilakukan dengan cara yang sama.

**Tabel 5.4** Kerja kompresor persatuan massa refrigeran R134a ( $W_{in}$ )

No.	Waktu (menit)	$h_1$	$h_2$	$W_{in}$
		(kJ/kg)		(kJ/kg)
1	15	428	478	50
2	30	425	478	53
3	45	426	476	50
4	60	427	478	51
5	75	426	476	50
6	90	423	474	51
7	105	424	474	50
8	120	427	476	49
9	135	421	473	52
10	150	424	476	52
11	165	425	479	54
12	180	425	474	49

Hasil penelitian kerja kompresor persatuan massa refrigeran R134a disajikan dalam bentuk grafik, pada Gambar 5.1.



**Gambar 5.1** Kerja kompresor persatuan massa refrigeran dari waktu ke waktu

- b. Energi kalor persatuan massa refrigeran R134a yang dilepaskan oleh kondensor ( $Q_{out}$ ).

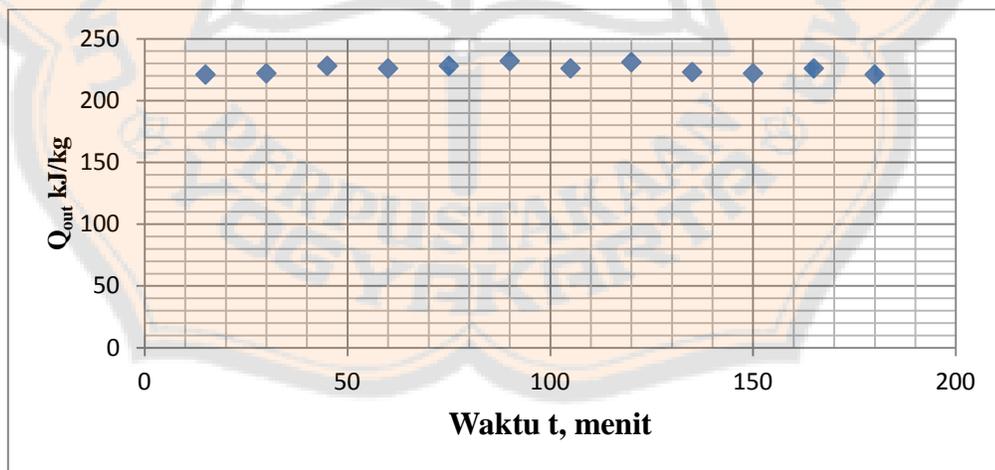
Perhitungan energi kalor yang dilepaskan oleh kondensor dilakukan dengan menggunakan Persamaan (2.4), yaitu:  $Q_{out} = h_2 - h_3$ , kJ/kg. Contoh perhitungan dilakukan dengan menggunakan data pada menit 150. Diperoleh hasil  $Q_{out} = 476 - 254 = 222$  kJ/kg. Hasil perhitungan untuk keseluruhan data disajikan pada Tabel 5.5.

**Tabel 5.5** Energi kalor persatuan massa refrigeran R134a yang dilepaskan oleh kondensor ( $Q_{out}$ ).

No.	Waktu t (menit)	$h_2$	$h_3$	$Q_{out}$
		(kJ/kg)		(kJ/kg)
1	15	478	257	221
2	30	478	256	222
3	45	476	248	228
4	60	478	252	226

No.	Waktu t (menit)	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	Q <sub>out</sub>
		(kJ/kg)		(kJ/kg)
5	75	476	248	228
6	90	474	242	232
7	105	474	248	226
8	120	476	245	231
9	135	473	250	223
10	150	476	254	222
11	165	479	253	226
12	180	474	253	221

Hasil penelitian energi kalor persatuan massa refrigeran R134a yang dilepaskan kondensor disajikan dalam bentuk grafik, pada Gambar 5.2



**Gambar 5.2** Energi kalor persatuan massa refrigeran yang dilepaskan kondensor dari waktu ke waktu.

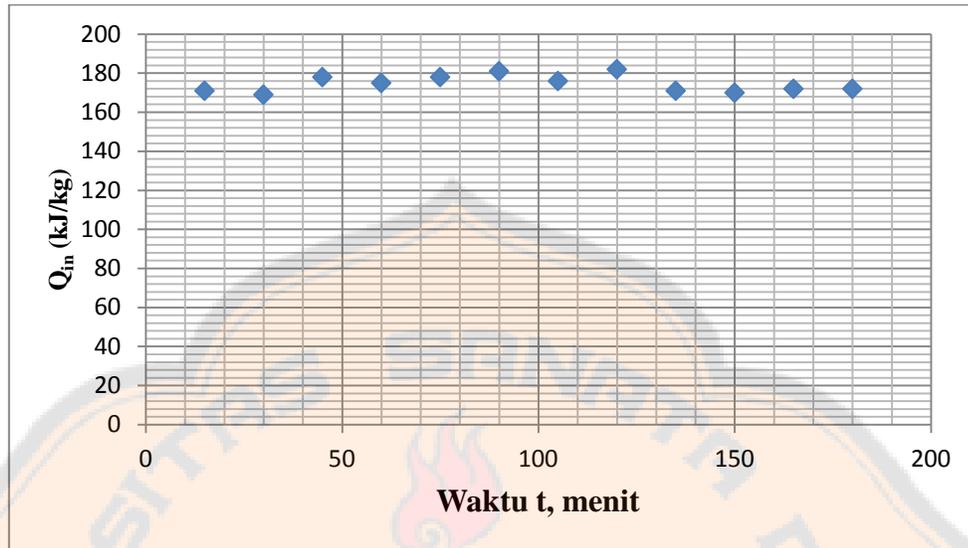
- c. Energi kalor persatuan massa refrigeran R134a yang diserap oleh evaporator ( $Q_{in}$ ).

Perhitungan energi kalor persatuan massa refrigeran yang diserap evaporator dengan menggunakan Persamaan (2.5), yaitu:  $Q_{in} = h_1 - h_4$ , kJ/kg. Contoh perhitungan dilakukan dengan menggunakan data pada menit 150. Dihilangkan  $Q_{in} = 424 - 254 = 170$  kJ/kg. Hasil perhitungan untuk semua data disajikan pada Tabel 5.6.

**Tabel 5.6** Energi kalor persatuan massa refrigeran R134a yang diserap oleh evaporator ( $Q_{in}$ ).

No.	Waktu t (menit)	$h_1$	$h_4$	$Q_{in}$
		(kJ/kg)		(kJ/kg)
1	15	428	257	171
2	30	425	256	169
3	45	426	248	178
4	60	427	252	175
5	75	426	248	178
6	90	423	242	181
7	105	424	248	176
8	120	427	245	182
9	135	421	250	171
10	150	424	254	170
11	165	425	253	172
12	180	425	253	172

Hasil penelitian energi kalor persatuan massa refrigeran R134a yang diserap oleh evaporator disajikan dalam bentuk grafik, pada Gambar 5.3.



**Gambar 5.3** Energi kalor persatuan massa refrigeran yang diserap evaporator dari waktu ke waktu.

d. Nilai *Coefficient of Performance* aktual ( $COP_{\text{aktual}}$ )

Perhitungan *Coefficient of Performance* aktual mesin kulkas dua pintu dilakukan dengan menggunakan Persamaan (2.6), yaitu:  $COP_{\text{aktual}} = \frac{(Q_{in})}{(W_{in})} = \frac{(h_1 - h_4)}{(h_2 - h_1)} \times \frac{kJ/kg}{kJ/kg}$ . Contoh perhitungan dilakukan dengan menggunakan data pada menit 150.

Diperoleh hasil  $COP_{\text{aktual}} = \frac{170}{52} = \frac{(424 - 254)}{(476 - 424)} \times \frac{kJ/kg}{kJ/kg} = 3,26$ . Hasil perhitungan untuk

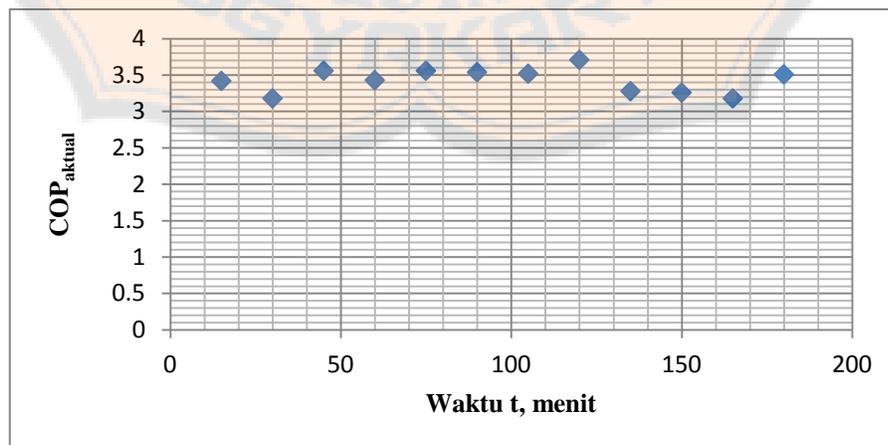
keseluruhan data disajikan pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Hasil perhitungan *Coefficient of Performance* aktual ( $COP_{\text{aktual}}$ )

No.	Waktu t (menit)	Q <sub>in</sub>	W <sub>in</sub>	COP <sub>aktual</sub>
		(kJ/kg)		
1	15	171	50	3,42

No.	Waktu t (menit)	Q <sub>in</sub>	W <sub>in</sub>	COP <sub>aktual</sub>
		(kJ/kg)		
2	30	169	53	3,18
3	45	178	50	3,56
4	60	175	51	3,43
5	75	178	50	3,56
6	90	181	51	3,54
7	105	176	50	3,52
8	120	182	49	3,71
9	135	171	52	3,28
10	150	170	52	3,26
11	165	172	54	3,18
12	180	172	49	3,51

Hasil penelitian *Coefficient of Performance* aktual mesin kulkas dua pintu disajikan dalam bentuk grafik, pada Gambar 5.4



**Gambar 5.4** COP<sub>aktual</sub> mesin kulkas dua pintu dari waktu ke waktu.

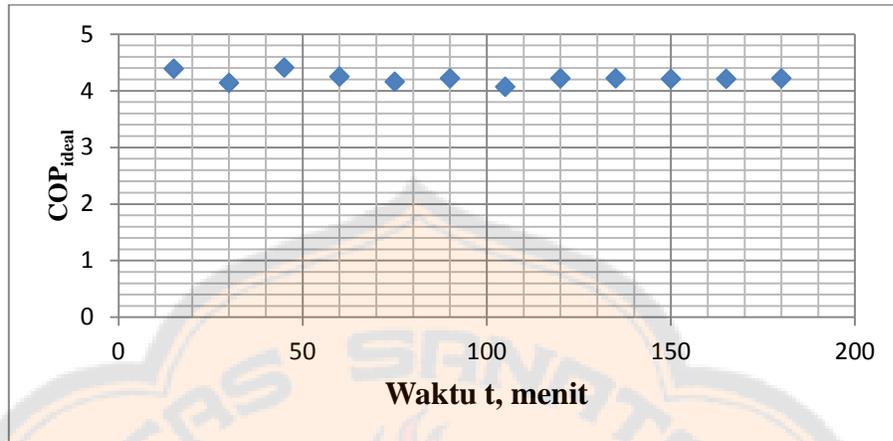
e. Nilai *Coefficient of Performance* ideal ( $COP_{ideal}$ )

Perhitungan *coefficient of Performance* ideal mesin kulkas dua pintu dilakukan dengan menggunakan Persamaan (2.7), yaitu:  $COP_{ideal} = \frac{T_e}{T_c - T_e}$ . Contoh perhitungan dilakukan dengan menggunakan data pada menit 150. Diperoleh hasil  $COP_{ideal} = \frac{254,45}{60,3} = 4,21$ . Hasil perhitungan secara keseluruhan data disajikan pada Tabel 5.8.

**Tabel 5.8** Hasil perhitungan *Coefficient of Performance* ideal ( $COP_{ideal}$ )

No.	Waktu (menit)	$T_e$	$T_c$	$T_c - T_e$	$COP_{ideal}$
		(K)			
1	15	256,95	315,45	58,5	4,39
2	30	254,15	315,45	61,3	4,14
3	45	256,95	315,15	58,2	4,41
4	60	256,95	317,35	60,4	4,25
5	75	254,15	315,15	61	4,16
6	90	254,15	314,35	60,2	4,22
7	105	254,15	316,45	62,3	4,07
8	120	254,15	314,25	60,1	4,22
9	135	254,15	314,25	60,1	4,22
10	150	254,15	314,45	60,3	4,21
11	165	254,15	314,45	60,3	4,21

Hasil penelitian *Coefficient of Performance* ideal mesin kulkas dua pintu disajikan dalam bentuk grafik, pada Gambar 5.5.



**Gambar 5.5** COP<sub>ideal</sub> mesin kulkas dua pintu dari waktu ke waktu

f. Nilai Efisiensi Kulkas dua pintu

Perhitungan Efisiensi kulkas dua pintu dengan menggunakan Persamaan (2.8),

yaitu: Efisiensi =  $\frac{COP_{aktual}}{COP_{ideal}} \times 100\%$ . Contoh perhitungan dilakukan dengan

menggunakan data pada menit 150. Diperoleh hasil Efisiensi =  $\frac{3,26}{4,21} \times 100 \% = 77,43$ .

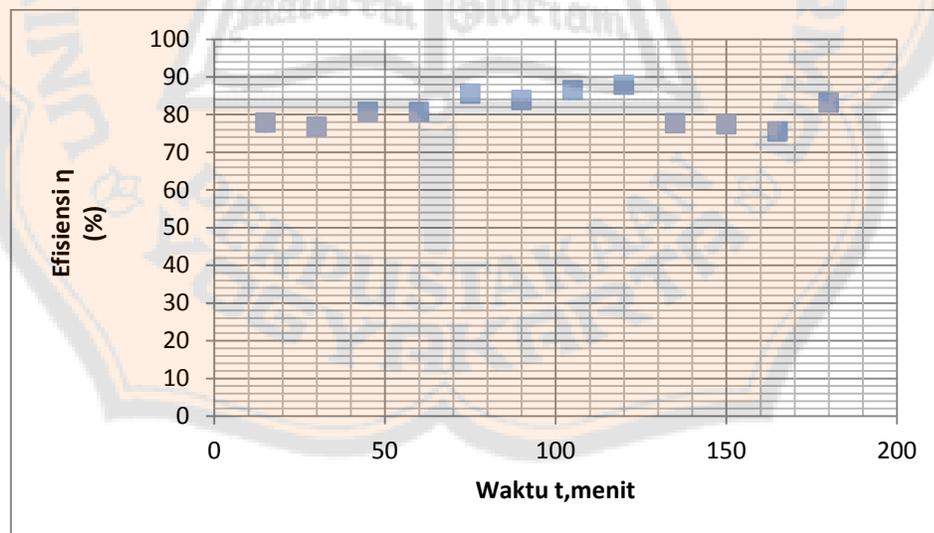
Hasil perhitungan untuk keseluruhan data disajikan pada Tabel 5.9

**Tabel 5.9** Hasil perhitungan efisiensi kulkas dua pintu

No.	Waktu t (menit)	COP <sub>aktual</sub>	COP <sub>ideal</sub>	Efisiensi (%)
1	15	3,42	4,39	77,90
2	30	3,18	4,14	76,81
3	45	3,56	4,41	80,72
4	60	3,43	4,25	80,70
5	75	3,56	4,16	85,57
6	90	3,54	4,22	83,88

No.	Waktu t (menit)	COP <sub>aktual</sub>	COP <sub>ideal</sub>	Efisiensi (%)
7	105	3,52	4,07	86,48
8	120	3,71	4,22	87,91
9	135	3,28	4,22	77,72
10	150	3,26	4,21	77,43
11	165	3,18	4,21	75,53
12	180	3,51	4,22	83,17

Hasil penelitian Efisiensi kulkas dua pintu disajikan dalam bentuk grafik, pada Gambar 5.6



**Gambar 5.6** Efisiensi mesin kulkas dua pintu dari waktu ke waktu

g. Nilai Laju Aliran Massa Refrigeran

Perhitungan laju aliran massa refrigeran dilakukan dengan menggunakan Persamaan (2.9), yaitu:  $m = \frac{V.I}{W_{in}}$ . Contoh perhitungan dilakukan dengan

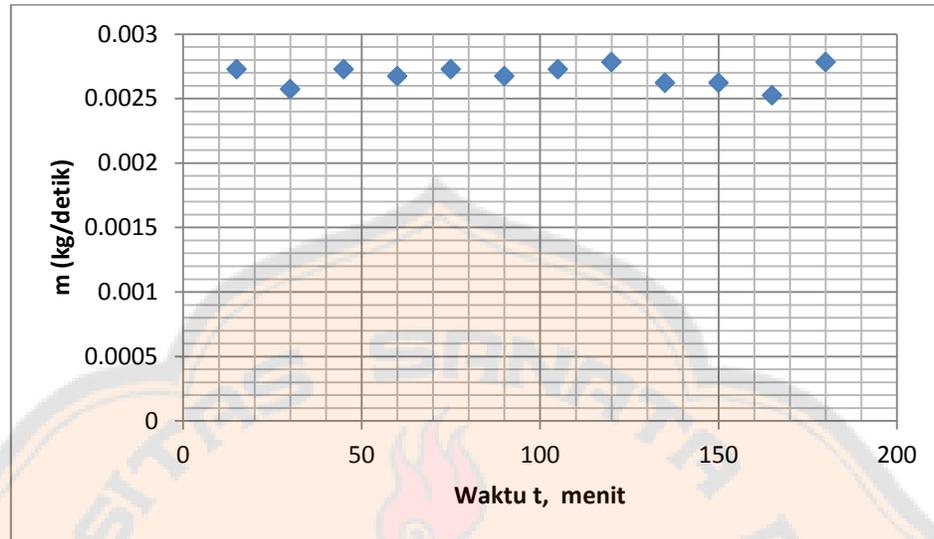
menggunakan data pada menit 150. Diperoleh hasil  $m = \frac{0,1364}{52} = 0,00262 \text{ kg/detik}$ .

Hasil perhitungan untuk keseluruhan data disajikan pada Tabel 5.10.

**Tabel 5.10** Laju aliran massa refrigeran.

No.	Waktu	Voltage	Arus	$W_{in}$	$V.I/1000$	$\dot{m}$
	t (menit)	(V)	(A)	(kJ/kg)	(k.watt)	(kg/detik)
1	15	220	0,62	50	0,1364	0,00272
2	30	220	0,62	53	0,1364	0,00257
3	45	220	0,62	50	0,1364	0,00272
4	60	220	0,62	51	0,1364	0,00267
5	75	220	0,62	50	0,1364	0,00272
6	90	220	0,62	51	0,1364	0,00267
7	105	220	0,62	50	0,1364	0,00272
8	120	220	0,62	49	0,1364	0,00278
9	135	220	0,62	52	0,1364	0,00262
10	150	220	0,62	52	0,1364	0,00262
11	165	220	0,62	54	0,1364	0,00252
12	180	220	0,62	49	0,1364	0,00278

Hasil penelitian laju aliran massa refrigeran disajikan dalam bentuk grafik, pada Gambar 5.7



**Gambar 5.7** Laju aliran massa refrigeran dari waktu ke waktu

### 5.3 Pembahasan

Mesin kulkas dua pintu dengan daya kompresor 1/8 PK dengan panjang pipa kapiler 170 cm dan menggunakan refrigeran R134a berhasil dirangkai dengan baik dan dapat bekerja dengan baik. Suhu kerja evaporator dapat mencapai  $-19^{\circ}\text{C}$ , dan suhu kondensor dapat bekerja pada suhu  $41,3^{\circ}\text{C}$ . Siklus kompresi uap bekerja dengan disertai proses pendingin lanjut dan pemanas lanjut.

Hasil penelitian untuk kerja yang dilakukan kompresor persatuan massa refrigeran R134a disajikan pada Tabel 5.4 dan dalam bentuk grafik disajikan pada Gambar 5.1. Dari data yang diperoleh, kerja kompresor dari waktu ke waktu berlaku untuk  $t = 15$  menit sampai dengan  $t = 180$  menit. Kerja kompresor terendah sebesar  $49 \text{ kJ/kg}$  dan tertinggi sebesar  $54 \text{ kJ/kg}$ , sedangkan rata – ratanya sebesar  $50 \text{ kJ/kg}$ . Harga rata – rata ini dapat dianggap sebagai kerja kompresor pada saat stabil. Dari

Gambar 5.1 nampak bahwa setelah 15 menit kerja kompresor menampilkan harga yang tidak banyak berubah.

Hasil penelitian untuk energi kalor persatuan massa refrigeran R134a yang dilepas kondensor disajikan pada Tabel 5.5 dan dalam bentuk grafik disajikan pada Gambar 5.2. Dari data yang diperoleh, energi kalor yang dilepas kondensor dari waktu ke waktu berlaku untuk  $t = 15$  menit sampai dengan 180 menit. Energi kalor yang dilepas kondensor terendah sebesar 221 kJ/kg dan tertinggi sebesar 232 kJ/kg, sedangkan rata – ratanya 226 kJ/kg. Dari gambar 5.2 nampak bahwa dalam waktu 15 menit, mesin sudah bekerja secara stabil.

Hasil penelitian untuk energi kalor persatuan massa refrigeran R134a yang diserap oleh evaporator disajikan pada Tabel 5.6 dan dalam bentuk grafik disajikan pada Gambar 5.3. Dari data yang diperoleh, energi kalor yang diserap evaporator dari waktu ke waktu berlaku untuk  $t = 15$  menit sampai dengan 180 menit. Energi kalor yang diserap evaporator terendah sebesar 169 kJ/kg dan tertinggi sebesar 182 kJ/kg, sedangkan rata – ratanya sebesar 175 kJ/kg. Dari gambar 5.3 nampak bahwa dalam waktu 15 menit, mesin sudah bekerja secara stabil.

Hasil penelitian untuk *Coefficient of Performance* ( $COP_{\text{aktual}}$ ) disajikan pada Tabel 5.7 dan dalam bentuk grafik disajikan pada Gambar 5.4. Dari data yang diperoleh,  $COP_{\text{aktual}}$  dari waktu ke waktu berlaku untuk  $t = 15$  menit sampai dengan 180 menit.  $COP_{\text{aktual}}$  terendah sebesar 3,18 dan tertinggi sebesar 3,71, sedangkan rata – ratanya sebesar 3,56. Dari gambar 5.4 nampak bahwa dalam waktu 15 menit, mesin sudah bekerja secara stabil.

Hasil penelitian untuk *Coefficient of Performance* ( $COP_{ideal}$ ) disajikan pada Tabel 5.8 dan dalam bentuk grafik disajikan pada Gambar 5.5. Dari data yang diperoleh,  $COP_{ideal}$  dari waktu ke waktu berlaku untuk  $t = 15$  menit sampai dengan 180 menit.  $COP_{ideal}$  terendah sebesar 4,07 dan tertinggi sebesar 4,39, sedangkan rata – ratanya sebesar 4,22. Dari gambar 5.5 nampak bahwa dalam waktu 15 menit, mesin sudah bekerja secara stabil.

Hasil penelitian untuk efisiensi kulkas dua pintu disajikan pada Tabel 5.9 dan dalam bentuk grafik disajikan pada Gambar 5.6. Dari data yang diperoleh, efisiensi kulkas dua pintu dari waktu ke waktu berlaku untuk  $t = 15$  menit sampai dengan 180 menit. Efisiensi terendah sebesar 77,43% dan tertinggi sebesar 87,91%, sedangkan efisiensi rata – ratanya sebesar 80,70%. Dari gambar 5.6 nampak bahwa dalam waktu 15 menit, mesin sudah bekerja secara stabil.

Efisiensi pada saat stabil dapat dianggap mempunyai nilai yang sama dengan nilai rata – rata dari efisiensinya, karena setelah 15 menit berjalan mesin sudah bekerja secara stabil. Nilai efisiensi tidak dapat mencapai 100% karena proses pada siklus kompresi uap tidak dapat berjalan secara ideal, seperti (1). Ketika kompresor bekerja, casing kompresor menjadi panas, sehingga terjadi proses perpindahan kalor dari kompresor ke udara sekitar. (2). Ketika evaporator bekerja, di evaporator terjadi pembentukan es, sehingga proses perpindahan kalor dapat berjalan dengan maksimal. (3). Isolator yang tidak sempurna pada pipa – pipa saluran yang menghubungkan antara komponen satu dengan komponen penyusun mesin pendingin yang lain.

Pada saat stabil, nilai  $Q_{in}$ ,  $Q_{out}$ ,  $W_{in}$ , COP dan efisiensi sedikit menjalani perubahan, hal ini dapat terjadi kemungkinan karena (1). Kondisi udara di sekitar kondensor tidak stabil (baik suhu maupun kecepatannya). (2). Ketebalan es pada evaporator yang juga tidak tetap, dll. Pada saat penelitian berlangsung, penelitian dilakukan di luar lab, sehingga kondisi udara luar cenderung berubah.

Hasil penelitian untuk nilai laju aliran massa refrigeran kulkas dua pintu disajikan pada Tabel 5.10 dan dalam bentuk grafik disajikan pada Gambar 5.7. Dari data yang diperoleh, nilai laju aliran massa refrigeran kulkas dua pintu dari waktu ke waktu berlaku untuk  $t = 15$  menit sampai dengan 180 menit. Nilai laju aliran massa refrigeran terendah sebesar 0,00252 kg/detik dan tertinggi sebesar 0,00278 kg/detik, sedangkan rata – ratanya sebesar 0,00267 kg/detik. Dari gambar 5.7 nampak bahwa dalam waktu 15 menit, mesin sudah bekerja secara stabil.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

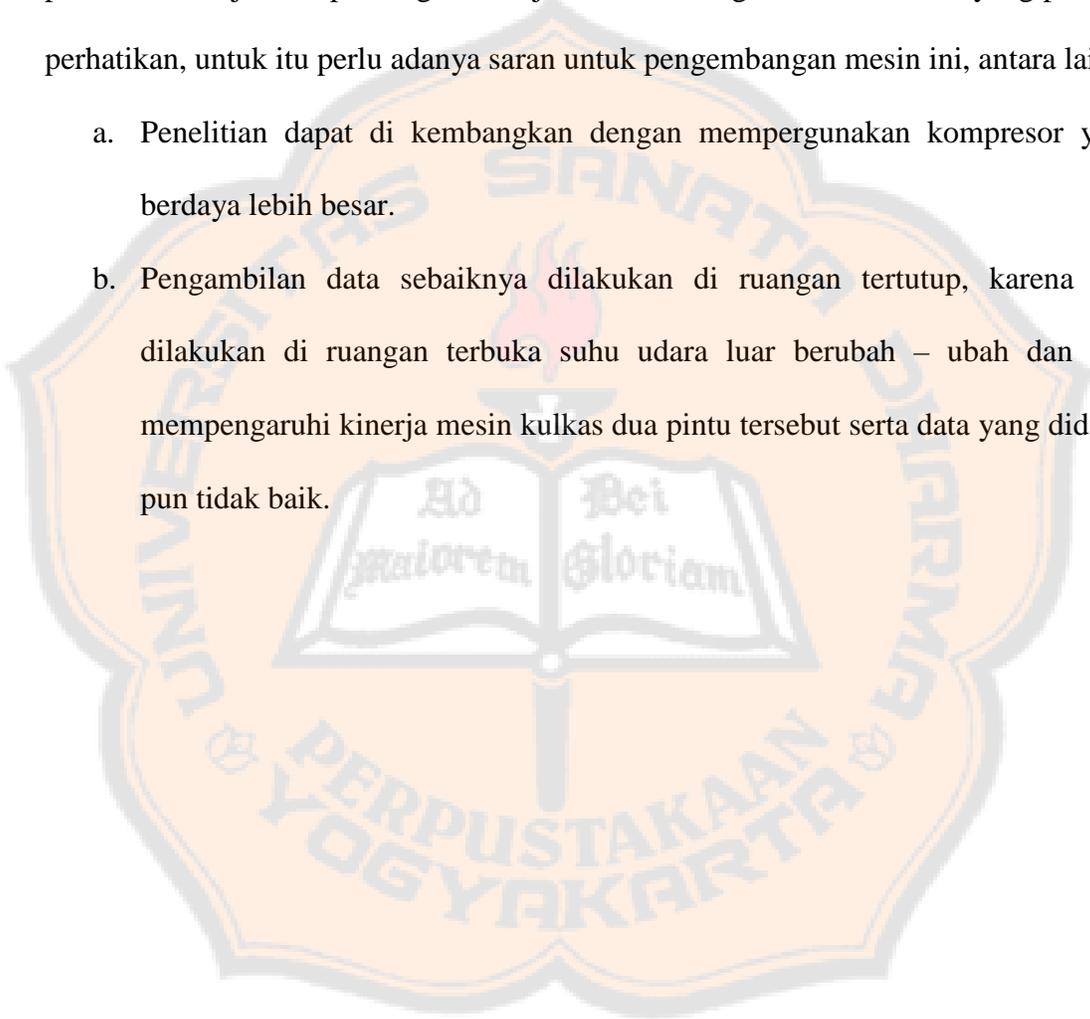
Penelitian mesin kulkas dua pintu memberikan hasil:

- a. Kulkas dua pintu hasil rancangan dapat bekerja dengan baik, mampu memberikan suhu kerja evaporator sebesar  $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dan suhu kerja kondensor sebesar  $41,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- b. Kerja kompresor ( $W_{in}$ ) pada saat stabil sebesar  $50\text{ kJ/kg}$ .
- c. Energi kalor yang dilepas kondensor ( $Q_{out}$ ) pada saat stabil sebesar  $226\text{ kJ/kg}$ .
- d. Energi kalor yang diserap evaporator ( $Q_{in}$ ) pada saat stabil sebesar  $175\text{ kJ/kg}$ .
- e. *Coefficient of Performance* ( $COP_{aktual}$ ) pada saat stabil sebesar  $3,56$ .
- f. *Coefficient of Performance* ( $COP_{ideal}$ ) pada saat stabil sebesar  $4,22$ .
- g. Nilai efisiensi ( $\eta$ ) pada saat stabil sebesar  $80,70\%$ .
- h. Laju aliran massa ( $\dot{m}$ ) pada saat stabil sebesar  $0,00267\text{ kg/detik}$ .

## 6.2 Saran

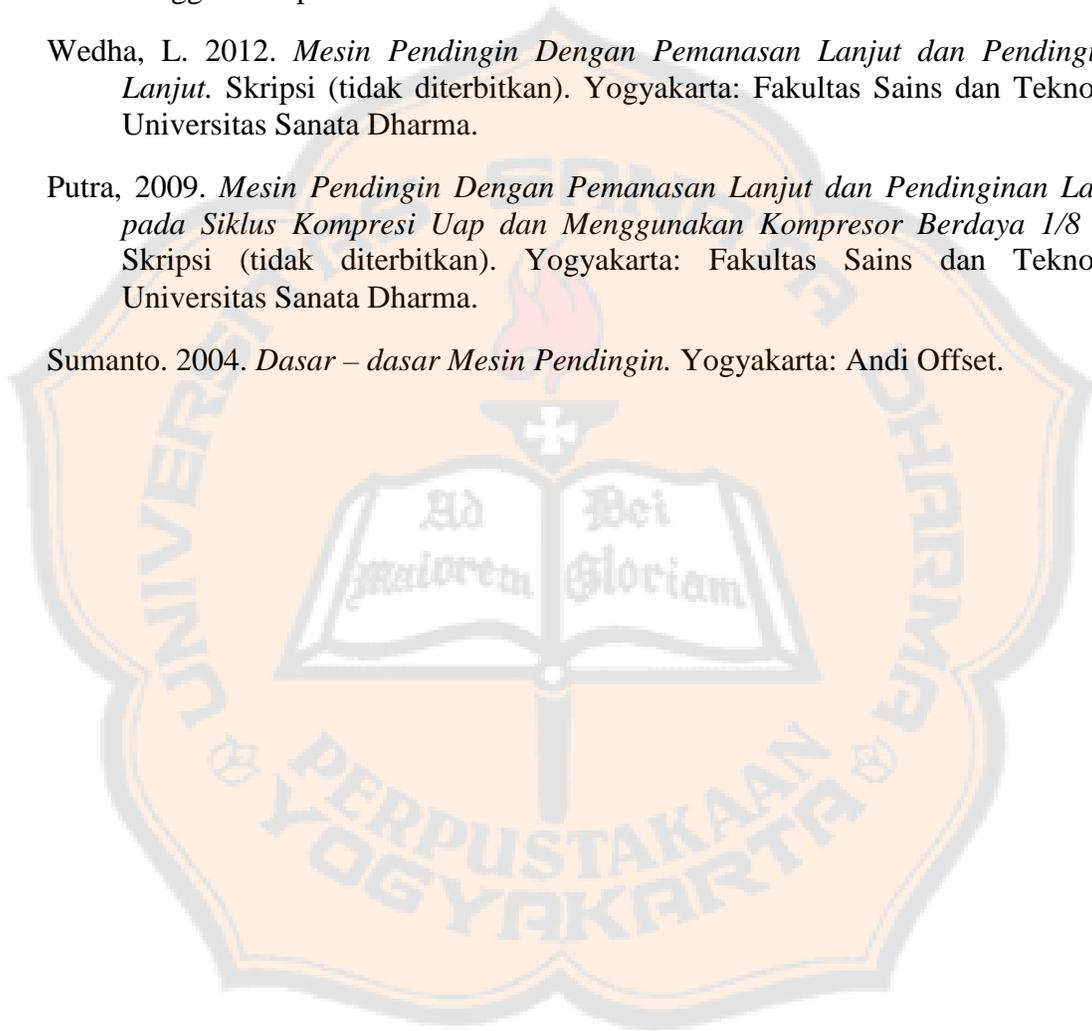
Setelah dilakukan pengambilan data dari mesin kulkas dua pintu dengan pemanasan lanjut dan pendinginan lanjut ada kekurangan dan kelebihan yang perlu di perhatikan, untuk itu perlu adanya saran untuk pengembangan mesin ini, antara lain:

- a. Penelitian dapat di kembangkan dengan mempergunakan kompresor yang berdaya lebih besar.
- b. Pengambilan data sebaiknya dilakukan di ruangan tertutup, karena jika dilakukan di ruangan terbuka suhu udara luar berubah – ubah dan bisa mempengaruhi kinerja mesin kulkas dua pintu tersebut serta data yang didapat pun tidak baik.



## DAFTAR PUSTAKA

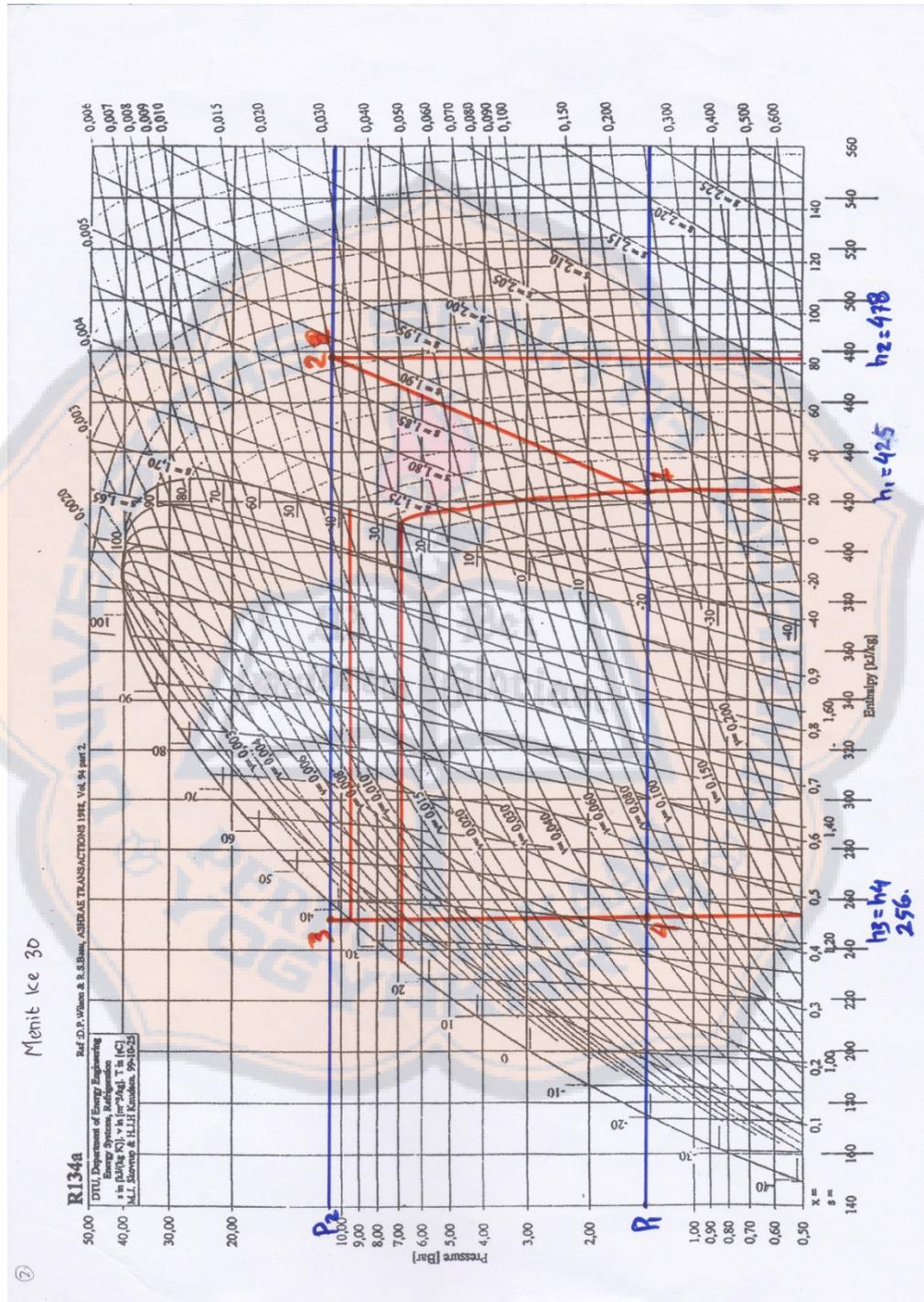
- Dirja. 2004. *Dasar Mesin Pendingin*. Departemen Pendidikan Nasional. Diakses: Tanggal 06 April 2012.
- Wedha, L. 2012. *Mesin Pendingin Dengan Pemanasan Lanjut dan Pendinginan Lanjut*. Skripsi (tidak diterbitkan). Yogyakarta: Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanata Dharma.
- Putra, 2009. *Mesin Pendingin Dengan Pemanasan Lanjut dan Pendinginan Lanjut pada Siklus Kompresi Uap dan Menggunakan Kompresor Berdaya 1/8 PK*. Skripsi (tidak diterbitkan). Yogyakarta: Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Sanata Dharma.
- Sumanto. 2004. *Dasar – dasar Mesin Pendingin*. Yogyakarta: Andi Offset.



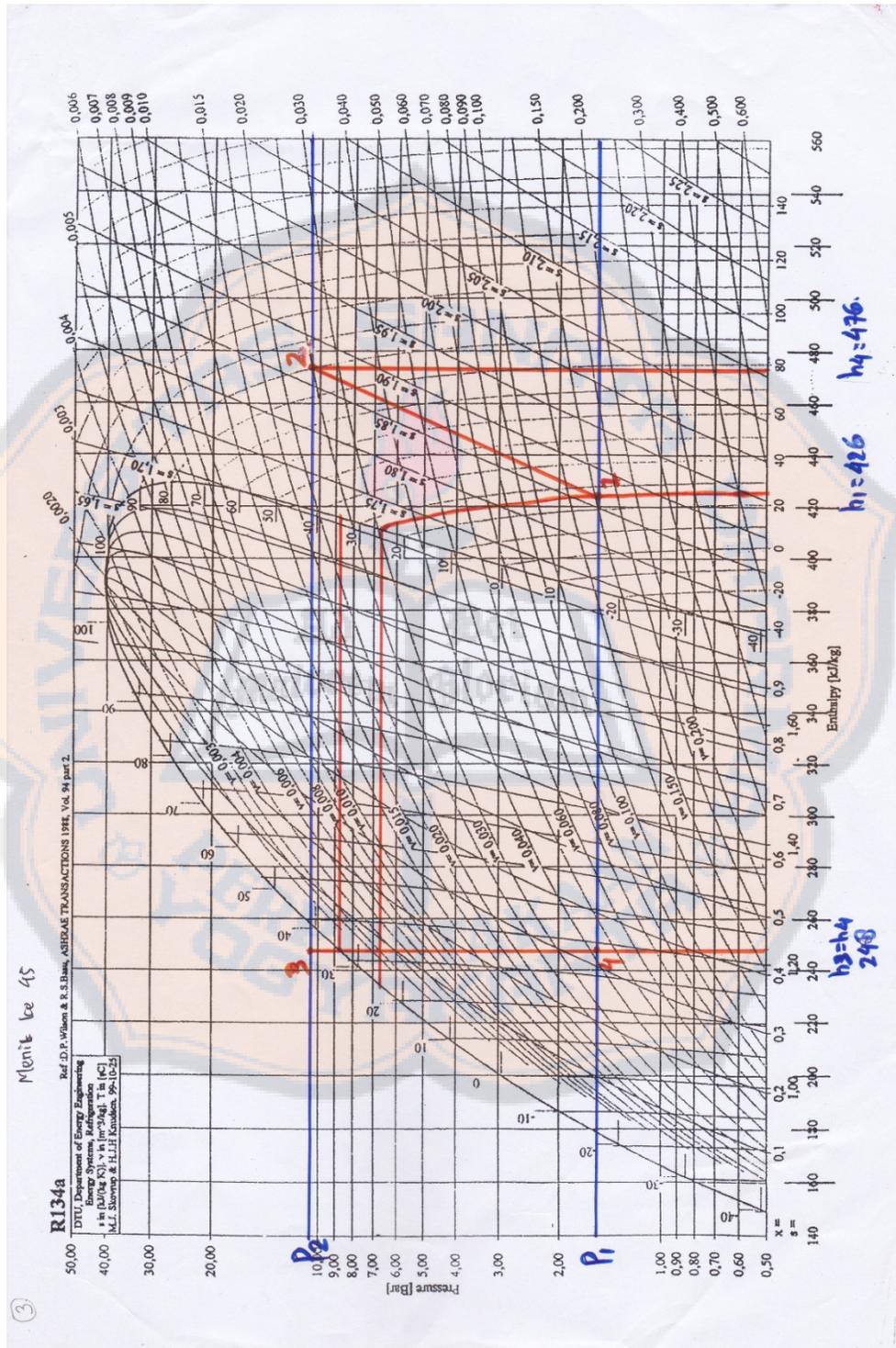


**LAMPIRAN**

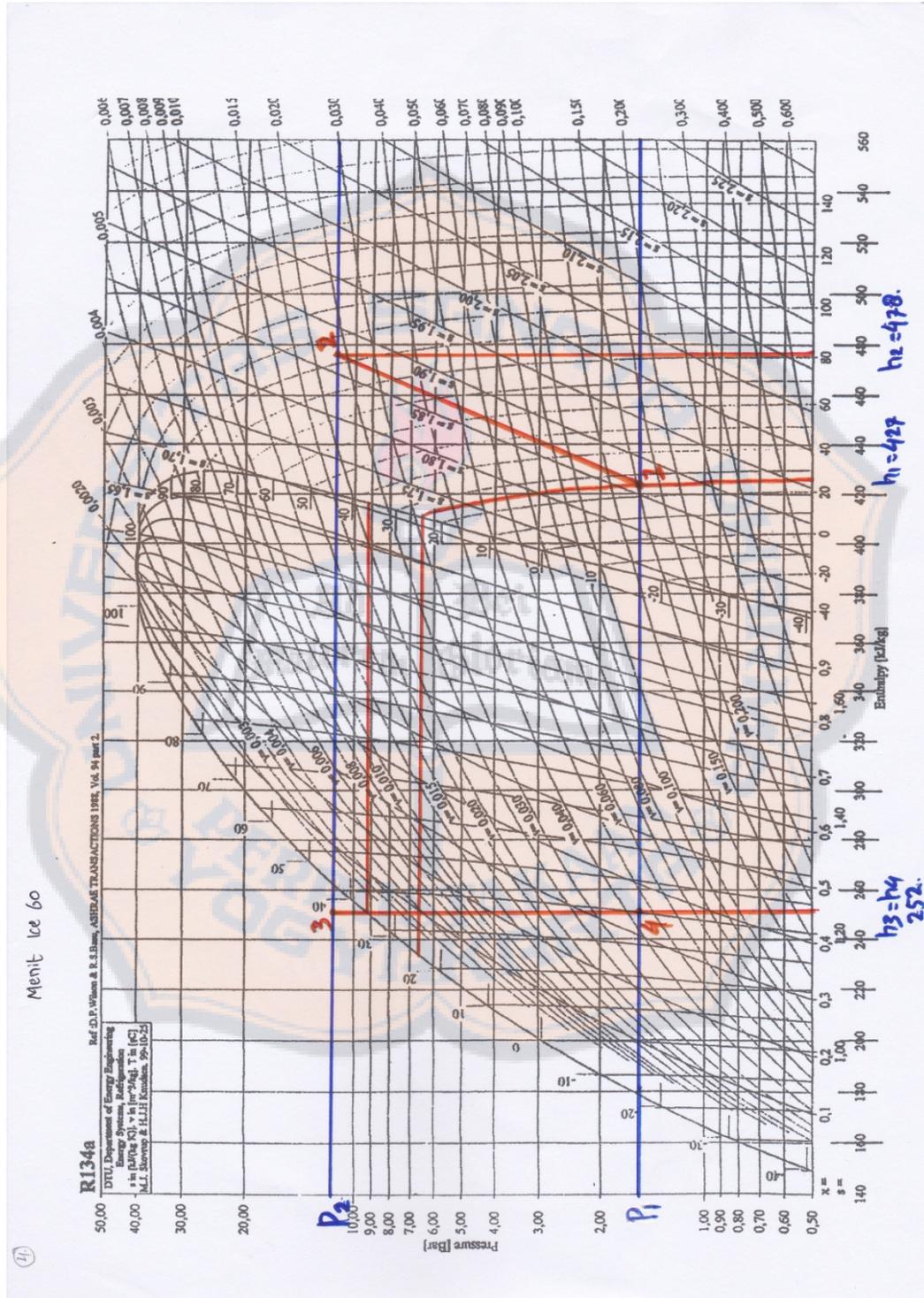




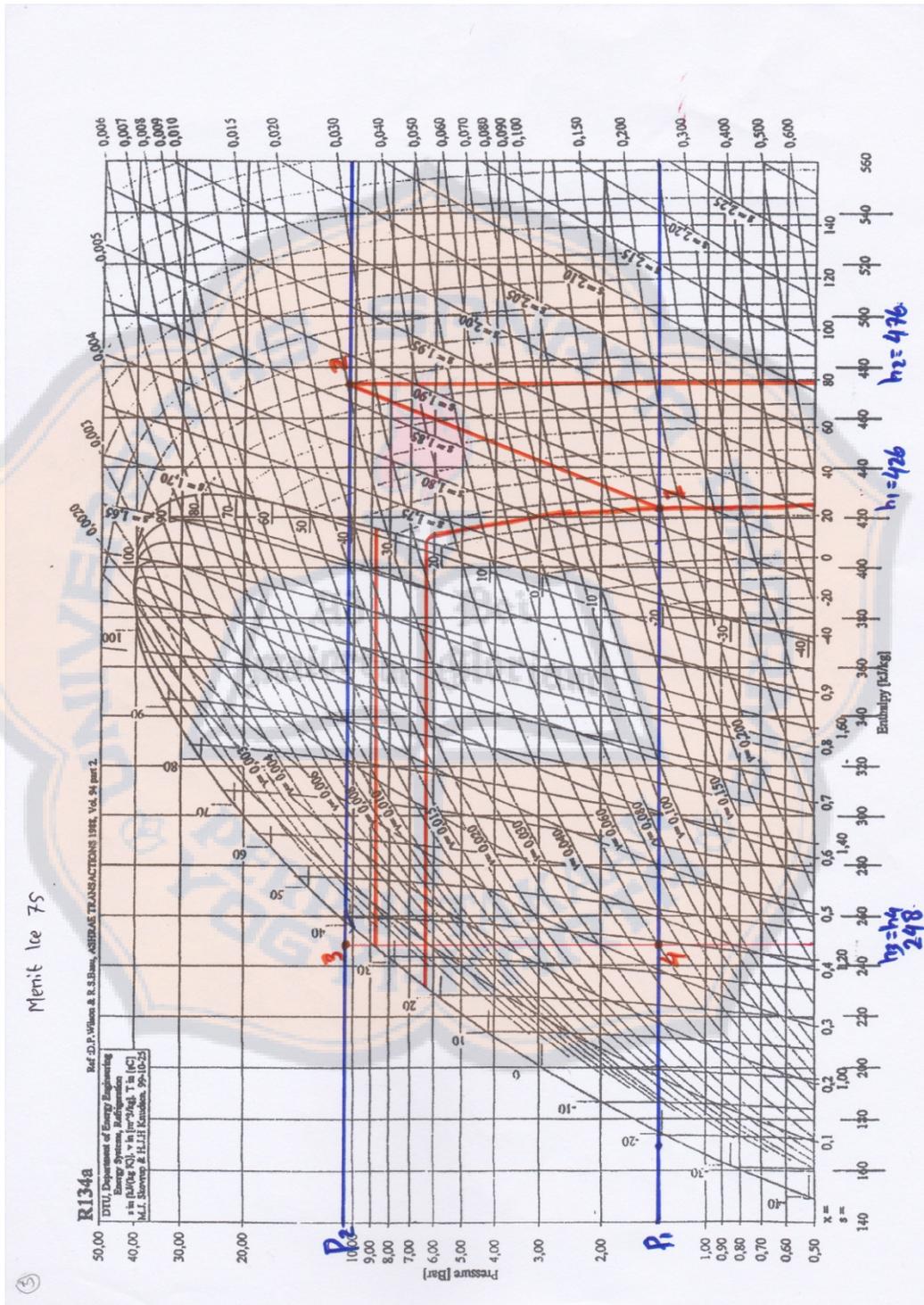
Lampiran 2. Cara menentukan besarnya entalpi (h) dari data percobaan kedua.



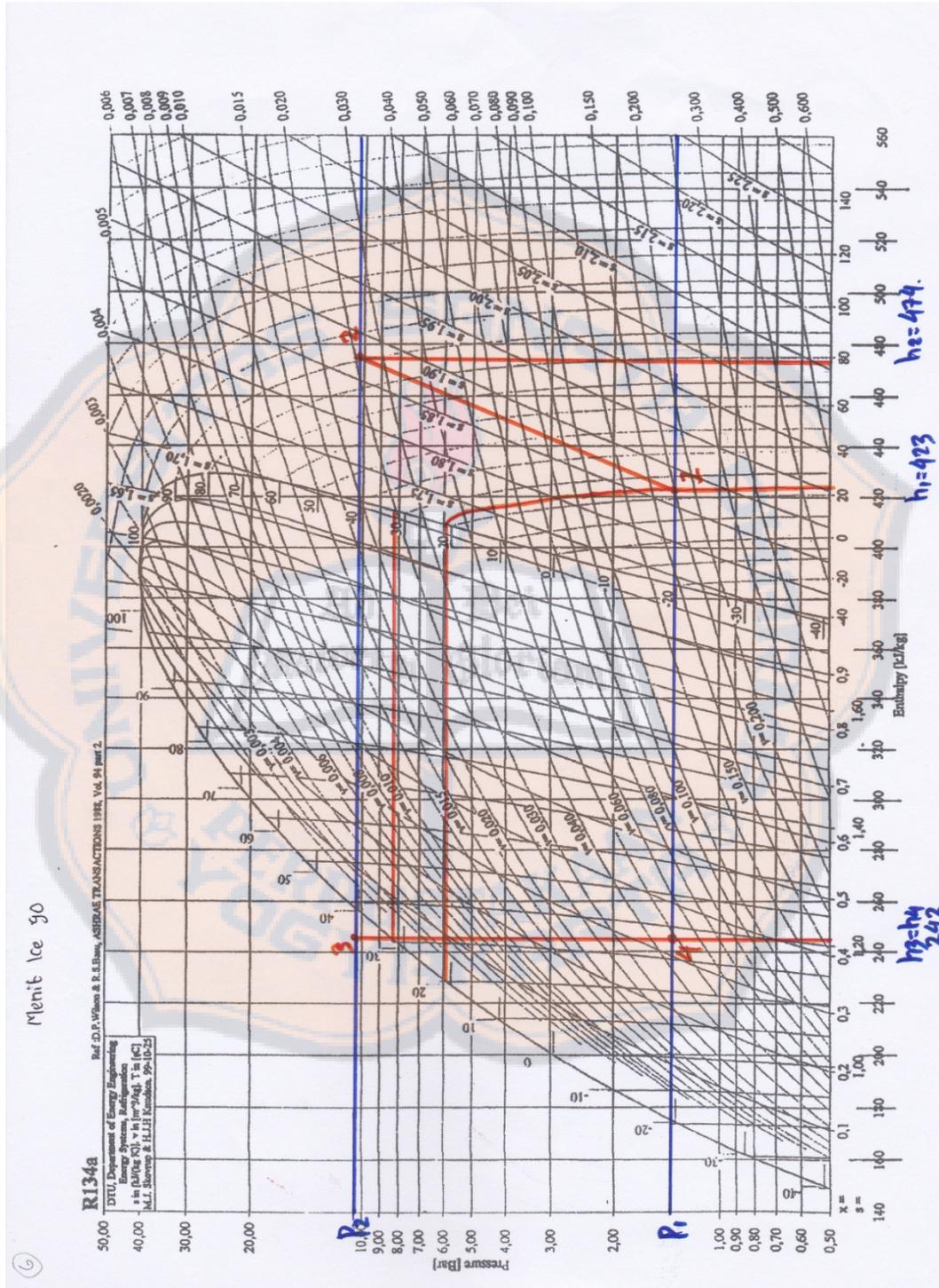
Lampiran 3. Cara menentukan besarnya entalpi (h) dari data percobaan ketiga.



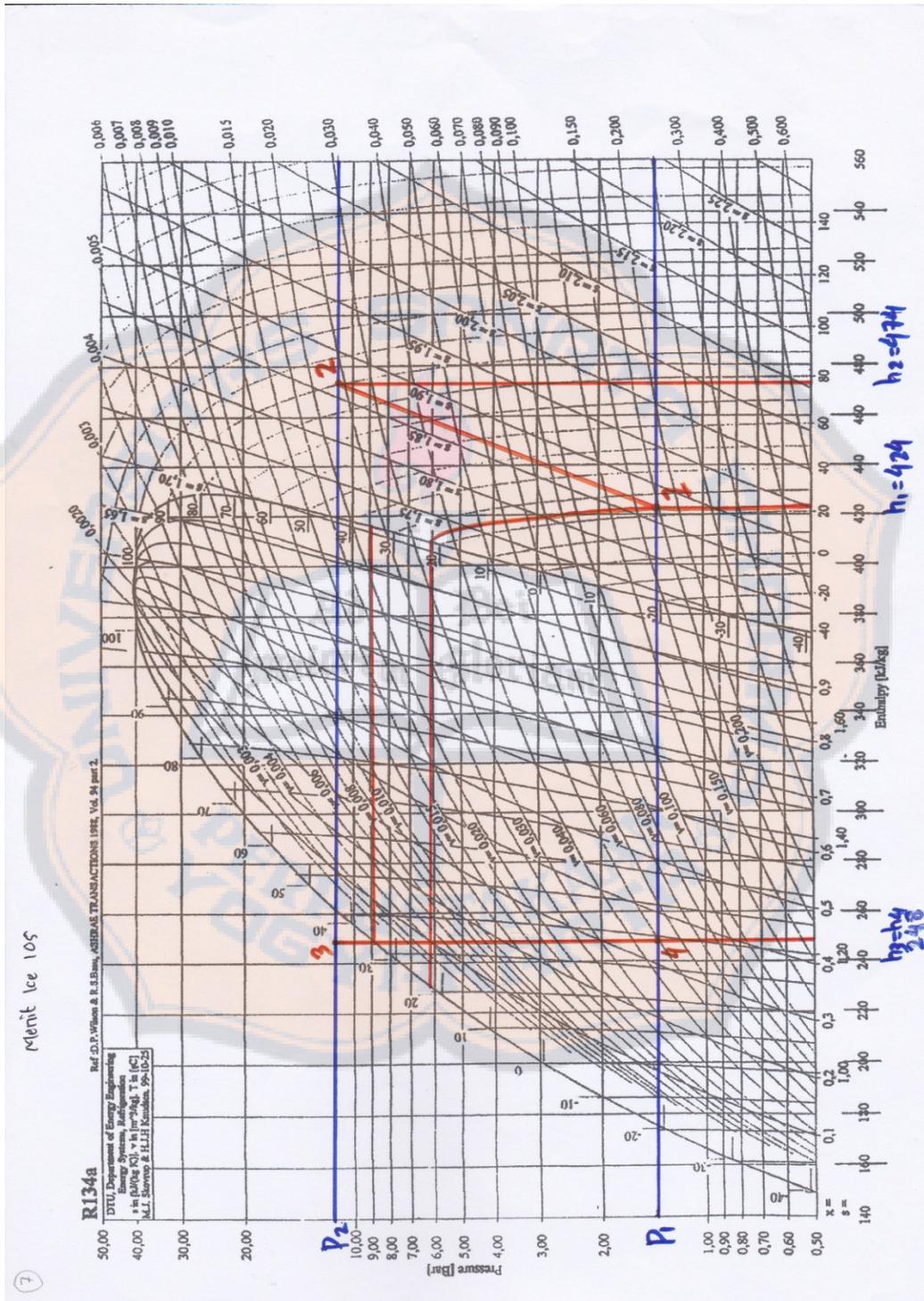
Lampiran 4. Cara menentukan besarnya entalpi (h) dari data percobaan keempat.



Lampiran 5. Cara menentukan besarnya entalpi (h) dari data percobaan kelima.



Lampiran 6. Cara menentukan besarnya entalpi (h) dari data percobaan keenam.

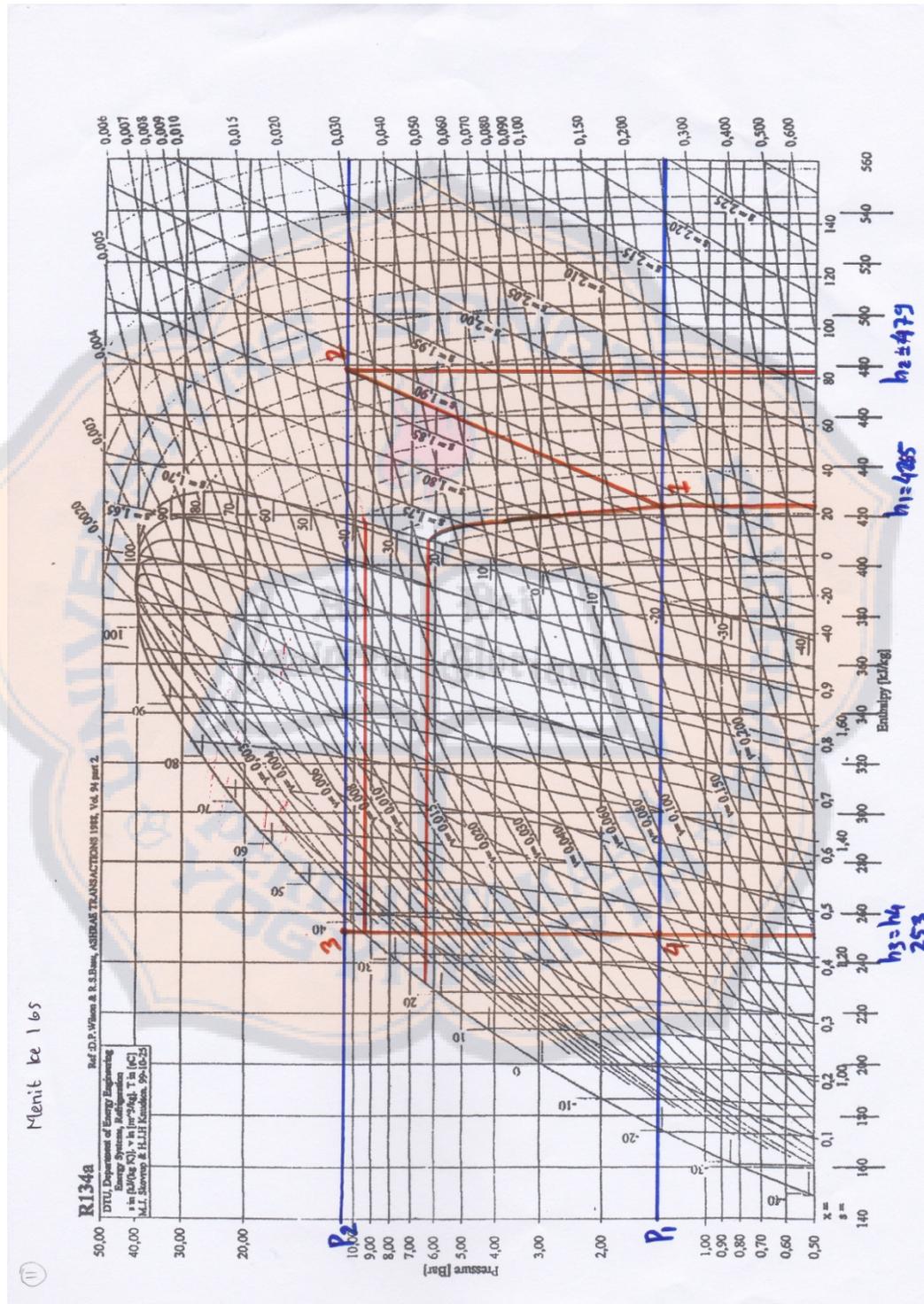


Lampiran 7. Cara menentukan besarnya entalpi (h) dari data percobaan ketujuh.









Lampiran 11. Cara menentukan besarnya entalpi (h) dari data percobaan kesebelas.

