



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PERANCANGAN SISTEM REFRIGERASI DENGAN *SINGLE*  
*CONDENSING UNIT* DAN *DOUBLE EVAPORATOR***

**SKRIPSI**

**RIKKO DEFRIADI  
0606029340**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
DEPOK  
JUNI 2010**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PERANCANGAN SISTEM REFRIGERASI DENGAN *SINGLE  
CONDENSING UNIT DAN DOUBLE EVAPORATOR***

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

**RIKKO DEFRIADI  
0606029340**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
DEPOK  
JUNI 2010**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

### **PERANCANGAN SISTEM REFRIGERASI DENGAN SINGLE CONDENSING UNIT DAN DOUBLE EVAPORATOR**

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

Skripsi ini merupakan bagian dari skripsi yang dikerjakan bersama dengan rekan saya, saudara **ACHMAD SHOIM (0606029302)**. Sehingga harap maklum jika ada beberapa bagian dari buku ini yang memiliki kesamaan.

Nama : Rikko Defriadi

NPM : 0606029340

Tanda Tangan :

Tanggal :

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Rikko Defriadi  
NPM : 0606029340  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Perancangan sistem refrigerasi dengan sigle  
condensing unit dan double evaporator.

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

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. -Ing. Ir. Nasruddin, M.Eng (.....)  
Pembimbing : Dr. Ir. Muhammad Idrus Alhamid (.....)  
Penguji : M. Taufik , Dipl. -Ing (.....)

Ditetapkan di : Depok (Universitas Indonesia)

Tanggal : 30 Juni 2010

## UCAPAN TERIMA KASIH

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

1. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan doa dan dukungannya kepada saya untuk tetap semangat.
2. Dr. –Ing, Ir. Nasrudin, M.Eng, atas segala waktu, tenaga dan kesabaran dalam membimbing dan mengarahkan.
3. Ir. Awaluddin M.T, Ir. Darwin Rio Budi Syaka, M.T dan Ir. Yulianto, MT yang telah memberikan banyak ilmu dan pengalamannya dalam pembuatan alat pengujian skripsi.
4. Achmad Shoim sebagai rekan satu tim yang selalu bersemangat, kreatif dan aktif untuk mengerjakan skripsi ini.
5. Teman – teman lab pendingin yang banyak memberikan bantuan, saran dan motivasinya dalam mengerjakan skripsi.
6. Teman – teman teknik mesin 2006 yang telah berkontribusi membantu dan mendukung skripsi ini.

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

Depok, 20 Juni 2010

Penulis

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

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

Nama : Rikko Defriadi  
NPM : 0606029340  
Program Studi : Teknik Mesin  
Departemen : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

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

### **PERANCANGAN SISTEM REFRIGERASI DENGAN SINGLE CONDENSING UNIT DAN DOUBLE EVAPORATOR**

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok (Universitas Indonesia)

Pada tanggal : 20 Juni 2010

Yang menyatakan

(Rikko Defriadi)

## ABSTRAK

Nama : Rikko Defriadi

Program Studi : Teknik Mesin

Judul : **Perancangan sistem refrigerasi dengan sigle condensing unit dan double evaporator**

*Efisiensi merupakan hal yang sangat penting dalam perancangan suatu system. Bagaimana dengan jumlah energy masuk sekecil mungkin dan didapat jumlah energy keluaran yang lebih besar. Paper ini akan membahas segala aspek yang melingkupinya termasuk aspek perhitungan dalam menentukan efisiensi kerja suatu komponen. Aspek yang dibahas melingkupi perancangan system, simulasi tata udara pada system, dan perhitungan efisiensi komponen utama system.*

**Kata Kunci : Efisiensi, Simulasi, Perancangan**

## ABSTRACT

Name : Rikko Defriadi  
Study Programe : Mechanical Engineering  
Title : **Design of a refrigerating system with single condensing unit and double evaporator.**

*Efficiency is very important in designing a system. How to use the amount of energy into as small as possible and get the greater amount of output energy. This paper will discuss all the aspects that encompass it, including aspects of the calculation in determining the work efficiency of a component. Discussed aspects of the design surrounding the system, air conditioning system simulation, and computation of efficiency in the main components of the system.*

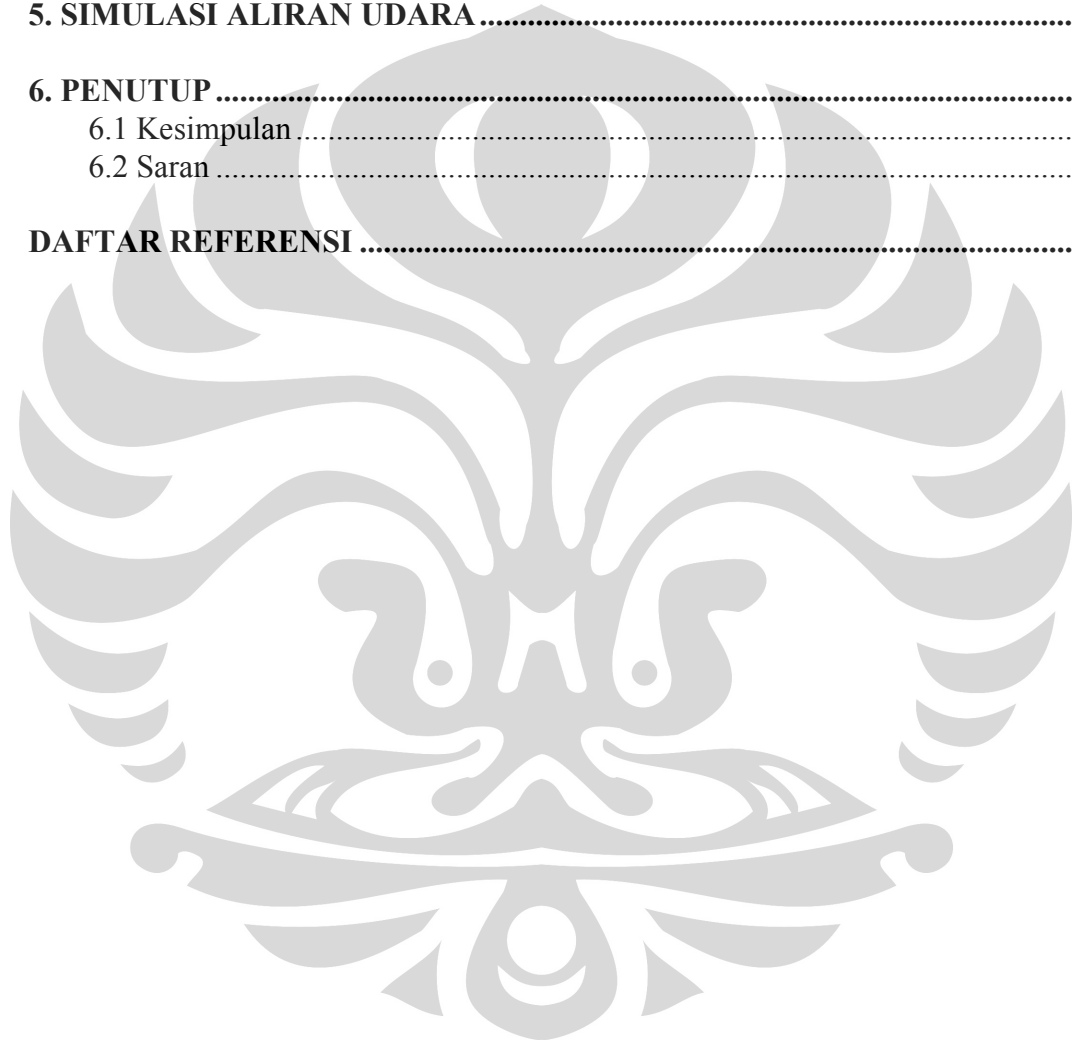
**Key Words : Efficiency, simulation, design**



# DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH .....	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH .....	vi
ABSTRAK .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
<b>1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Pembahasan Masalah .....	1
1.3 Metodologi .....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	2
1.5 Sistematika Penulisan .....	2
<b>2. DASAR TEORI .....</b>	<b>4</b>
2.1 Sistem Pendingin .....	4
2.1.1 Penjelasan Mengenai Sistem Pendingin .....	4
2.1.2 Komponen Utama Sistem Pendingin .....	6
2.1.3 Aksesoris Dalam Suatu Sistem Pendingin .....	12
2.1.4 Freon dan Piping .....	21
2.1.5 Persamaan Dalam Sistem refrigerasi .....	22
2.2 Komponen Sistem Kontrol .....	23
2.2.1 Thermostat .....	23
2.2.2 Kontaktor .....	24
2.2.3 MCB (Miniature Circuit Breaker) .....	26
2.2.4 Timer .....	26
2.3 Cold Storage .....	27
<b>3. SISTEM PENDINGIN DAN COLD STORAGE .....</b>	<b>29</b>
3.1 Sistem Pendingin yang Telah Dibuat .....	29
3.1.1 Komponen yang dipergunakan pada system pendingin .....	32
3.2 Cold Storage .....	42
3.3 Sistem Elektrik dan Kontrol .....	47
3.3.1 Sistem elektrik pada system pendingin .....	47
3.3.2 Sistem control pada system pendingin .....	48
3.4 Komponen dan peralatan tambahan .....	50

<b>4. PERHITUNGAN SISTEM PENDINGIN.....</b>	<b>61</b>
4.1 Variasi Kondisi .....	61
4.1.1 Data menggunakan Room 1 TXV dan Room 2 TXV.....	61
4.1.2 Data Room 1 Kapiler panjang & Room 2 kapiler panjang.....	64
4.2 Analisa Data Sistem pendinginan.....	68
4.2.1 Konversi data ke P-h diagram.....	68
4.3 Perbandingan data massflow yang diperoleh.....	74
<b>5. SIMULASI ALIRAN UDARA.....</b>	<b>76</b>
<b>6. PENUTUP .....</b>	<b>78</b>
6.1 Kesimpulan .....	78
6.2 Saran .....	81
<b>DAFTAR REFERENSI .....</b>	<b>82</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sistem refrigerasi standar.....	4
Gambar 2.2	Diagram p-h dan t-s sistem refrigerasi standar .....	5
Gambar 2.3	Diagram t-s sistem refrigerasi aktual .....	6
Gambar 2.4	Jenis-jenis kompresor .....	7
Gambar 2.5	Klasifikasi Kompresor.....	7
Gambar 2.6	prinsip kerja dari reciprocating compressor.....	8
Gambar 2.7	Ilustrasi kondenser secara sederhana .....	8
Gambar 2.8	Instalasi kondenser yang biasa dipergunakan dengan Fan .....	9
Gambar 2.9	Evaporator .....	10
Gambar 2.10	Ilustrasi komponen-komponen pada ekspansi device (TXV) ....	11
Gambar 2.11	Muaian sensing bulb yang mempengaruhi bukaan katup .....	11
Gambar 2.12	Letak orifices pada TXV .....	12
Gambar 2.13	Contoh oil separator yang dilngkapi sight glass .....	12
Gambar 2.14	Skema instalasi filter drier pada suatu sistem refrigerasi .....	13
Gambar 2.15	Ilustrasi kerja liquid receiver .....	13
Gambar 2.16	Ilustrasi kerja oil separator .....	14
Gambar 2.17	Ilustrasi kerja pada Check Valve .....	14
Gambar 2.18	Tabel panjang dan diameter dalam bentuk pipa kapiler .....	15
Gambar 2.19	Kumparan magnetic .....	15
Gambar 2.20	Ilustrasi kerja solenoid valve .....	16
Gambar 2.21	Contoh solenoid valve untuk aliran 2 arah .....	16
Gambar 2.22	Contoh sight glass.....	17
Gambar 2.23	Komponen pada hand valve .....	17
Gambar 2.24	Contoh single pressure switch .....	18
Gambar 2.25	Contoh dual pressure switch.....	18
Gambar 2.26	Bourdon Pressure gage .....	18
Gambar 2.27	Ilustrasi kerja EVR .....	19
Gambar 2.28	Ilustrasi kerja flowmeter .....	19

Gambar 2.29	Ilustrasi kerja termocouple .....	20
Gambar 2.30	Tabel jenis-jenis termocouple .....	20
Gambar 2.31	Tabel freon yang biasa dipergunakan .....	21
Gambar 2.32	Tabel pipa tembaga yang biasa dipergunakan .....	22
Gambar 2.33	Sistem refrigerasi standar dengan diagram T-s .....	22
Gambar 2.34	Komponen-komponen dalam suatu thermostat analog sederhana .	24
Gambar 2.35	Skema rangkain dalam suatu kontaktor .....	25
Gambar 2.36	Kontaktor .....	25
Gambar 2.37	Komponen-komponen dalam MCB 1 phase .....	26
Gambar 2.38	Contoh suatu analog timer .....	27
Gambar 2.39	Rangkaian dalam suatu timer .....	27
Gambar 2.40	Ilustrasi cold storage .....	28
Gambar 2.41	Bentuk fisik dan skema kimiawi Polyurethane.....	28
Gambar 3.1	Skema sistem refrigerasi yang telah dibuat .....	29
Gambar 3.2	Komponen-komponen pada cold storage .....	33
Gambar 3.3	Kondensing unit yang dipergunakan .....	34
Gambar 3.4	Kompresor .....	34
Gambar 3.5	Kondenser .....	34
Gambar 3.6	Liquid receiver .....	35
Gambar 3.7	Evaporator dengan kemampuan pendinginan yang besar .....	35
Gambar 3.8	Evaporator dengan kemampuan pendinginan yang kecil .....	36
Gambar 3.9	Thermal Expansion Valve .....	36
Gambar 3.10	Electric Expansion Valve .....	37
Gambar 3.11	Filter drier .....	38
Gambar 3.12	Sight Glass .....	38
Gambar 3.13	Solenoid Valve .....	39
Gambar 3.14	Shut-Off Valve .....	39
Gambar 3.15	Pressure control .....	40
Gambar 3.16	Pressure gauge .....	40
Gambar 3.17	Oil separator .....	41

Gambar 3.18	Evaporatng regulator.....	41
Gambar 3.19	Check valve .....	42
Gambar 3.20	Cold storage untuk beban pendinginan yang besar .....	42
Gambar 3.21	Cold storage untuk beban pendinginan yang kecil .....	43
Gambar 3.22	Tabel properties polyurethane .....	43
Gambar 3.23	Jenis isolator untuk dinding ruangan pendingin .....	44
Gambar 3.24	System defrost pada cold storage .....	44
Gambar 3.25	Tampak sistem secara keseluruhan .....	45
Gambar 3.26	Instalasi piping pada cold storage .....	45
Gambar 3.27	Instalasi piping .....	45
Gambar 3.28	Instalasi pada condensing unit dan evap kapasitas kecil .....	46
Gambar 3.29	Instalasi pada evap kapasitas besar .....	46
Gambar 3.30	Instalasi pada flowmeter .....	46
Gambar 3.31	System kelistrikan yang dibuat .....	47
Gambar 3.32	Panel box pada sistem kelistrikan .....	47
Gambar 3.33	Skema kontrol pada cold storage.....	48
Gambar 3.34	Bagian dalam HLP .....	48
Gambar 3.35	Bagian dalam HLP (Coil) .....	49
Gambar 3.36	Skema peletakan termocouple pada cold storage .....	50
Gambar 3.37	Termocouple yang dipergunakan .....	51
Gambar 3.38	Termocouple pada suction compressor.....	51
Gambar 3.39	Termocouple pada discharge compressor .....	51
Gambar 3.40	Termocouple pada outlet kondenser .....	52
Gambar 3.41	Termocouple pada inlet TXV .....	52
Gambar 3.42	Termocouple pada inlet evaporator .....	52
Gambar 3.43	Termocouple pada outlet evaporator .....	53
Gambar 3.44	Termocouple pada udara luar masuk ke kondenser .....	53
Gambar 3.45	Termocouple pada udara tiup dari condenser.....	53
Gambar 3.46	Termocouple pada Room 1 .....	54
Gambar 3.47	Termocouple pada tiupan evaporator .....	54

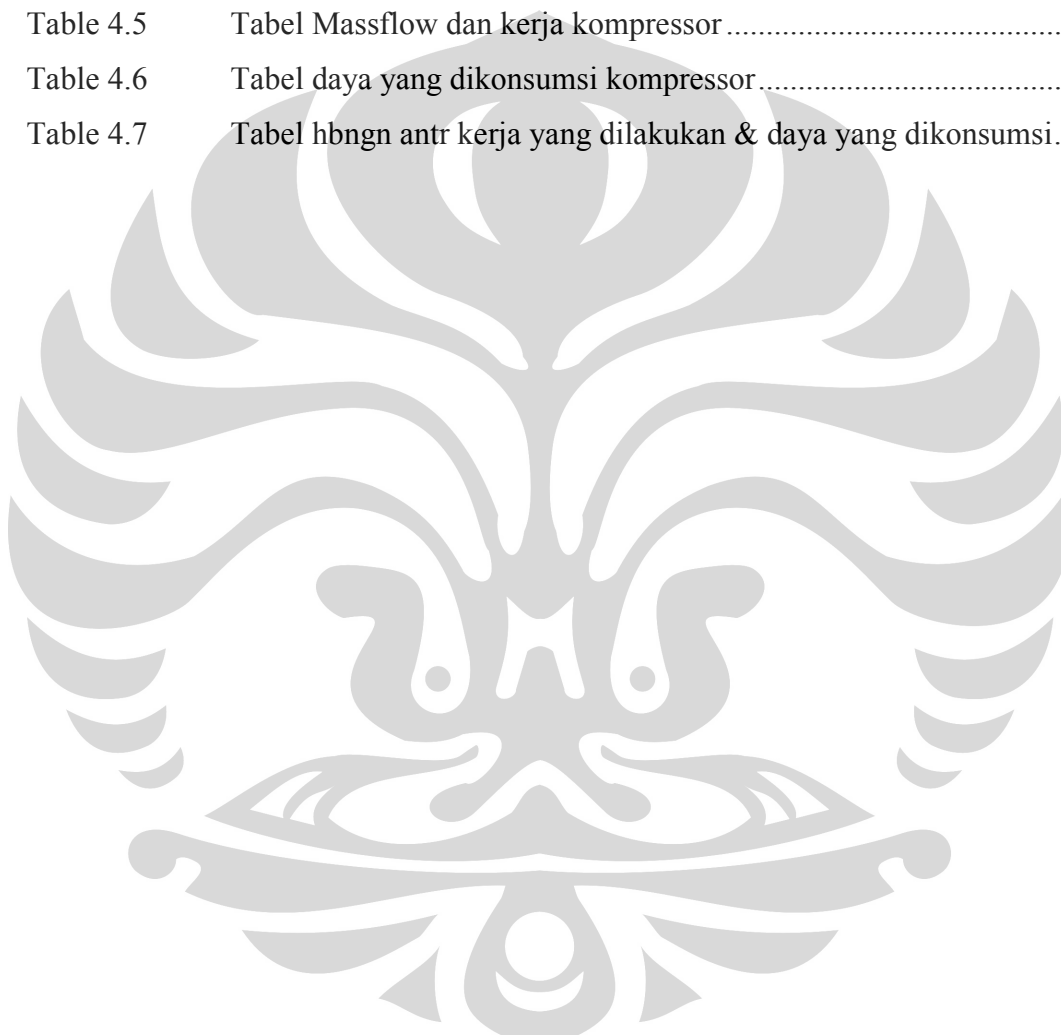
Gambar 3.48	Charging hose .....	55
Gambar 3.49	Timbangan Digital .....	55
Gambar 3.50	Inverter .....	56
Gambar 3.51	Vacuum pump .....	56
Gambar 3.52	Acetylene torch .....	57
Gambar 3.53	Pentil pada suction .....	57
Gambar 3.54	MassFlow coriolis tube specifications .....	58
Gambar 3.55	Ilustrasi kerja massflow coriolis tube .....	58
Gambar 3.56	Spesifikasi massflow signal converter .....	59
Gambar 3.57	Skema sederhana instalasi flowmeter .....	59
Gambar 3.58	Instalasi flowmeter pada sistem .....	60
Gambar 4.1	Posisi evaporator sebelum dibalik .....	61
Gambar 4.2	Posisi evaporator setelah dibalik .....	61
Gambar 4.3	Kondisi running TXV dengan TXV .....	62
Gambar 4.4	Grafik hubungan antara waktu dan temp (TXV+TXV sebelum) ...	62
Gambar 4.5	Grafik hubungan antara waktu dan temp (udara amb sebelum) .....	63
Gambar 4.6	Grafik hubungan antara waktu dan temp (TXV+TXV sesudah)....	63
Gambar 4.7	Grafik hubungan antara waktu dan temp (udara amb sesudah).....	64
Gambar 4.8	Kondisi running kapiler panjang dengan kapiler panjang .....	65
Gambar 4.9	Karakteristik pemilihan pipa kapiler panjang .....	65
Gambar 4.10	Grafik hubungan antara waktu dan temp (Kap+Kap sebelum) .....	66
Gambar 4.11	Grafik hubungan antara waktu dan temp (udara amb sebelum) .....	66
Gambar 4.12	Grafik hubungan antara waktu dan temp (Kap+Kap sesudah).....	67
Gambar 4.13	Grafik hubungan antara waktu dan temp (udara amb sesudah).....	67
Gambar 4.14	P-h diagram Room 1 (TXV+TXV sebelum dibalik) .....	68
Gambar 4.15	P-h diagram Room 2 (TXV+TXV sebelum dibalik) .....	69
Gambar 4.16	P-h diagram Room 1 (TXV+TXV sesudah dibalik) .....	70
Gambar 4.17	P-h diagram Room 2 (TXV+TXV sesudah dibalik).....	70
Gambar 4.18	P-h diagram Room 1 (Kap+Kap sebelum dibalik) .....	71
Gambar 4.19	P-h diagram Room 2 (Kap+Kap sebelum dibalik) .....	72

Gambar 4.20	P-h diagram Room 1 (Kap+Kap sesudah dibalik) .....	73
Gambar 4.21	P-h diagram Room 2 (Kap+Kap sesudah dibalik).....	73
Gambar 5.1	Simulasi aliran udara sebelum dibalik .....	76
Gambar 5.2	Simulasi aliran udara setelah dibalik .....	76
Gambar 6.1	Kondisi compresor yang banjir dan membeku .....	78
Gambar 6.2	Temperatur discharge yang menurun .....	79



## DAFTAR TABEL

Table 4.1	Tabel data COP (TXV+TXV sebelum dibalik).....	69
Table 4.2	Tabel data COP (TXV+TXV sesudah dibalik).....	71
Table 4.3	Tabel data COP (Kapiler panj +Kapiler panj sebelum dibalik).....	72
Table 4.4	Tabel data COP (Kapiler panj +Kapiler panj sesudah dibalik) .....	74
Table 4.5	Tabel Massflow dan kerja kompresor .....	74
Table 4.6	Tabel daya yang dikonsumsi kompresor .....	74
Table 4.7	Tabel hbngn antr kerja yang dilakukan & daya yang dikonsumsi..	75





## DAFTAR LAMPIRAN

- A1 Spesifikasi Condensing Unit
- A2 Spesifikasi Evaporator
- A3 Spesifikasi MassFlow Instrument



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Teknik refrigerasi (pendingin) dan pengkondisian udara saling berhubungan satu sama lain, akan tetapi memiliki lingkup yang berbeda dalam pembahasannya. Teknik refrigerasi banyak digunakan industri untuk pemrosesan, pengawetan, dan penyerapan kalor, sedangkan pengkondisian udara bukan hanya sebagai pendingin tetapi perlakuan terhadap temperatur, kelembapan udara, kebersihan hingga mencapai kondisi yang diinginkan dalam suatu ruangan. Aplikasi yang memanfaatkan kedua teknik tersebut, teknik pendingin dan pengkondisian udara salah satunya yaitu ruang penyimpanan bertemperatur rendah (*cold storage*).

*Cold storage* digunakan sebagai penyimpanan makanan (buah, daging, sayur-sayuran, es krim dll) menjaga kualitas tetap baik, tetap dingin sewaktu dilakukan pendistribusian makanan tersebut sehingga tahan untuk beberapa bulan, akan tetapi ruangan yang digunakan untuk setiap jenis bahan yang akan disimpan memiliki perbedaan temperatur penyimpanan, karena perbedaan kondisi dari bahan-bahan tersebut. Dalam hal ini, akan dibahas mengenai rancangan suatu *cold storage* dengan system 1 kondensing unit dan 2 cold storage, dalam rangka meningkatkan efisiensi.

### 1.2 Pembatasan Masalah

Pada laporan ini akan dibahas mengenai sistem refrigerasi dari *cold storage* yang ingin dikontrol beserta komponen-komponen yang menyertainya guna mendukung fungsi control dalam system pendinginan tersebut. Serta dilakukan analisa terhadap beban pendinginan yang dilakukan dengan desain sebelum diberi kontrol. Kemudian dilakukan perancangan ulang mengenai sistem refrigerasi dengan penambahan control guna membuat kapasitas pendinginan menjadi lebih terkontrol dan menghemat daya yang diperlukan oleh compressor.

### 1.3 Metodologi

Dalam pengerjaan laporan ini dilakukan pengumpulan data dengan menggunakan

1. Studi Literatur

Digunakan referensi dari buku dan penelusuran internet sebagai informasi tambahan mengenai dasar sistem refrigerasi dan perhitungan yang ada, serta informasi yang mendukung untuk pengolahan data lapangan.

2. Software FloVent

Software ini digunakan untuk mensimulasikan aliran udara yang terjadi di dalam *cold storage*.

3. Software Ref Prop

Software ini digunakan untuk menemukan kondisi pada tiap titik (*state point*) untuk membuat suatu P-h Diagram.

### 1.4 Tujuan Penelitian

System ini dibuat guna membuktikan seberapa jauh nilai efisiensi dari suatu cold storage dapat ditingkatkan melalui berbagai metode. Salah satu variasi komponen, variasi tata letak serta tahap yang paling awal yaitu perancangan. Dan juga ingin dilihat seberapa berpengaruh antara metode pengukuran MassFlow dengan melihat daya yang dipergunakan dengan instrumentasi pengukuran khusus MassFlow.

### 1.5 Sistematika Penulisan

**Bab I** mengenai Pendahuluan yang berisikan latar belakang pembuatan skripsi disertai dengan pembatasan masalah dan metodologi dalam pengerjaan skripsi.

**Bab II** mengenai Dasar teori yang diperlukan guna mendukung perhitungan dan penjelasan yang disampaikan.

**Bab III** mengenai Penjelasan per komponen yang dipergunakan serta instalasi system pendinginan dan juga system elektrik yang dipergunakan.

**Bab IV** mengenai Perhitungan dan analisa pada system pendingin yang telah dibuat.

**Bab V** mengenai Simulasi aliran udara di dalam cold storage.

**Bab VI** Kesimpulan dan Saran yang didapat dari hasil pembahasan yang dijabarkan dalam bab sebelumnya.



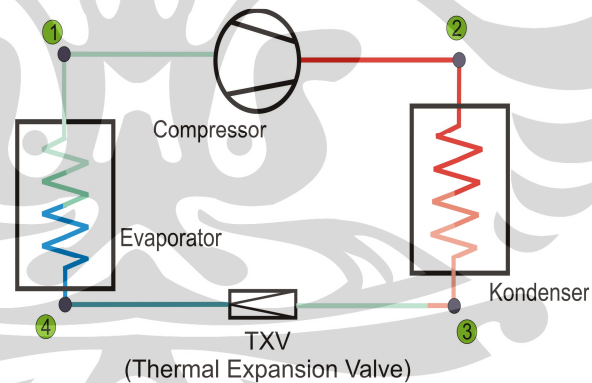
## BAB 2

### DASAR TEORI

#### 2.1 Sistem Pendingin

##### 2.1.1 Penjelasan Mengenai Sistem Pendingin

Sistem refrigerasi yang biasa digunakan yaitu dengan kompresi uap, karena fluida berubah fase menjadi uap setelah dikompresi dan dikondensasikan menjadi cairan kemudian cairan kembali diuapkan agar dapat dikompresi, hal ini terjadi secara terus-menerus sehingga biasa disebut dengan siklus refrijerasi kompresi uap. Seperti yang telah dijelaskan bahwa terdapat fluida yang akan diuapkan dan dicairkan, dalam sistem refrigerasi fluida yang bekerja dalam sistem ini disebut dengan refrigeran. Pada *Gambar 2.1* menggambarkan aliran kerja dari sebuah sistem refrigerasi standar dan berikut adalah jalannya refrigeran dalam sistem tersebut.

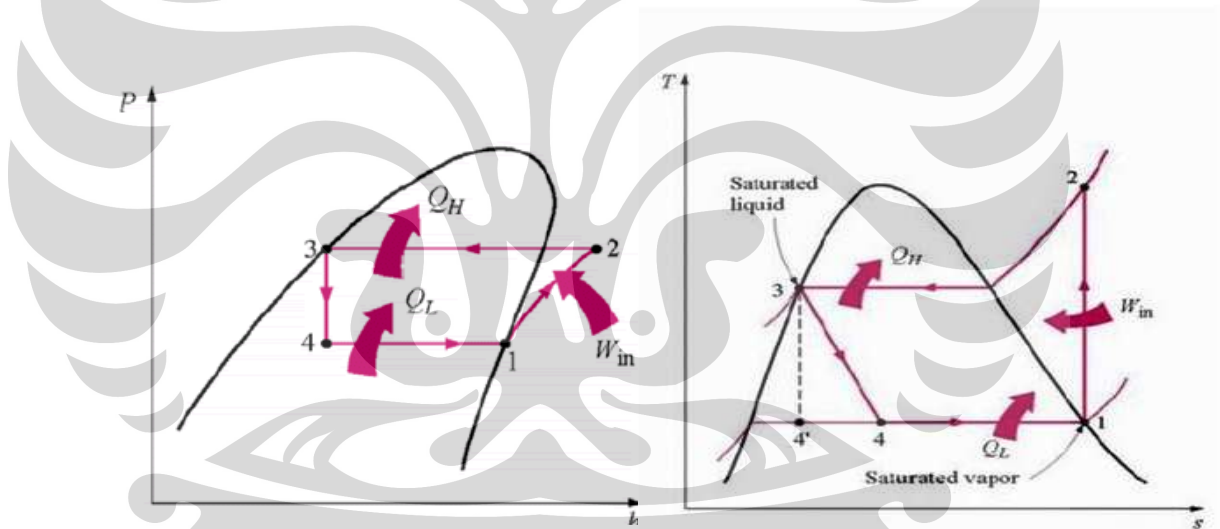


*Gambar 2.1. Sistem Refrigerasi Standar*

Dimulai dari titik 1, refrigeran memasuki kompresor dalam bentuk gas untuk dikompresi sehingga temperatur dan tekanan refrigeran bertambah dan terjadi secara isentropik kemudian memasuki kondenser untuk diembunkan. Pada kondenser (titik 2), refrigeran berubah fase menjadi cairan karena refrigeran melepas kalor ke lingkungan sehingga

temperatur menurun dikenal dengan efek pemanasan. Refrigeran mengalir menuju Expansion Device (titik 3) sehingga tekanan menurun tanpa ada perubahan entalpi, memasuki evaporator (titik 4). Di bagian ini, refrigeran mengambil kalor dari lingkungan, sehingga temperatur lingkungan menurun, dikenal dengan efek pendinginan dan refrigeran berubah fase menjadi uap kemudian gas, dan kembali mengalami kompresi.

Sistem refrigerasi juga digambarkan dalam diagram tekanan-entalpi ( $p-h$ ) atau temperatur-entropi ( $t-s$ ) untuk melihat perubahan yang terjadi pada refrigeran, oleh sebab itu grafik yang tergambar dalam diagram tersebut dapat saja berbeda karena perbedaan sifat dari refrigeran yang digunakan. Berikut diagram  $p-h$  dan  $T-s$  untuk sistem refrigerasi secara umum.



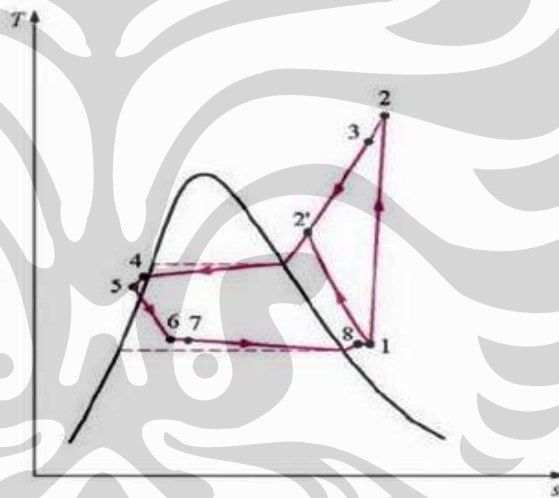
Gambar 2.2. Diagram  $p-h$  dan  $T-s$  sistem refrigerasi standar  
sumber: [coolingdevice.net/4.html](http://coolingdevice.net/4.html)

Pada  $p-h$  diagram dapat dibaca, sebagai berikut:

- Proses 1-2 : Kompresi isentropik, tekanan dan temperatur bertambah, refrigeran pada kondisi superheated.
- Proses 2-3 : Kondensasi refrigeran (uap – campuran uap dan cair), tekanan dan temperatur menurun, sewaktu di daerah kubah uap, temperatur dan tekanan konstan.

- Proses 3-4 : Ekspansi adiabatik, tekanan dan temperatur menurun, refrigeran berupa campuran uap dan cairan (lebih banyak cairan).
- Proses 4-1 : Pendidihan refrigeran, tekanan dan temperatur bertambah setelah keluar dari kubah uap, dan refrigeran seutuhnya berada pada fase uap.

Gambar 2.2 merupakan siklus dari sistem refrigerasi yang ideal berbeda dengan yang terjadi pada kehidupan sehari-hari karena terdapat kerugian-kerugian yang terjadi pada sistem tersebut, misalnya kerugian panas, penurunan tekanan yang disebabkan oleh aliran dalam pipa, bentuk pipa, maka pada aplikasinya terdapat perbedaan garis-garis pada siklus tersebut (gambar 2.3).

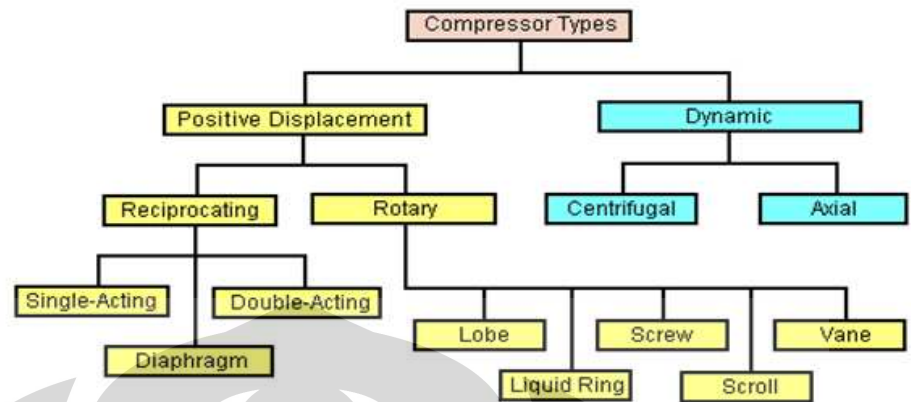


Gambar 2.3. Diagram T-s sistem refrigerasi aktual  
sumber: [coolingdevice.net/4.html](http://coolingdevice.net/4.html)

## 2.1.2 Komponen Utama Sistem Pendingin

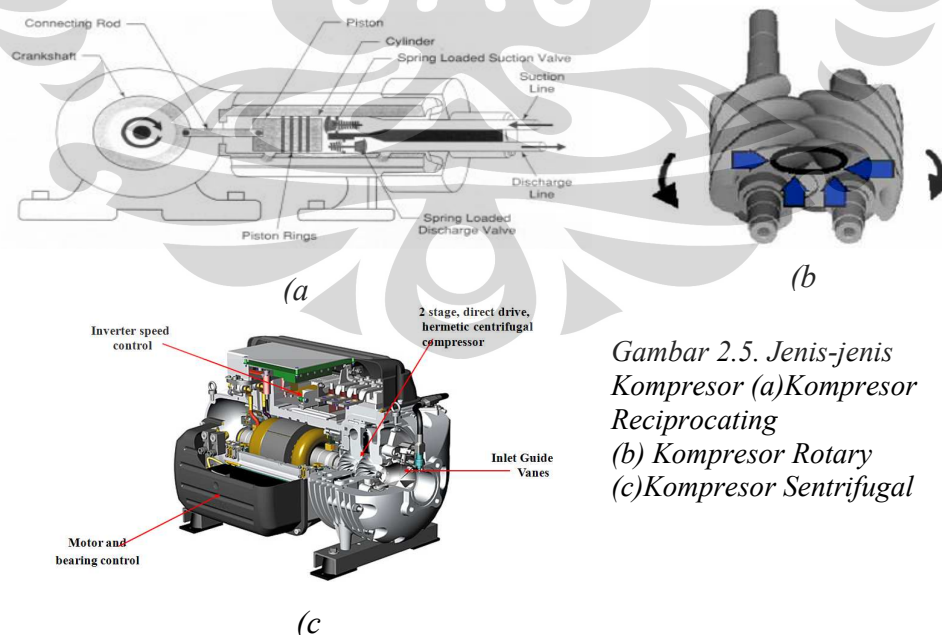
### 2.1.2.1 Kompresor

Kompresor merupakan jantung dari sistem refrigerasi kompresi uap karena bertugas memompa refrigeran dan mengalirkannya dalam sistem, membuat perbedaan tekanan sehingga sistem refrigerasi dapat berkerja.



Gambar 2.4. Jenis-jenis kompresor

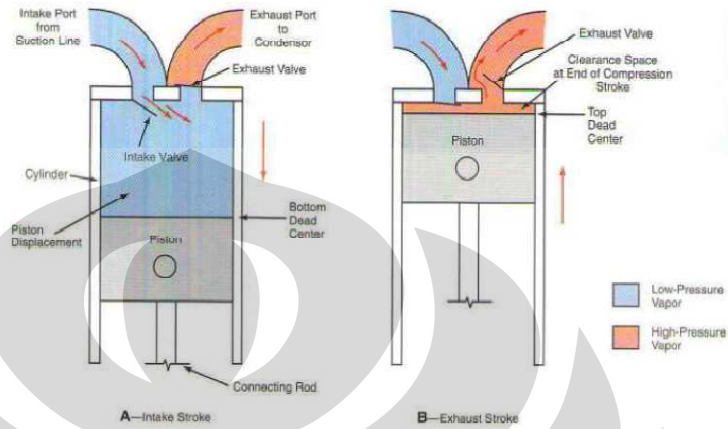
Kompresor yang digunakan memiliki berbagai variasi dan digunakan sesuai dengan kebutuhan, akan tetapi dapat dibagi secara garis besar menjadi dua bagian, yaitu *positive displacement* dan *dynamic*. *Positive displacement* merupakan jenis kompresor yang menaikkan tekanan dengan pengurangan volume secara kontinu, sedangkan *dynamic* karena perubahan momentum.



Gambar 2.5. Jenis-jenis Kompresor (a) Kompresor Reciprocating (b) Kompresor Rotary (c) Kompresor Sentrifugal



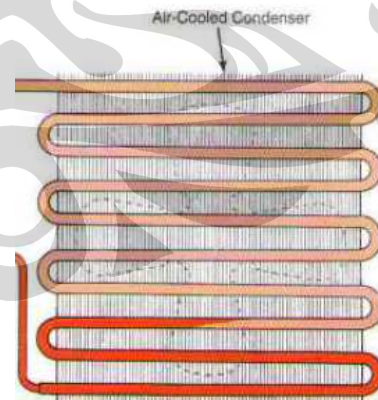
Prinsip kerja compressor adalah pada kompresi uap pada piston yang berada di dalamnya. Seperti diilustrasikan dalam gambar berikut:



Gambar 2.6. Prinsip kerja dari Reciprocating Compressor. A-Intake Stroke, B-Exhaust Stroke

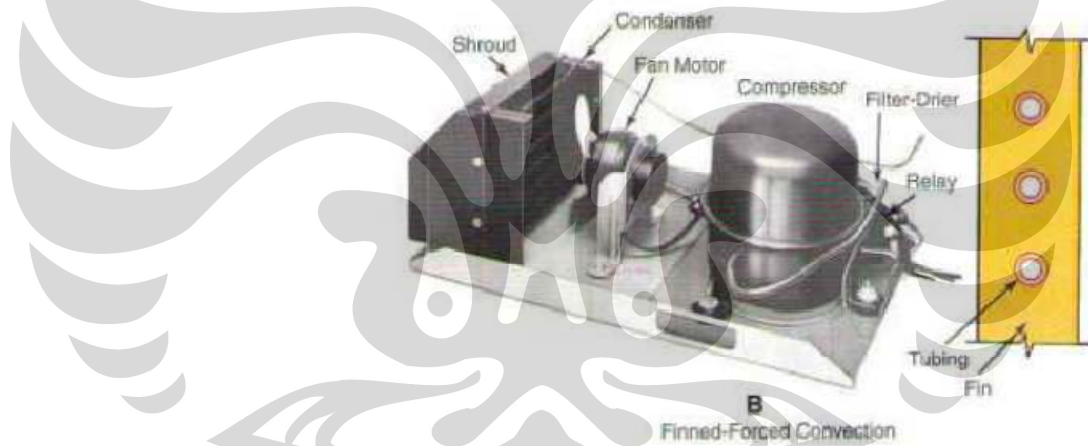
#### 2.1.2.2 Kondenser

Kondenser dan evaporator secara berturut-turut terjadi perpindahan kalor dari sistem ke lingkungan dan dari lingkungan ke sistem, oleh sebab itu keduanya disebut sebagai alat penukar kalor. Terdapat dua jenis untuk kondenser dan evaporator yaitu refrigeran yang berada di dalam pipa atau di luar pipa.



Gambar 2.7. Ilustrasi condenser secara sederhana

Kondenser yang digunakan memiliki dua tipe berdasarkan lingkungan yang mendinginkannya atau tempat yang akan dibuang kalor dari refrigeran yaitu cairan dan udara. Kondenser berpendingin air seperti *open shell and tube*, *shell and coil* (horisontal atau vertikal) dan *double pipe*, perpindahan yang terjadi secara konveksi dan konduksi. Berpendingin udara terjadi konveksi alamiah, sering kali ditambahkan kipas agar perpindahan kalor terjadi dengan cepat disebut sebagai konveksi paksa. Jenis ini diaplikasikan dengan pipa/tube dan fin. Sehingga refrigeran berada di dalam pipa dan udara lingkungan mengalir masuk ke dalam kondenser, yang terdapat fin agar kalor berkurang melalui fin tersebut.



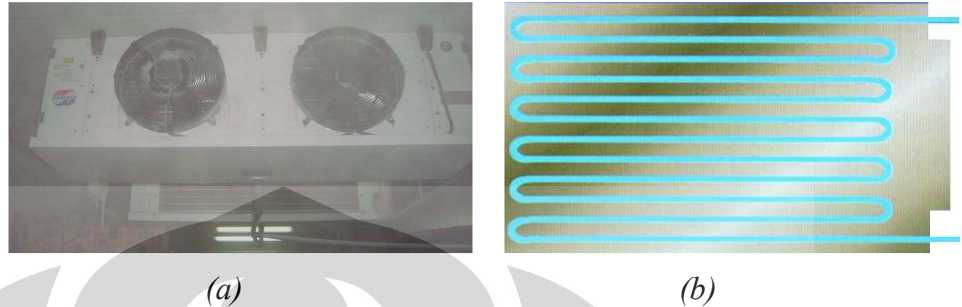
Gambar 2.8. Instalasi condenser yang biasa dipergunakan dengan Fan

### 2.1.2.3 Evaporator

Evaporator yang sering digunakan yaitu refrigeran berada di dalam pipa dan mendinginkan fluida (lingkungan) yang melewatinya karena kalor dari fluida tersebut diambil untuk mendidihkan refrigeran yang berada dalam pipa.

Aliran refrigeran yang masuk ke dalam evaporator diatur oleh Expansion Device sehingga refrigeran bertemperatur rendah

dengan kualitas uap yang lebih kecil, sehingga refrigeran daPT. lebih banyak mengambil kalor agar kualitas uapnya bernilai 1.



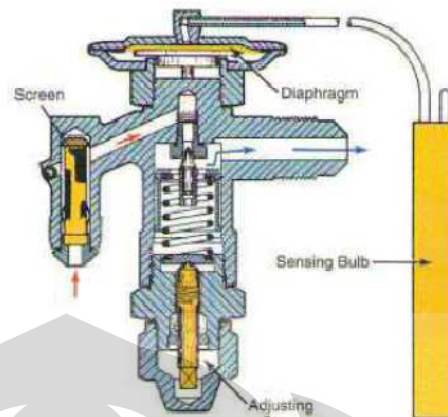
Gambar 2.9. (a) Evaporator (b) Bagian dalam evaporator

Pada Gambar 2.5 b, pipa tersebut berisikan refrigeran dengan temperatur rendah, hal ini memungkinkan terjadinya bunga es di sepanjang pipa tersebut karena panas yang diambil berasal dari udara dari ruangan yang akan didinginkan mengandung uap air. Tepat pada titik beku air, terjadi bunga-bunga es (*frost*), yang dapat berfungsi sebagai penyekat kalor, akan tetapi juga menghalangi terjadinya aliran udara serta penukaran kalor.

Dilakukan *defrosting* atau melelehkan bungan es dengan cara menggunkan gas panas, atau filamen heater yang dipasang dalam evaporator untuk menjaga temperatur ruangan tetap stabil sesuai dengan yang diinginkan.

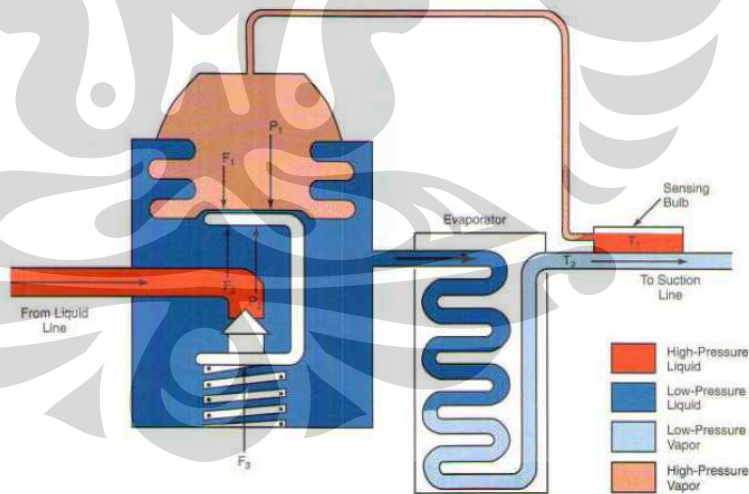
#### 2.1.2.4 Expansion Device

Expansion Device berfungsi untuk menurunkan tekanan secara adiabatik dan mengatur laju aliran refrigeran. Saat suhu di evaporator menjadi semakin dingin maka laju aliran refrigerant masuk ke evaporator akan semakin kecil.



Gambar 2.10. Ilustrasi komponen-komponen pada Expansion Device (TXV)

Hal itu bisa terjadi karena adanya Sensing Bulb yang berguna untuk mengatur bukaan pegas yang terhubung ke katup untuk mengatur besar kecilnya aliran refrigerant. Hal ini terjadi akibat pemuaian cairan yang ada pada sensing bulb yang akan mempengaruhi muaian pegas. Seperti yang diilustrasikan pada gambar 2.11.



Gambar 2.11. Muaiian sensing bulb yang mempengaruhi bukaan katup

Selain itu Expansion Device memiliki fungsi untuk menurunkan tekanan aliran refrigerant yang masuk ke dalam evaporator. Hal

ini terjadi karena adanya Orifices yaitu suatu lubang masuk yang memiliki diameter yang amat kecil.

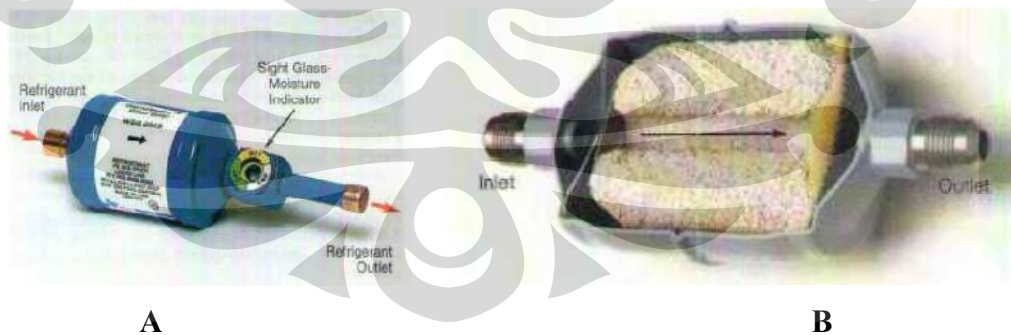


Gambar 2.12. Letak orifices pada TXV

### 2.1.3 Aksesoris dalam suatu system pendinginan

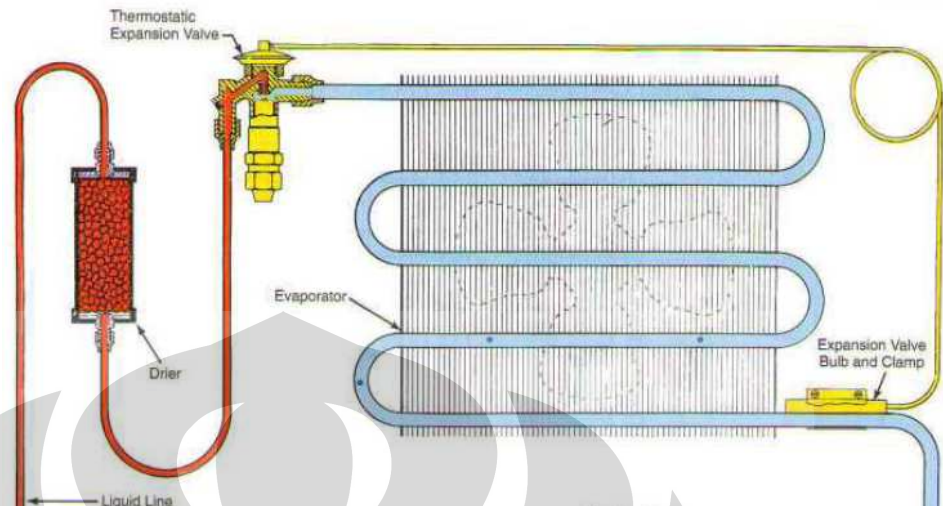
#### 2.1.3.1. Filter Drier

Berguna untuk menyaring kotoran atau debu yang ada di dalam sistem pendinginan. Dan juga untuk menyaring moisture (kelembapan) dari suatu refrigerant. Hal ini karena adanya suatu material di dalamnya yang berguna untuk menyerap kelembapan yang ada di dalam suatu aliran refrigerant.



Gambar 2.13. A-Contoh Oil separator yang dilengkapi sight glass untuk mengukur kelembapan refrigerant. B-Cut Off suatu filter drier

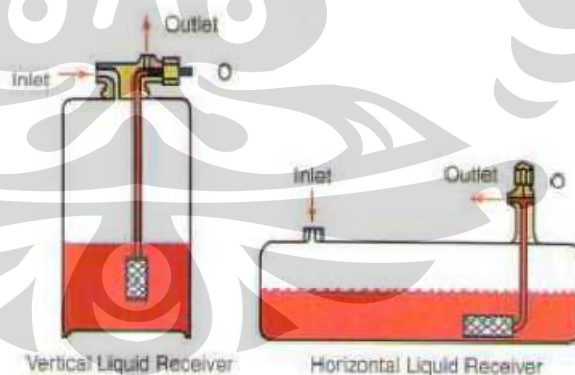
Apabila dilihat dari segi intalasinya maka posisi filter driers akan tampak sebagai berikut:



Gambar 2.14. Skema instalasi filter drier pada suatu system refrigerasi

### 2.1.3.2. Liquid Receiver

Merupakan tempat berkumpulnya refrigerant dalam fase cair. Refrigerant cair tersebut akan dipompa keluar untuk menuju ke TXV, komponen ini diperlukan untuk meningkatkan efisiensi evaporator, terlebih dalam suatu system yang memerlukan jumlah refrigerant yang besar.

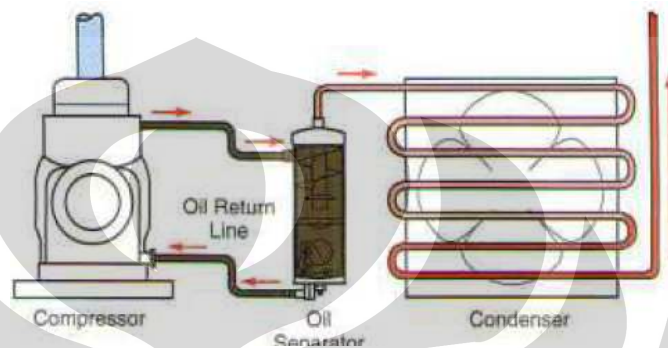


Gambar 2.15. Ilustrasi kerja Liquid Receiver

### 2.1.3.3. Oil Separator

Kompresor memerlukan pelumasan dalam bekerja, diperlukan sejumlah kecil pelumas agar compressor lebih mudah dalam

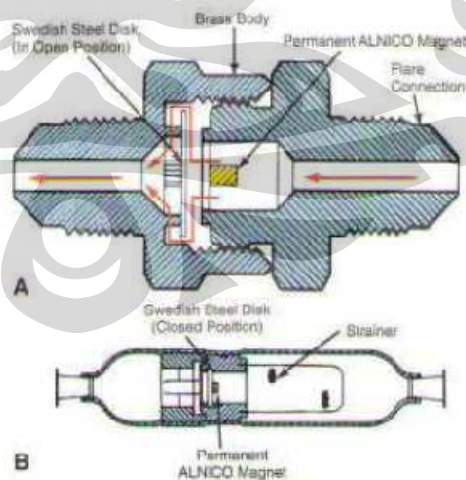
berkerja. Pelumas ini ditempatkan pada compressor crackcase atau housing. Pelumas ini bersirkulasi di seluruh bagian compressor, bahkan ikut mengalir dalam aliran refrigerant. Oil separator berguna untuk menyaring aliran campur antara refrigerant dan pelumas.



Gambar 2.16. Ilustrasi kerja Oil Separator

#### 2.1.3.4. Check Valve

Check valve berfungsi untuk mengatur aliran refrigerant agar tetap mengalir dalam satu arah. Cara kerjanya berdasarkan katup dan magnet permanen yang berada di dalam. Seperti digambarkan dalam contoh berikut:



Gambar 2.17. Ilustrasi kerja pada Check Valve

### 2.1.3.5. Capillary Tube

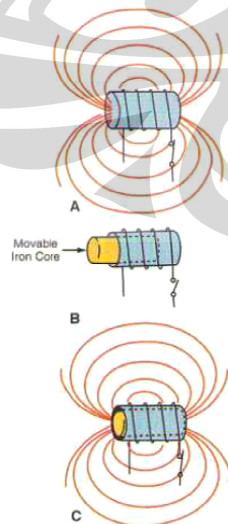
Merupakan komponen yang memiliki fungsi hampir sama seperti Expansion Valve yaitu untuk menurunkan tekanan aliran refrigerant sebelum masuk ke evaporator. Kapasitas pendinginan dan temperature yang diinginkan menjadi konsiderasi untuk menentukan diameter serta panjang pipa kapiler yang diperlukan.

Required Capillary Tube Length and Diameter								
Compressor Horsepower	Refrigerant Type	Condenser Fan Type	Low Temperature		Medium Temperature		High Temperature	
			Length	Inside Diameter	Length	Inside Diameter	Length	Inside Diameter
1/8	R-12	Fan Static	108"	0.028"	84"	0.028"	48"	0.028"
			118"	0.028"	92"	0.028"	53"	0.028"
	R-134a	Fan Static	118"	0.026"	96"	0.028"	58"	0.028"
			130"	0.028"	106"	0.028"	64"	0.028"
1/4	R-12	Fan Static	43"	0.031"	90"	0.040"	60"	0.040"
			47"	0.031"	99"	0.040"	66"	0.040"
	R-134a	Fan Static	47"	0.031"	103"	0.040"	72"	0.040"
			52"	0.031"	113"	0.040"	79"	0.040"
1/2	R-22	Fan	52"	0.031"	108"	0.040"	72"	0.031"
	R-12	Fan	96"	0.052"	48"	0.052"	90"	0.064"
	R-134a	Fan	105"	0.052"	55"	0.052"	108"	0.064"
	R-22	Fan	115"	0.052"	58"	0.052"	108"	0.064"
	F-502	Fan	127"	0.052"	63"	0.052"	119"	0.052"

Gambar 2.18. Tabel panjang dan diameter dalam untuk Pipa Kapiler

### 2.1.3.6. Soleoid Valve

Solenoid valve berguna untuk menutup aliran refrigeran saat mendapat respon listrik. Cara kerjanya terletak pada coil (kumparan) yang terletak pada bagian atas solenoid valve.



Gambar 2.19. Kumparan magnetic yang berguna untuk membuka dan menutup Solenoid Valve.

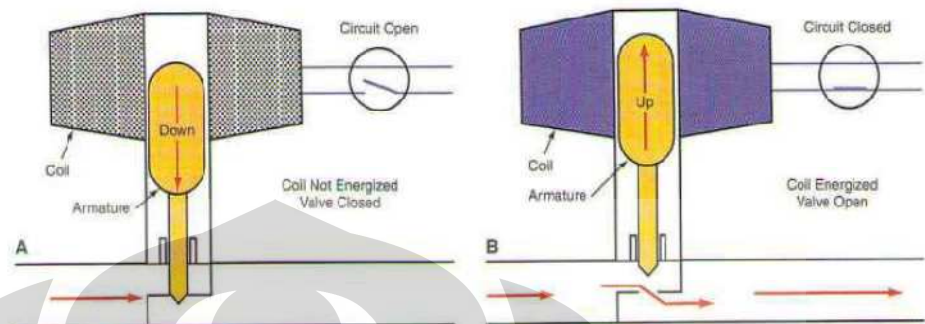
A. Kumparan menjadi bersifat magnetic saat diberi arus listrik

B. Bagian batang logam yang dimasukkan ke dalam kumparan

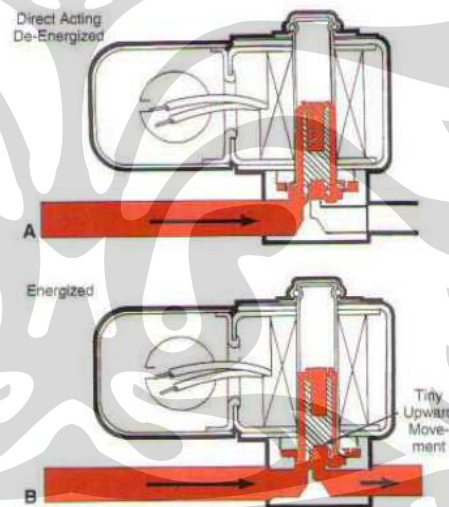
C. Bagian batang logam tertarik masuk ke dalam kumparan saat magnet dinyalakan.



Secara lebih jelas saat beroperasi dapat diilustrasikan sebagai berikut:



Gambar 2.20. Ilustrasi kerja Solenoid Valve A-Saat menutup (tanpa ada aliran listrik ke kumparan), B-Saat membuka (dialiri aliran listrik ke kumparan)



Gambar 2.21. Contoh solenoid valve untuk aliran 2 arah.

#### 2.1.3.7. Sight Glass

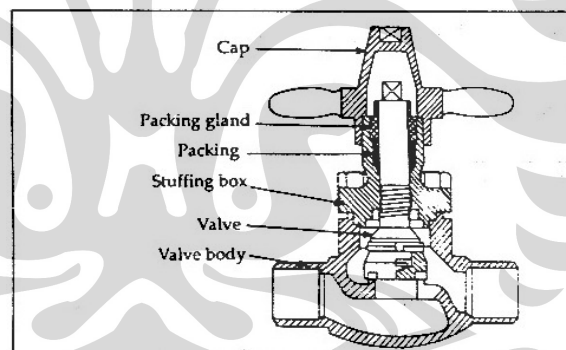
Merupakan komponen yang berfungsi untuk menunjukkan apakah aliran refrigerant yang masuk telah cukup ataukah masih kurang. Serta untuk mengindikasikan tingkat kelembapan refrigerant.



*Gambar 2.22. Contoh Sight Glass*

#### 2.1.3.8. Shut-Off Valve

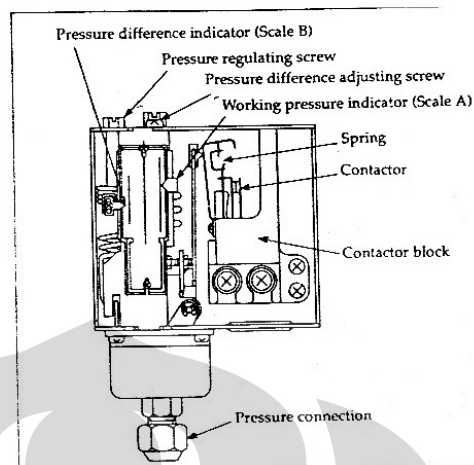
Berfungsi untuk mengatur besar kecil atau pun menutup aliran refrigerant yang mengalir secara manual.



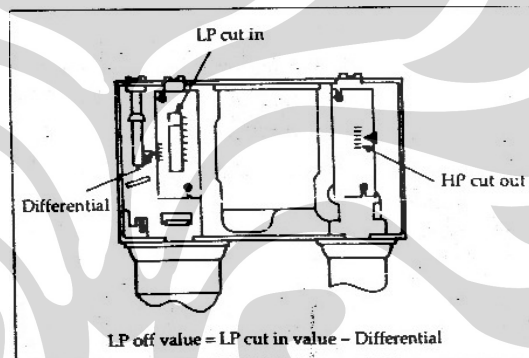
*Gambar 2.23. Komponen pada Hand Valve*

#### 2.1.3.9. Pressure Switch

Merupakan suatu alat untuk mengontrol tekanan discharge dari kompresor agar tidak terlampaui besar. Dimana saat tekanan compressor telah melebihi tekanan yang telah ditentukan, maka aliran arus ke compressor akan terputus.



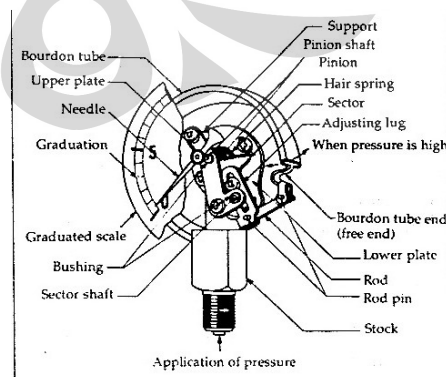
Gambar 2.24. Contoh Single Pressure switch



Gambar 2.25. Contoh Dual Pressure switch

### 2.1.3.10. Pressure Gauge

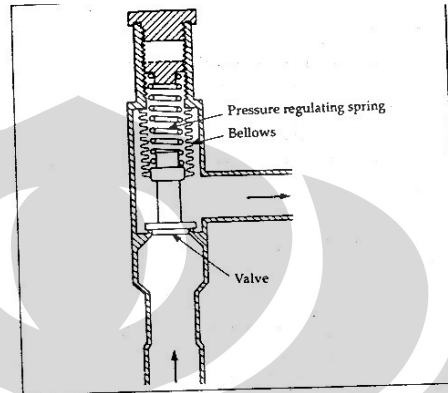
Merupakan suatu indikator analog untuk menunjukkan tekanan pada suatu titik dalam instalasi system pendingin.



Gambar 2.26. Bourdon Pressure Gauge

### 2.1.3.11. Evaporating Pressure Regulator (EVR)

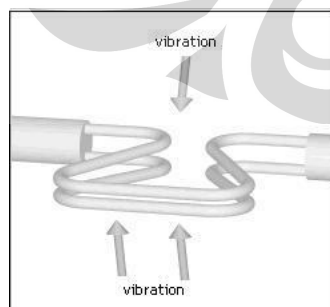
Merupakan suatu komponen yang berfungsi untuk menjaga tekanan evaporator agar selalu konstan sesuai dengan setingan yang telah ditentukan.



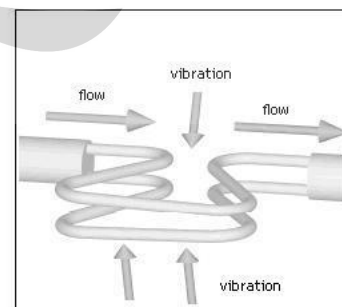
Gambar 2.27. Ilustrasi kerja EVR

### 2.1.3.12. MassFlow meter

Merupakan suatu komponen khusus yang dipergunakan dalam pengukuran suatu aliran massa yang mengalir dalam system refrigerasi. Hal ini sangat penting karena aliran massa mempengaruhi unjuk kerja compressor atau pun kapasitas evaporator. Mass flow meter sering juga disebut dengan **inertial flowmeter** atau **coriolis flowmeter**. Alat ini berkerja berdasarkan getaran yang terjadi pada bagian bagian pipa yang berlekuk, seperti dijelaskan dalam gambar di bawah ini:



Coriolis flow meter undergoing no flow.



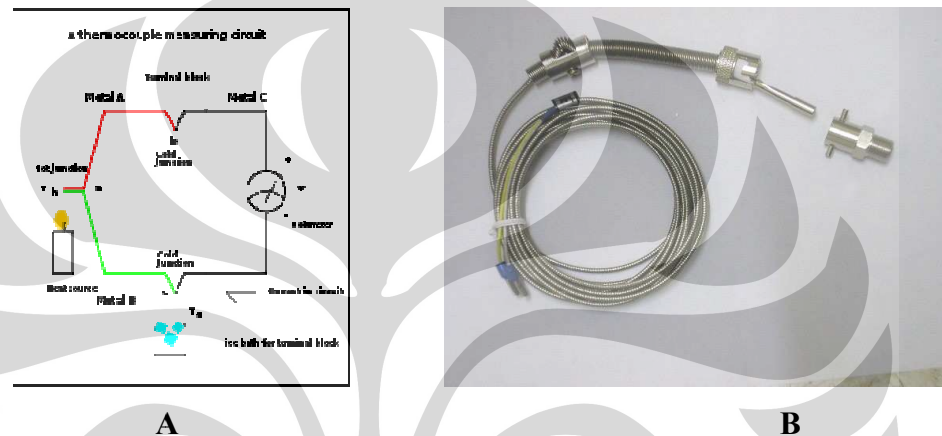
Coriolis flow meter exhibiting deflection as a result of mass flow

Adapted from Wikipedia's entry on Coriolis Mass Flow Meters.  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Mass\\_flow\\_meter](http://en.wikipedia.org/wiki/Mass_flow_meter)

Gambar 2.28. Ilustrasi kerja coriolis flow meter

### 2.1.3.13. Thermocouple

Thermocouple merupakan suatu sambungan antara 2 buah material berbentuk kawat yang berbeda. Dimana kedua kawat tersebut memproduksi tegangan sesuai dengan perbedaan temperature di antar keduanya.



Gambar 2.29. A-Ilustrasi kerja pengukuran menggunakan thermocouple, B-Wujud thermocouple yang biasa dipergunakan

Thermocouple dapat dibagi menjadi beberapa jenis, tergantung pada kedua material yang dipergunakan, seperti dicantumkan dalam gambar berikut:

Type	Temperature range °C (continuous)	Temperature range °C (short term)	Tolerance class one (°C)	Tolerance class two (°C)	IEC Color code	BS Color code	ANSI Color code
K	0 to +1100	-180 to +1300	±1.5 between -40 °C and 375 °C ±0.004×T between 375 °C and 1000 °C	±2.5 between -40 °C and 333 °C ±0.0075×T between 333 °C and 1200 °C			
J	0 to +700	-180 to +800	±1.5 between -40 °C and 375 °C ±0.004×T between 375 °C and 750 °C	±2.5 between -40 °C and 333 °C ±0.0075×T between 333 °C and 750 °C			
N	0 to +1100	-270 to +1300	±1.5 between -40 °C and 375 °C ±0.004×T between 375 °C and 1000 °C	±2.5 between -40 °C and 333 °C ±0.0075×T between 333 °C and 1200 °C			
R	0 to +1600	-50 to +1700	±1.0 between 0 °C and 1100 °C ±[1 + 0.003×(T - 1100)] between 1100 °C and 1600 °C	±1.5 between 0 °C and 600 °C ±0.0025×T between 600 °C and 1600 °C			Not defined.
S	0 to 1600	-50 to +1750	±1.0 between 0 °C and 1100 °C ±[1 + 0.003×(T - 1100)] between 1100 °C and 1600 °C	±1.5 between 0 °C and 600 °C ±0.0025×T between 600 °C and 1600 °C			Not defined.
B	+200 to +1700	0 to +1820	Not Available	±0.0025×T between 600 °C and 1700 °C	No standard use copper wire	No standard use copper wire	Not defined.
T	-185 to +300	-250 to +400	±0.5 between -40 °C and 125 °C ±0.004×T between 125 °C and 350 °C	±1.0 between -40 °C and 133 °C ±0.0075×T between 133 °C and 350 °C			
E	0 to +800	-40 to +900	±1.5 between -40 °C and 375 °C ±0.004×T between 375 °C and 800 °C	±2.5 between -40 °C and 333 °C ±0.0075×T between 333 °C and 900 °C			
Chromel/AuFe	-272 to +300	n/a	Reproducibility 0.2% of the voltage; each sensor needs individual calibration.				

Gambar 2.30. Tabel jenis-jenis thermocople

### 2.1.4 Freon dan piping

Freon merupakan komponen yang bersifat kimiawi yang berguna sebagai media penghantar kalor. Jenis-jenis Freon yang sering dipergunakan ialah sebagai berikut:

Cylinder Color	Number	Refrigerant Name	Chemical Composition	General Application
Orange	R-11	Trichlorofluoromethane	CFC	Used in centrifugal chillers for large applications.
White	R-12	Dichlorodifluoromethane	CFC	Versatile, widely used in reciprocating and rotary-type equipment; household and industrial applications.
Light blue	R-13	Chlorotrifluoromethane	CFC	Low-temperature refrigerant used in low stage of cascade systems.
Coral	R-13B1	Bromotrifluoromethane	CFC	Medium- to low-temperature applications with one or two stages of compression.
Light green	R-22	Chlorodifluoromethane	HCFC	Residential, commercial, and industrial applications.
Light gray	R-23	Trifluoromethane	HFC	Low-temperature refrigerant to be used as replacement in low stage of cascade system.
Purple	R-113	Trichlorotrifluoroethane	CFC	Low capacity centrifugal chillers.
Dark blue	R-114	Dichlorotetrafluoroethane	CFC	Principally used with chillers for higher capacities.
Light gray	R-123	Dichlorotrifluoroethane	HCFC	Serves as a replacement for R-11 in centrifugal chillers.
Deep green	R-124	Chlorotetrafluoroethane	HCFC	Medium-pressure refrigerant for chiller applications. Used in marine applications.
Medium brown or Tan	R-125	Pentafluoroethane	HFC	Substitute for use in low-temperature refrigeration applications.
Light (sky) blue	R-134a	Tetrafluoroethane	HFC	Medium-temperature refrigerant used in the automobile industry and refrigeration systems in residential, commercial, and industrial applications.
Coral red	R-401A	R-22 + R-152a + R-124	Zeotropic (HCFC)	Substitute for use in most medium-temperature systems.
Mustard yellow	R-401B	R-22 + R-152a + R-124	Zeotropic (HCFC)	Used in transport refrigeration equipment and domestic and commercial refrigerators.
Blue-green (Aqua)	R-401C	R-22 + R-152a + R-124	Zeotropic (HCFC)	Replacement refrigerant in mobile air conditioning, ice machines, food service, vending, supermarket.
Pale brown	R-402A	R-22 + R-125 + R-290	Zeotropic (HCFC)	Supermarket, transport, food service.
Green-brown	R-402B	R-22 + R-125 + R-290	Zeotropic (HCFC)	Supermarket, transport, food service.
Orange	R-404A	R-125 + R-143a + R-134a	Zeotropic (HCFC)	Medium and low temperature applications.
Light gray-green	R-406A	R-22 + R-142b + R-600a	Zeotropic (HCFC)	Used for R-12 retrofit.
Bright green	R-407A	R-32 + R-125 + R-134a	Zeotropic (HFC)	Used for R-502 retrofit.
Peach	R-407B	R-32 + R-125 + R-134a	Zeotropic (HFC)	Used for R-502 retrofit.
Chocolate brown	R-407C	R-32 + R-125 + R-134a	Zeotropic (HFC)	R-22 replacement
Rose	R-410A	R-32 + R-125	Zeotropic (HFC)	Replacement refrigerant in residential air conditioning applications.
Yellow	R-500	Refrigerants 152a/12	Azeotropic (CFC)	Used with reciprocating compressors in industrial and commercial applications.
Light purple	R-502	Refrigerants 22/115	Azeotropic (CFC)	Supermarket freezers and refrigerated cases.
Aquamarine	R-503	Refrigerants 23/13	Azeotropic (CFC)	Used in low stage of cascade-type systems.
Teal	R-507A	Refrigerants 125/143a	Azeotropic (HFC)	Replacement refrigerant for low-temperature commercial refrigeration applications.
Silver	R-717	Ammonia	Inorganic Compound	Used in large reciprocating compressors and absorption-type systems.

Chlorofluorocarbons = CFC      Hydrofluorocarbons = HFCs      Hydrochlorofluorocarbons = HCFCs

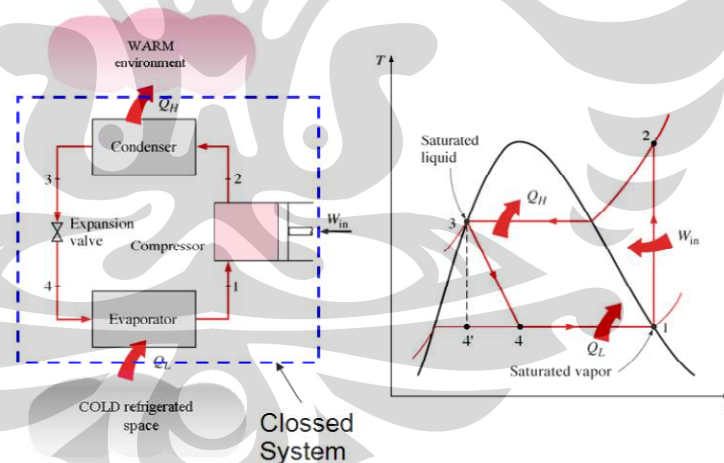
Gambar 2.31. Tabel Freon yang biasa dipergunakan

Sedangkan untuk pemipaan jenis material pipa yang digunakan untuk system pendinginan ialah pipa tembaga (Copper). Hal ini karena tembaga memiliki nilai konduktivitas kalor yang tinggi sehingga cocok dipergunakan sebagai media penyerap kalor.

Outside diameter (mm)	Thickness (mm)	Outside area (m <sup>2</sup> /m)	Internal sectional area (cm <sup>2</sup> )	Volume (ℓ/m)	Weight (kg/m)
6.4	0.8	0.02	0.18	0.018	0.12
9.5	0.8	0.03	0.49	0.049	0.20
12.7	1.0	0.04	0.90	0.090	0.33
15.9	1.2	0.05	1.43	0.143	0.49
19.1	1.2	0.06	2.16	0.216	0.60
22.2	1.2	0.07	3.08	0.308	0.71
25.4	1.2	0.08	4.15	0.415	0.81
31.8	1.5	0.10	6.51	0.651	1.28
38.1	1.5	0.12	9.67	0.963	1.53
45.0	2.0	0.14	13.20	1.320	2.40
50.8	2.0	0.16	17.19	1.719	2.77
63.5	2.0	0.20	27.79	2.779	3.44
76.2	2.5	0.24	39.80	3.980	4.96

Gambar 2.32. Tabel pipa tembaga yang biasa dipergunakan

### 2.1.5 Persamaan dalam Sistem Refrigerasi



Gambar 2.33. Sistem refrigerasi standar dengan diagram T-s

Dalam menganalisa suatu sistem refrigerasi, diketahui sistem yang digunakan kemudian dilakukan perhitungan untuk memilih komponen-komponen utama dan tambahan dalam sistem. Berikut perhitungan dasar

dalam sebuah sistem refrigerasi standar dengan asumsi bahwa sistem merupakan sistem tertutup,

1. Coefficient of performance (COP)

COP merupakan nilai keefektifan dari suatu sistem refrigerasi karena membandingkan nilai output dengan kerja yang dilakukan. Nilai output suatu sistem merupakan kalor yang diserap oleh evaporator, dan kerja dilakukan oleh kompresor.

$$COP = \frac{Q_{\text{evaporator}}}{W_{\text{kompresor}}}$$

2. Daya kompresor

$$\dot{W}_{in} = m(h_2 - h_1)$$

3. Kalor yang dibuang kondenser

$$\dot{Q}_{\text{kondenser}} = m(h_2 - h_3)$$

4. Kapasitas Pendinginan

$$\dot{Q}_{\text{evaporator}} = m(h_4 - h_1)$$

5. Expansion Device

$$\dot{Q} - \dot{W} = m(h_4 - h_3)$$

$$0 = m(h_4 - h_3)$$

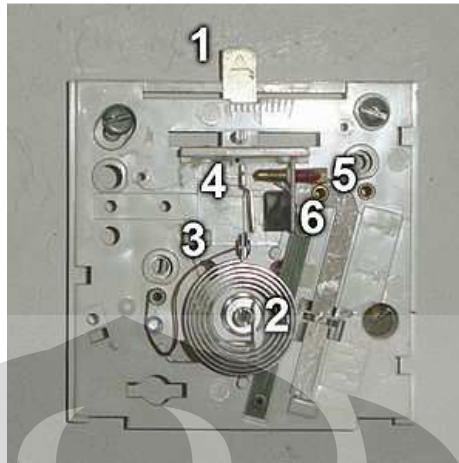
$$h_4 = h_3$$

## 2.2 Komponen Sistem Kontrol

### 2.2.1 Thermostat

Thermostat merupakan suatu komponen yang berfungsi untuk memutuskan atau menyambungkan aliran listrik berdasarkan respon temperature yang ditentukan.





Gambar 2.34. Komponen-komponen dalam suatu thermostat analog sederhana

Komponen-komponen gambar di atas ialah:

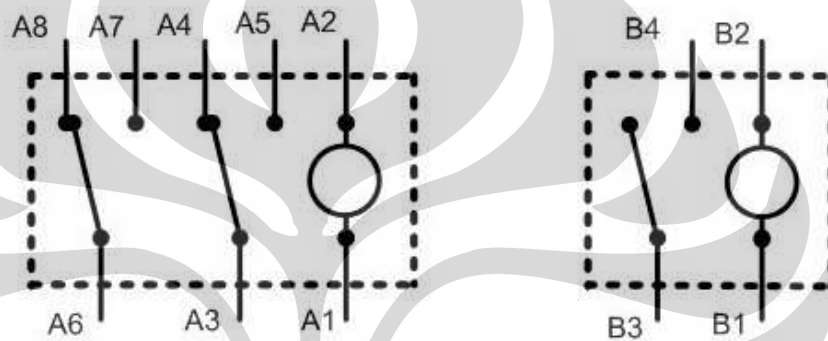
1. Tuas untuk menentukan *set point* temperature
2. Kawat bimetal yang ditempelkan pada suatu coil
3. Kawat Flexible (untuk menggerakkan kawat sambungan)
4. Kawat sambungan untuk menyambung dan memutuskan aliran listrik
5. Magnet untuk memastikan bahwa kawat benar-benar telah bersentuhan
6. Sekrup untuk mengencangkan

### 2.2.2 Kontaktor

Kontaktor adalah peralatan listrik yang bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Pada kontaktor terdapat sebuah belitan yang mana bila dialiri arus listrik akan timbul medan magnet pada inti besinya, yang akan membuat kontakannya tertarik oleh gaya magnet yang timbul tadi. Kontak pada kontaktor terdiri dari kontak utama dan kontak Bantu. Kontak utama digunakan untuk rangkaian daya sedangkan kontak Bantu digunakan untuk rangkaian kontrol.

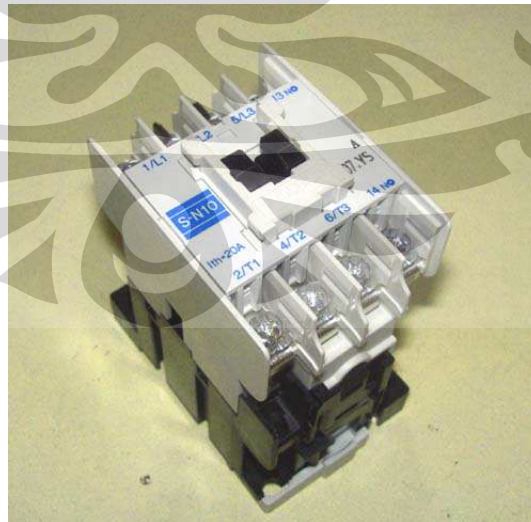
Didalam suatu kontaktor elektromagnetik terdapat kumparan utama yang terdapat pada inti besi. Kumparan hubung singkat berfungsi sebagai peredam getaran saat kedua inti besi saling melekat.

Apabila kumparan utama dialiri arus, maka akan timbul medan magnet pada inti besi yang akan menarik inti besi dari kumparan hubung singkat yang dikopel dengan kontak utama dan kontak Bantu dari kontaktor tersebut. Hal ini akan mengakibatkan kontak utama dan kontak bantuannya akan bergerak dari posisi normal dimana kontak NO (Normally Open) akan tertutup sedangkan NC (Normally Closed) akan terbuka. Selama kumparan utama kontaktor tersebut masih dialiri arus, maka kontak-kontaknya akan tetap pada posisi operasinya.



*Gambar 2.35. Skema rangkaian dalam suatu kontaktor*

Fungsi kontaktor memang mirip seperti relay, tetapi kontaktor dapat digunakan pada aliran listrik yang memiliki arus yang sangat besar hingga berpuluh-puluh ampere.



*Gambar 2.36. Kontaktor*

### 2.2.3 MCB (Miniature Circuit Breaker)

Merupakan suatu komponen yang berguna untuk melindungi komponen-komponen lain saat terjadi overload akibat korsleting. Hal ini karena MCB akan memutuskan hubungan arus listrik saat hal itu terjadi. Cara kerjanya seperti dijabarkan dalam gambar berikut:



*Gambar 2.37. Komponen-komponen dalam suatu MCB 1 phase*

Komponen-komponen dalam gambar tersebut ialah:

1. Tombol untuk menyambung aliran
2. Mekanisme actuator
3. Contact, yang akan menyambung dan memutuskan bila arus berlebih
4. Terminal
5. Kawat bimetal
6. Sekrup untuk kalibrasi
7. Solenoid
8. Extinguisher (apabila terjadi bunga api akibat short)

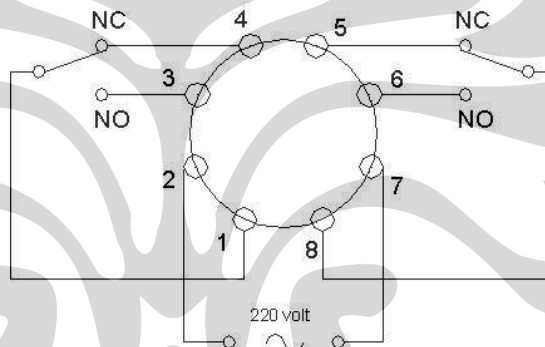
### 2.2.4 Timer

Merupakan komponen yang berfungsi untuk memutuskan atau menyambungkan aliran listrik sesuai dengan setting waktu yang telah ditentukan.



Gambar 2.38. Contoh suatu analog Timer

Dalam suatu timer terdapat rangkaian seperti gambar di bawah ini:



Gambar 2.39. Rangkaian dalam suatu timer

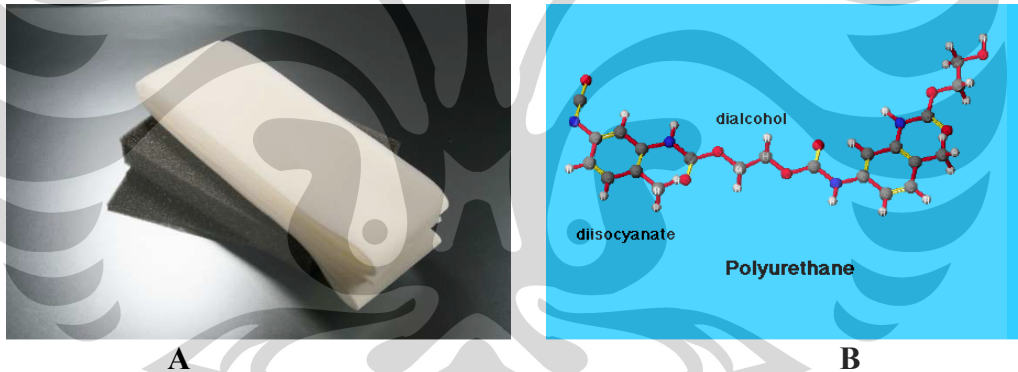
### 2.3 Cold Storage

*Cold storage* merupakan suatu ruangan penyimpanan (gudang) yang ditujukan untuk mengalami proses pengambilan kalor oleh evaporator, atau ruangan yang ingin didinginkan.



*Gambar 2.40. Ilustrasi Cold Storage*

Cold storage biasanya terbuat dari material yang bersifat Isolator. Untuk mencegah terjadinya infiltrasi kalor ke dalam cold storage. Bahan yang paling umum dipergunakan sekarang ini untuk cold storage yaitu Polyurethane.



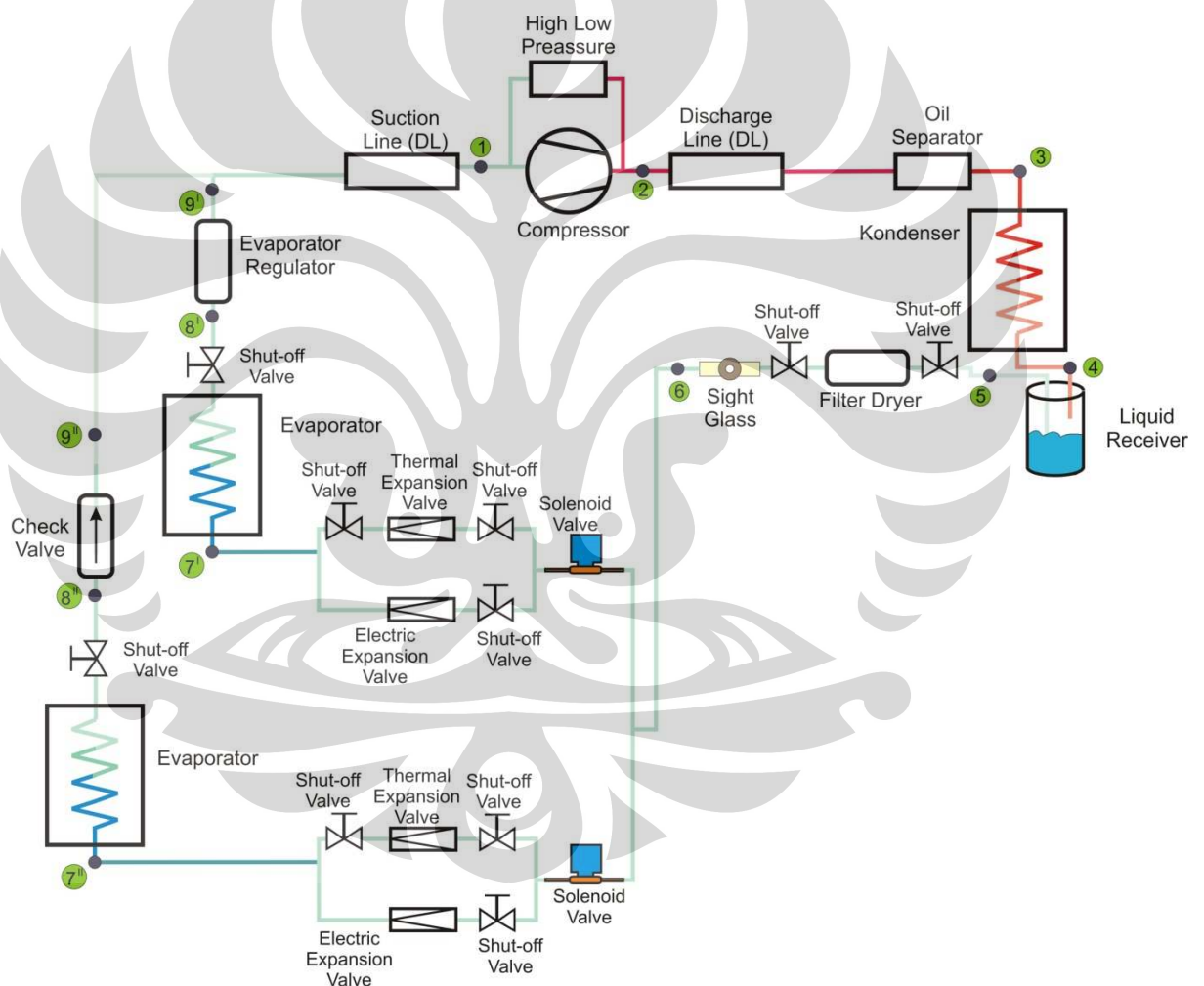
*Gambar 2.41. A-Bentuk fisik Polyurethane, B-Skema kimiawi Polyurethane*

## BAB 3

### SISTEM PENDINGIN DAN COLD STORAGE

#### 3.1 Sistem Pendingin yang telah dibuat

System pendingin yang telah dibuat yaitu system pendingin dengan menggunakan 1 condensing unit serta 2 evaporator yang masing-masing terdapat dalam satu cold storage. System pendingin tersebut dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 3.1. Skema sistem Refrigerasi yang telah dibuat

Proses yang terjadi di setiap titik adalah:

- Titik 1 : Uap dari evaporator yang melalui *suction line* mengalami *pressure drop* dan siap untuk masuk ke kompresor. Pada titik ini, refrigeran berada dalam fasa *vapor*. Dari sini terdapat HLP yang berfungsi untuk mematikan *compressor* saat perbedaan tekanan *suction* dan *discharge* melampaui dari setting HLP yang ditentukan.
- Titik 2 : Uap telah dikompres, memiliki tekanan uap yang tinggi dengan temperatur dan *enthalpy* yang tinggi. Pada titik ini, refrigeran berada dalam fasa *super heated vapor*.
- Titik 3 : Uap yang telah melalui kompresor, bertekanan tinggi dengan temperatur dan *enthalpy* tinggi dialirkan melalui *discharge line*. Kemudian uap tersebut dialirkan melalui *oil separator* untuk memisahkan uap refrigerant dan pelumas kompresor yang terbawa dari kompresor sebelum masuk ke kondenser.
- Titik 4 : Uap air dialirkan melalui kondenser. Sebagaimana diketahui bahwa kondenser merupakan alat yang digunakan untuk mendinginkan uap refrigeran agar dapat mengembun menjadi cairan. Pada proses ini terjadi pembuangan kalor dari refrigeran sehingga temperatur dan *enthalpy* refrigeran turun dan fasanya berubah menjadi *liquid* dan masuk ke *liquid receiver*.
- Titik 5 : Pada *liquid receiver*, refrigeran telah berada pada fasa *liquid*nya dan dialirkan melalui *filter dryer* untuk menghilangkan kotoran yang terlarut dalam aliran refrigeran cair serta menghilangkan sisa uap lembab yang mungkin terjadi disamping juga untuk menetralkan asam yang terbentuk dari interaksi uap lembab dan oli. *Sight glass* untuk melihat tingkat kelembapan, apakah aliran refrigeran terlalu basah atau terlalu kering.

- Titik 6 : Setelah melalui komponen-komponen tersebut, refrigeran siap dialirkan menuju katup ekspansi untuk diturunkan lagi tekanannya.
- Titik 7' dan 7'' : Pada titik ini aliran refrigerant diatur secara manual dengan menggunakan shut-off valve. Shut-off valve dipergunakan juga untuk memilih di antara 2 expansion valve yang terpasang apakah akan menggunakan TXV ataukah EXV atau kombinasi antara keduanya. Refrigeran yang telah melalui katup ekspansi mengalami penurunan tekanan, berubah fasanya menjadi campuran liquid dan vapor, seiring dengan penurunan temperatur, namun memiliki nilai enthalpy yang sama dengan pada keadaan di titik 4 setelah keluar dari kondenser, kemudian refrigeran siap dialirkan menuju evaporator untuk diubah fasanya menjadi vapor. Di sini juga terdapat *solenoid valve* yang berguna untuk menutup aliran refrigerant saat suhu cold storage melebihi dari batas yang ditentukan (*Thermostat* sebagai sensor).
- Titik 8' dan 8'' : Refrigeran yang telah melalui evaporator mengalami perubahan fasa menjadi vapor karena menyerap kalor dari lingkungan dan membuat enthalpy dari refrigeran juga meningkat.
- Titik 9' : Refrigeran sudah berubah menjadi fase uap dimana pada titik ini aliran uap refrigerant yang mengalir keluar dikendalikan dengan menggunakan evaporator regulator. Dimana alat tersebut berfungsi untuk mengatur tekanan aliran refrigerant saat keluar dari evaporator, sebelum kemudian dialirkan ke *suction line*.
- Titik 9'' : Refrigeran sudah berubah fase menjadi uap, dalam titik ini ditambahkan komponen berupa check valve. Komponen ini



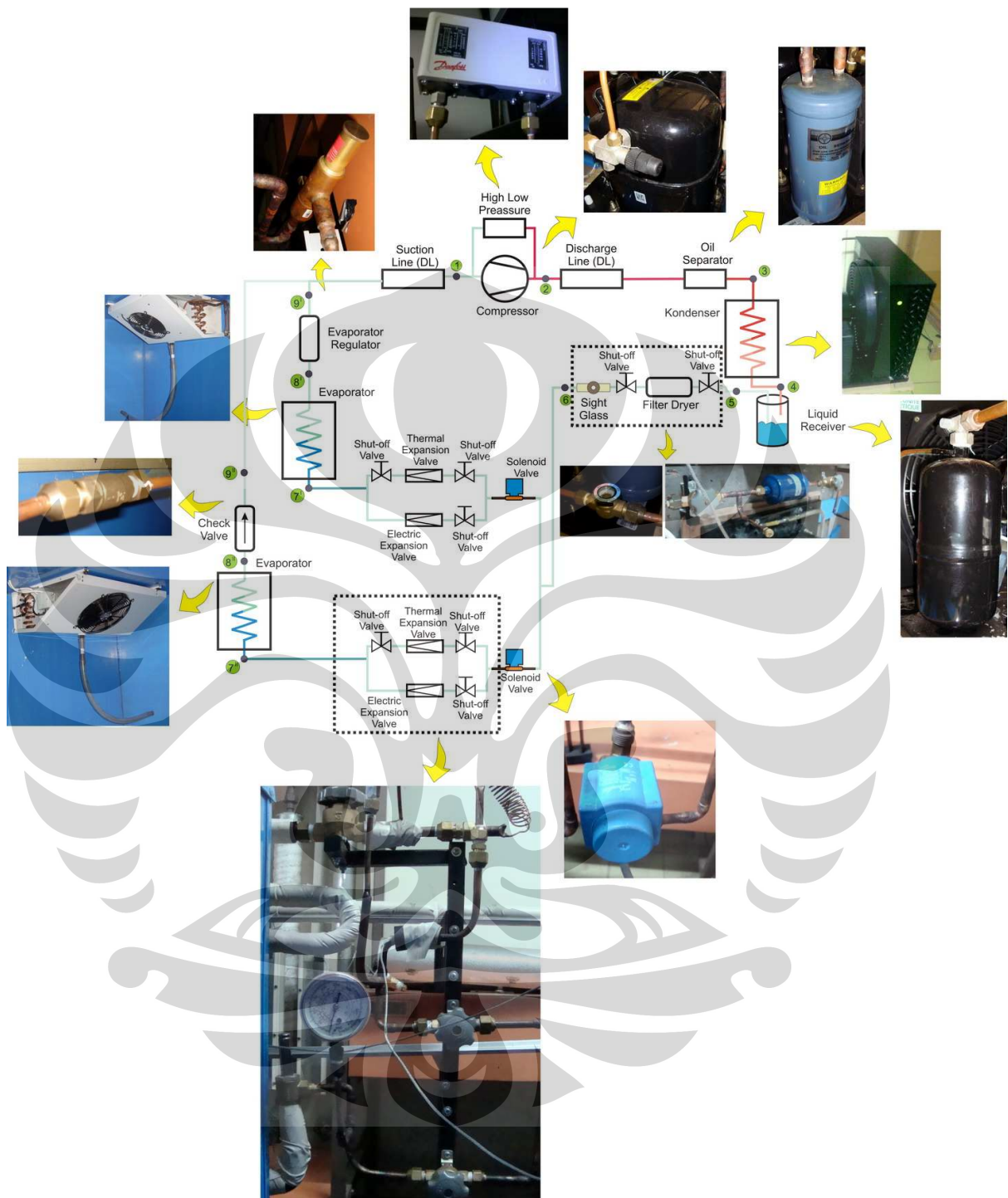
berfungsi untuk mencegah terjadinya aliran balik refrigerant menuju evaporator. Alat ini diperlukan dikarenakan kondisi aliran refrigerant yang bercabang dan juga panjang pipa yang digunakan.

Freon yang dipergunakan ialah R-22, dengan spesifikasi sebagai berikut:

Form	: Liquefied gas,
Colour	: colourless,
Odour	: slight, ether-like,
pH	: neutral
Melting point/range	: -160,0 °C at 1 013 hPa
Boiling point/boiling range	: -40,8 °C at 1 013 hPa
Flash point	: does not flash
Ignition temperature	: 632 °C
Lower explosion limit	: , not applicable
Vapour pressure	: 7 228 hPa at 12 °C
Vapour pressure	: 10 450 hPa at 25 °C
Vapour pressure	: 19 423 hPa at 50 °C
Density	: 1,210 g/cm <sup>3</sup> at 20 °C, (as liquid)
Density	: 1,194 g/cm <sup>3</sup> at 25 °C, (as liquid)

### 3.1.1 Komponen yang Dipergunakan pada Sistem Pendingin

Berikut adalah preview dari sistem *cold storage* yang telah dibangun:



Gambar 3.2. Komponen-komponen pada Cold Storage

Komponen yang digunakan dalam membangun sistem pendingin untuk *cold storage* ialah sebagai berikut:

### 1. Condensing Unit

Condensing unit merupakan gabungan antara kompresor dan kondenser dalam satu kedudukan. Dengan tipe kompresor yang digunakan ialah hermetic serta 1 buah kondenser fan serta sebuah liquid receiver.



*Gambar 3.3. Kondensing unit yang dipergunakan*



*Gambar 3.4. Kompresor*



*Gambar 3.5. Kondenser*

Dalam condensing unit ini juga dilengkapi dengan liquid receiver yang berfungsi untuk memisahkan refrigeran yang berada pada fasa uap dan yang masih berupa liquid dimana

refrigerant yang dipergunakan ialah refrigerant yang berfase liquid untuk menyerap kalor saat di evaporator.



Gambar 3.6. Liquid Receiver

## 2. Evaporator

Karena cold storage yang dipergunakan ada 2 buah dimana suhu dan beban pendinginan yang dibutuhkan berbeda, maka untuk evaporator dipergunakan 2 buah evaporator tipe DX keluaran dari PT. Guntner. Untuk cold storage yang memerlukan beban pendinginan yang besar, maka dipergunakan evaporator berikut :



*Gambar 3.7. Evaporator dengan kemampuan pendinginan yang besar*

Untuk cold storage yang memerlukan beban pendinginan yang kecil, maka dipergunakan evaporator berikut :



*Gambar 3.8. Evaporator dengan kemampuan pendinginan yang kecil*

### 3. Katup ekspansi

Untuk katup ekspansi digunakan 2 jenis katup ekspansi yaitu TXV (thermal expansion valve) dan EXV (electric expansion valve) dimana keduanya adalah keluaran PT. Danfoss.



*Gambar 3.9. Thermal Expansion Valve*



Gambar 3.10. Electric Expansion Valve

Perbedaan di antara keduanya ialah pada TXV besar kecilnya bukaan katup tergantung dari respon temperature dari sensor berupa *Bulb* yang ditempelkan pada aliran refrigerant keluar dari evaporator. Sedangkan EXV responnya bergantung dari sensor temperature dan tekanan yang dipasang pada aliran keluar refrigerant dari evaporator dan proses pembukaan katup berlangsung secara otomatis dengan menggunakan *Magnetic Coil* yang merespon dari input temperature dan tekanan yang telah dipasang sebelumnya.

#### 4. Aksesoris

Aksesoris yang dipergunakan pada *cold storage* ini antara lain :

##### a. Filter Dryer

Berguna untuk menyaring kotoran atau debu yang ada di dalam sistem pendinginan. Biasanya masuk ke dalam sistem akibat proses instalasi awal dimana masih terdapat kotoran di dalam pipa sehingga tertinggal di dalam sistem.



Gambar 3.11. Filter Dryer

b. Sight glass

Berguna untuk mengecek apakah aliran refrigeran yang ada basah atau kering. Hal ini mempengaruhi karena untuk aliran liquid line, nilai pembacaan harus menunjukkan warna putih. Hal itu menandakan bahwa aliran refrigeran tidak boleh terlalu kering ataupun basah, karena itu akan mempengaruhi nilai heat transfer saat ia mengambil panas dari evaporator.



Gambar 3.12. Sight Glass

c. Solenoid valve

Solenoid valve berguna untuk menutup aliran refrigeran saat mendapat respon listrik. Solenoid valve yang dipakai menggunakan sistem *Normally closed*. Sama halnya seperti sebuah relay, solenoid valve akan berpindah dalam keadaan

open bila ada arus listrik yang mengalirinya. Dalam *cold storage* ini, *solenoid valve* dihubungkan dengan menggunakan relay dan Thermostat sebagai sensor. Sehingga saat relay mendapat respon listrik dari thermostat, relay akan berganti posisi dari Normally Closed menjadi Normally Open, sehingga arus listrik yang menuju solenoid valve akan terputus dan solenoid valve akan menutup aliran refrigerant.



Gambar 3.13. Solenoid Valve

d. Shut-off valve (Hand Valve)

Berfungsi untuk mengatur besar kecil atau pun menutup aliran refrigerant yang mengalir secara manual.



Gambar 3.14. Shut-off Valve



e. HLP (High low pressure)

Merupakan suatu alat untuk mengontrol tekanan discharge dari kompresor agar tidak terlampaui besar. Alat ini berguna sebagai sistem pengaman agar tidak terjadi *breakdown* pada sistem akibat overload dari kompresor.



Gambar 3.15. Pressure Control

f. Pressure gage



Gambar 3.16. Pressure Gage

Merupakan penunjuk nilai tekanan pada bagian suction (kiri) dan bagian discharge (kanan).

g. Oil separator



*Gambar 3.17. Oil Separator*

Alat ini berguna untuk memisahkan pelumas kompresor dan refrigeran dari dalam kompresor sebelum menuju ke kondenser. Karena refrigeran dan oli memiliki perbedaan titik didih, beku, serta nilai koefisien kalor, maka akan menjadi masalah bila oli ikut mengalir dalam aliran refrigeran.

#### h. Evaporator regulator

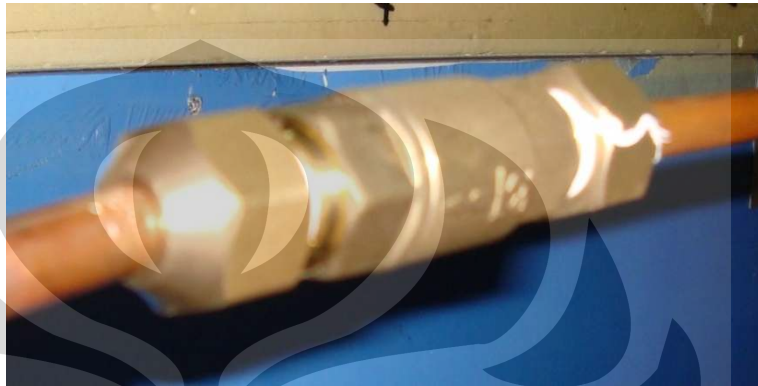


*Gambar 3.18. Evaporator Regulator*

Evaporator regulator berfungsi untuk mengatur tekanan aliran refrigerant keluar dari evaporator agar berada pada jumlah yang tetap sesuai settingan.

i. Check valve

Check valve berfungsi untuk mengatur aliran refrigerant agar tetap mengalir dalam satu arah. Alat ini dipergunakan untuk mencegah aliran balik yang mungkin terjadi pada uap refrigerant.



Gambar 3.19. Check Valve

### 3.2 Cold storage

*Cold storage* yang dipergunakan ialah cold storage dengan bahan penyusun berupa panel-panel polyurethane dengan ukuran 128 cm x 150 cm x 7.6 cm. Kemudian panel-panel tersebut disusun menjadi sebuah kubus berukuran 128 cm x 150 cm x 115.5 cm. Cold storage yang dipergunakan terdapat 2 buah yaitu cold storage untuk beban pendinginan yang besar dan beban pendinginan yang kecil. Hal yang membedakannya ialah kapasitas evaporator yang dipasang pada tiap-tiap cold storage.



Gambar 3.20. Cold Storage untuk beban pendinginan yang besar



Gambar 3.21. Cold Storage untuk beban pendinginan yang kecil

Ruang pendingin yang dipergunakan terbuat dari bahan Polyuretane, suatu bahan yang mirip seperti busa stereofom hanya saja lebih keras dan juga memiliki nilai konduktivitas kalor yang kecil (isolator yang baik).

Property	Unit	Polyurethane Foam
Injected Density	Kg/m <sup>3</sup>	45 ± 5 %
Compression Strength	Kpa	220
Modulus Of Elasticity	Mpa	3.0 – 8.5
Shearing Strength	Mpa	3.0 – 5.0
Bending Strength	Kpa	550 – 560
Tensile Strength	Kpa	300 – 500
Water Absorption	P/V %	1.7 – 2.3
Closed Cells	%	95 – 97
Stable Operating (temp)	°C	-60 to +80
Flash Operating (temp)	°C	300
Thermal Conductivity	W/(mk)	0.020

Gambar 3.22. Polyuretane Properties

Tidak hanya karena sifat termal yang baik, tetapi Polyuretane untuk membuat suatu *cold storage* tidak memerlukan ketebalan dinding yang terlalu

besar, sehingga dengan polyurethane dengan ketebalan yang tidak terlalu besar, dapat diperoleh suatu *cold storage* untuk memenuhi spesifikasi yang diperlukan.

Material		Thickness For Equivalent Insulation
Polyurethane	✓	25 mm*
Fibreglass		45 mm*
Polystyrene		51 mm*
Foam Glass		64 mm*
Fibreboard		64 mm*
Softwood		140 mm*
Concrete Blocks		380 mm*
Common Bricks		860 mm*

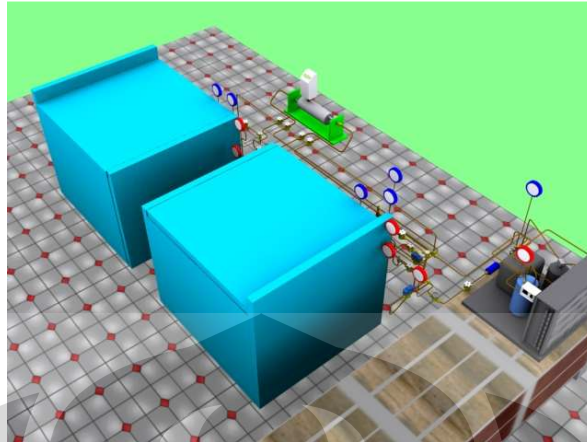
*Gambar 3.23. Jenis Isolator untuk Dinding Ruang Pendingin*

Sistem ini juga melakukan defrost. System defrost dilakukan secara manual saat evaporator tidak dalam keadaan menyala untuk mencairkan bunga-bunga es yang menempel di pipa.

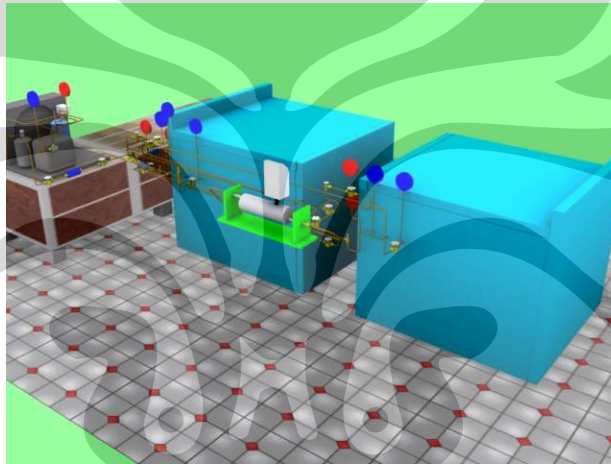


*Gambar 3.24. System defrost pada cold storage*

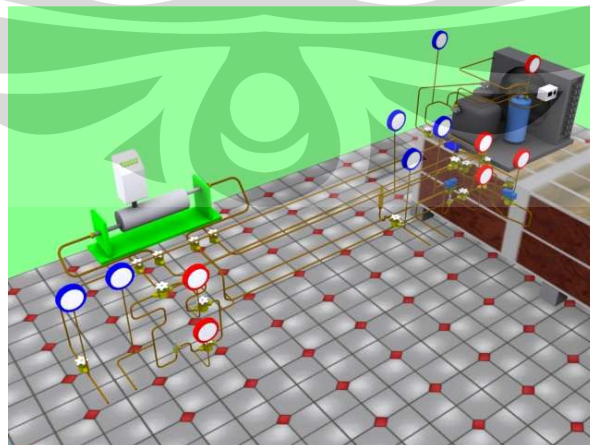
Apabila diilustrasikan secara sederhana maka cold storage dan system pendingin yang telah dibuat adalah sebagai berikut:



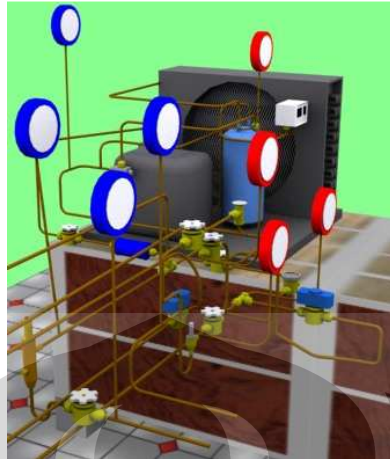
*Gambar 3.25. Tampak system secara keseluruhan*



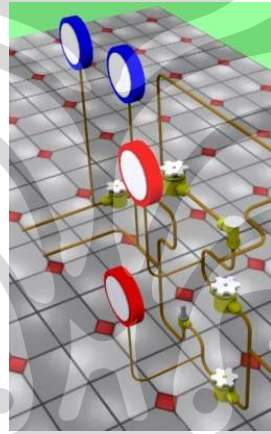
*Gambar 3.26. Instalasi piping pada cold storage*



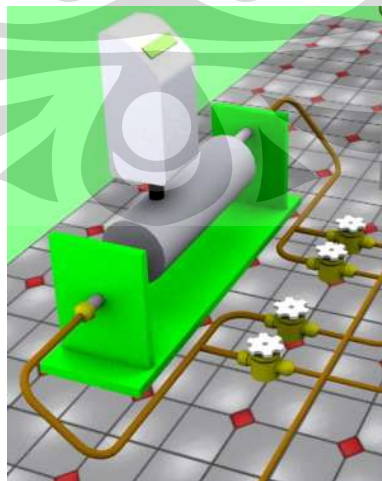
*Gambar 3.27. Instalasi piping*



*Gambar 3.28. Instalasi pada Condensing Unit dan Evap kapasitas kecil*



*Gambar 3.29. Instalasi pada Evap kapasitas besar*

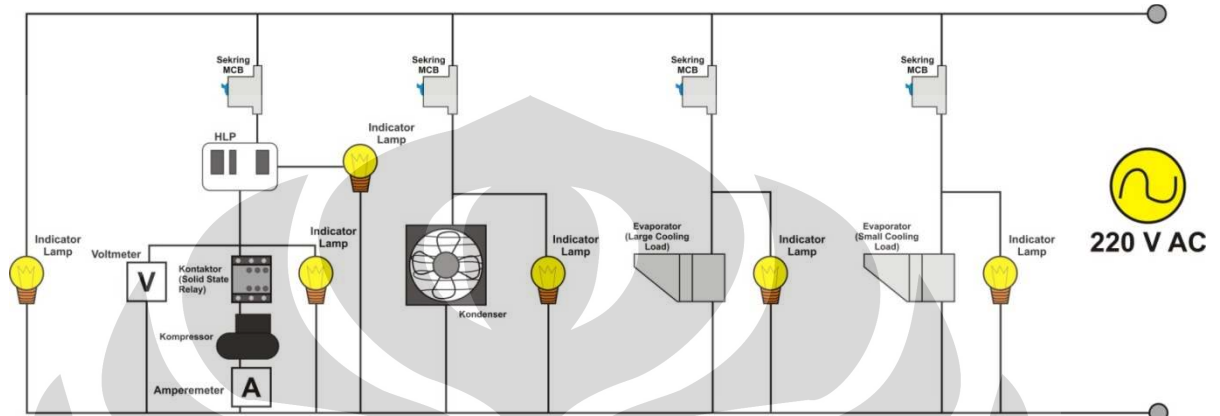


*Gambar 3.30. Instalasi pada FlowMeter*

### 3.3. Sistem elektrik dan control

#### 3.3.1. System elektrik pada system pendingin

System kelistrikan yang dibuat pada cold storage, dapat dijabarkan sebagai berikut:



Gambar 3.31. System kelistrikan yang dibuat

Dimana pada High low pressure berguna untuk mematikan kerja compressor saat perbedaan tekanan antara suction dan discharge melampaui batas yang telah ditentukan

System kelistrikan tersebut dimasukkan ke dalam satu panel box tersendiri. Yaitu sebagai berikut:

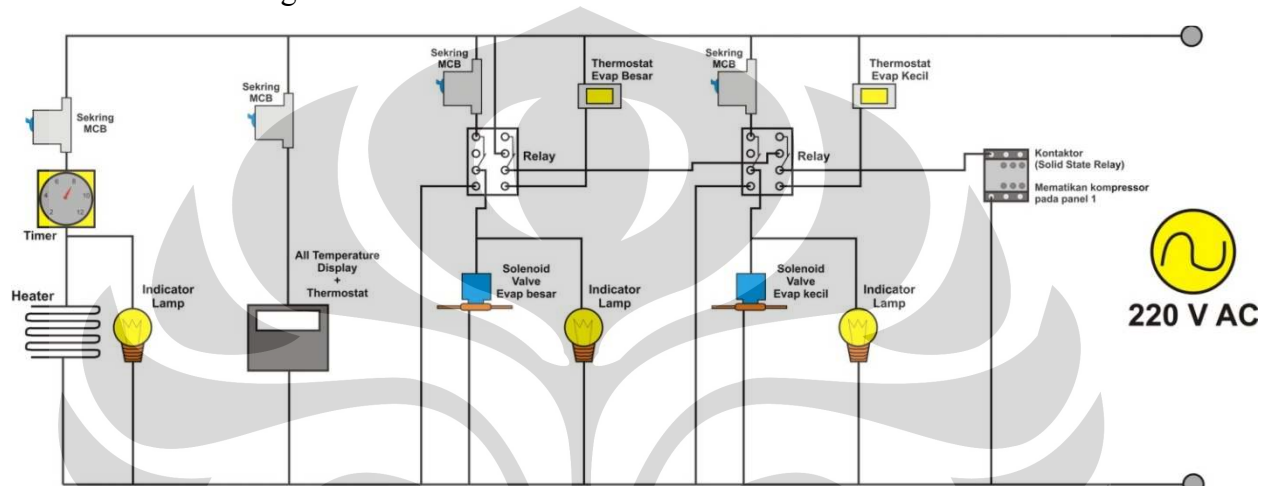


Gambar 3.32. Panel box pada system kelistrikan



### 3.3.2. System control pada system pendingin

System control yang dipergunakan pada system pendingin ini mengacu pada komponen High Low Pressure serta Solenoid valve. Solenoid valve disambungkan ke thermostat sebagai sensor untuk menutup aliran refrigerant. Apabila digambarkan maka akan terlihat sebagai berikut:



Gambar 3.33. Skema control pada Cold storage

Mekanisme untuk high low pressure ialah pada bagian dalam HLP terdapat coil yang berguna sebagai setting berapa tekanan maksimum discharge compressor. Seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.34. Bagian dalam HLP

Terlihat seperti pada gambar di atas di mana tekanan discharge maksimum compressor terlebih dahulu diatur sebelum system di-running. Mekanisme pengaturan dilakukan dengan mengencang atau mengendurkan baut pada bagian atas HLP. Hal ini akan mengatur berapa lebar pendeknya coil yang ada pada bagian atas HLP. Seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



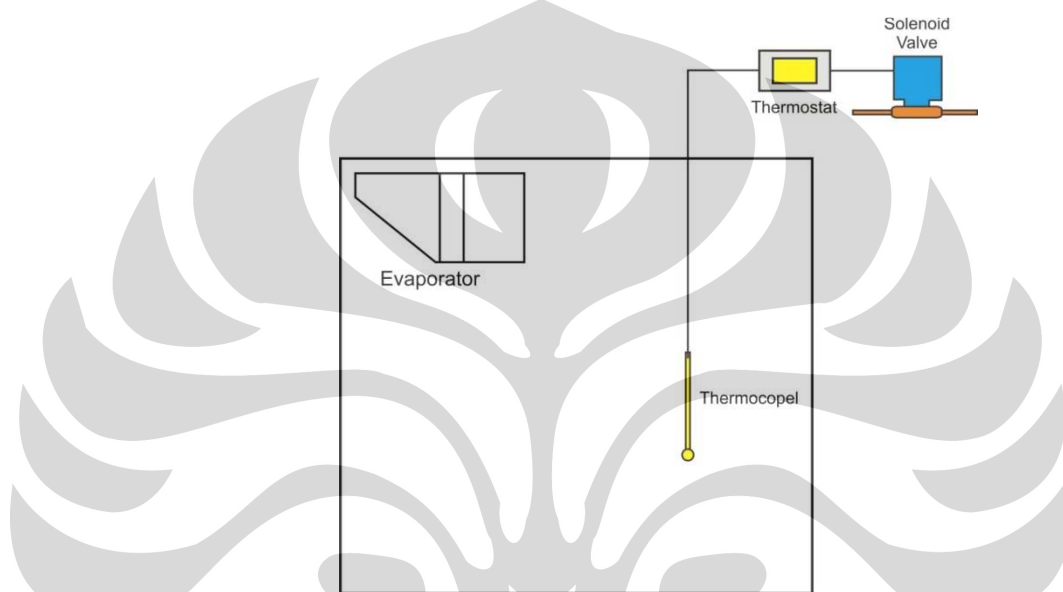
Gambar 3.35. Bagian dalam HLP (coil)

Pada HLP ini bilamana tekanan discharge compressor melebihi tekanan yang diatur pada HLP maka kedua plat yang ada di dalam HLP akan terlepas. Sehingga aliran listrik akan terputus.

Kemudian setelah system telah mencapai temperature yang diinginkan, dan apabila aliran refrigerant terus mengalir maka suhu akan terus turun dan hal ini akan berdampak buruk bagi efisiensi energy serta barang yang sedang didinginkan. Oleh karena itu diperlukan suatu system pengontrol untuk membuka dan menutup aliran refrigerant yang *Solenoid Valve*. Seperti yang terlihat pada gambar 3.34, solenoid valve terhubung dengan thermostat sehingga bila thermostat memberi respon maka solenoid valve akan menutup. Untuk keadaan dimana saat 2 thermostat member respon sehingga kedua solenoid valve tertutup maka secara otomatis compressor akan mati untuk menghindari terjadinya kelebihan

beban. Hal ini dapat dilakukan karena adanya kontaktor yang prinsip kerjanya mirip dengan relay hanya saja arus yang dapat di alirkan lebih besar dari relay biasa.

System control untuk thermostat yang dipergunakan pada cold storage ini mengacu kepada sensor thermocopel yang diletakkan di tengah cold storage seperti ditunjukkan pada gambar berikut:



*Gambar 3.36. Skema peletakan thermocopel pada cold storage*

Saat suhu yang diinginkan tercapai maka thermostat yang terhubung ke Relay akan memamatkan Solenoid Valve sehingga aliran refrigerant akan tertutup. System pada thermostatsama berkeja berdasarkan sensor temperature (bimetal) saat temperature meningkat dan sampai pada batas tertentu maka saklar bimetal akan menempel sehingga system akan kembali menyala.

### **3.4. Komponen dan peralatan tambahan**

Komponen dan peralatan tersebut meliputi:

#### **1. Termocouple**

Merupakan komponen untuk mengukur temperature di suatu titik pada system



*Gambar 3.37. Thermocouple yang dipergunakan*

Titik-titik tempat meletakkan thermocouple tersebut antara lain sebagai berikut:



*Gambar 3.38. Thermocouple pada suction compressor*



*Gambar 3.39. Thermocouple pada discharge compressor*



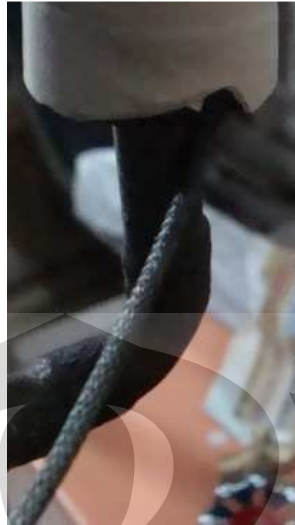
*Gambar 3.40. Thermocouple pada Outlet Kondenser*



*Gambar 3.41. Thermocouple pada inlet TXV*



*Gambar 3.42. Thermocouple pada inlet Evap*



*Gambar 3.43. Thermocouple pada outlet Evap*



*Gambar 3.44. Thermocouple pada udara luar masuk ke condenser*



*Gambar 3.45. Thermocouple pada udara tiup dari condenser*



*Gambar 3.46. Thermocouple pada Room 1*



*Gambar 3.47. Thermocouple pada tiupan Evaporator*

## 2. Charging Hose

Merupakan peralatan untuk mengisi Freon ke dalam system. Untuk system ini Freon yang diisikan sebesar  $\pm 3$  kg.



*Gambar 3.48. Charging Hose*

### 3. Timbangan Digital

Merupakan peralatan untuk mengetahui berapa berat Freon yang dimasukkan ke dalam system dengan menghitung selisih antara berat tabung Freon sebelum dan sesudah diisi.



*Gambar 3.49. Timbangan digital*

### 4. Inverter

Merupakan komponen tambahan yang dipergunakan untuk mengontrol putaran compressor berdasarkan frekuensi arus.





*Gambar 3.50. Inverter*

5. Vacuum Pump

Merupakan peralatan untuk memvakum system sebelum diisi Freon untuk memastikan bahwa tidak ada lagi udara di dalam system.



*Gambar 3.51. Vacuum Pump*

6. Acetilene Torch

Merupakan peralatan untuk menyambung antara pipa-pipa tembaga.



*Gambar 3.52. Thermocouple pada tiupan Evaporator*

#### 7. Pentil

Merupakan komponen yang dipergunakan untuk keperluan mengisi atau mengeluarkan refrigerant dari dalam system.





*Gambar 3.53. Pentil pada Suction*

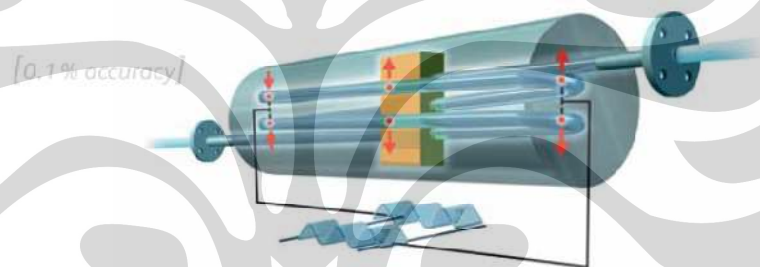
#### 8. Siemens MassFlow Meter

Merupakan komponen khusus untuk mengukur aliran massa yang terjadi di dalam system. MassFlow meter yang dipergunakan ialah keluran Siemens. Mass flow meter ini terdiri dari 2 komponen yaitu mass flow coriolis tube serta mass flow signal converter. Masing-masing dijelaskan dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Mass flow coriolis tube





Dimension	DI 1.5	DI 3, 6, 15, 25, 40
Size [mm]		
Measuring range [kg/h]	0 - 65	0 - 52,000
Version	1 - pipe system	
Materials [wetted]	1.4439 (stainless steel) 2.4602 (Hastelloy C)	
Liquid temperature [°C]	-50 to +125 -50 to +180	-50 to +180
Liquid pressure [bar]	max. 460	max. 430
Enclosure	AISI 316 stainless steel IP 65	
Ex-approval	EEx ia II C T3 - T6	

*Gambar 3.54. Mass flow coriolis tube specifications*



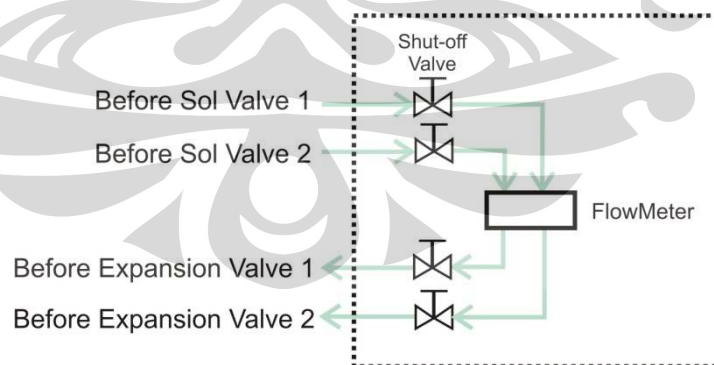
*Gambar 3.55. Ilustrasi kerja Mass flow coriolis tube*

- Mass flow signal converter (Compact IP 67)

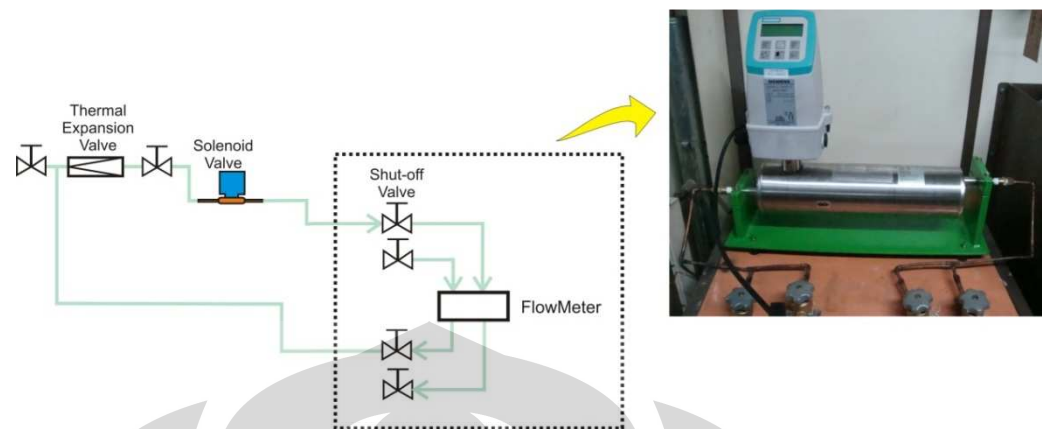
Signal converters	Compact IP 67	19" IP 20 standard version	19" IP 20 with extended outputs	Compact Ex-d
				
<b>Mounting</b>	Compact on sensor or wall mounting	19" panel mounting or wall mounting		Compact on sensor or wall mounting
<b>Materials</b>	Polyamid	Aluminium		AISI 316
<b>Output facilities</b>	1 current 1 frq./pulse 1 relay	1 current 1 frq./pulse 1 relay	3 current 2 frq./pulse 2 relay	1 current 1 frq./pulse 1 relay
<b>Input facilities</b>	1 digital	1 digital	1 digital	1 digital
<b>Display</b>	3 lines 20 characters alphanumeric LCD display			
<b>Communication facilities</b>	Prepared for Siemens Flow Instruments add-on communication module (HART®, Profibus DP, Profibus PA, DeviceNet, CANopen)			
<b>Measurement parameters</b>	Mass flow rate, total mass, density, temperature, volumetric flow rate, total volume, fraction flow, %fraction, total fraction			
<b>Accuracy</b>	0.1% of actual flow			
<b>Ex-approval</b>		[EEx ia] IIC		EEx de [ia/b] IIC
<b>Supply voltage</b>		24 V d.c./a.c., 50-60 Hz 115/230 V a.c., 50-60 Hz		24 V d.c./a.c., 50-60 Hz

Gambar 3.56. Spesifikasi Mass flow Signal Converter

Skema instalasi dengan menggunakan massflow meter adalah sebagai berikut:



Gambar 3.57. Skema sederhana instalasi FlowMeter



*Gambar 3.58. Instalasi FlowMeter pada sistem*



## BAB 4

### PERHITUNGAN SISTEM PENDINGIN

#### 4.1 Variasi Kondisi

Variasi data ini ialah data yang diperoleh dengan menggunakan variasi tata letak evaporator yaitu sebagai berikut:



*Gambar 4.1. Posisi evaporator sebelum dibalik*



*Gambar 4.2. Posisi evaporator setelah dibalik*

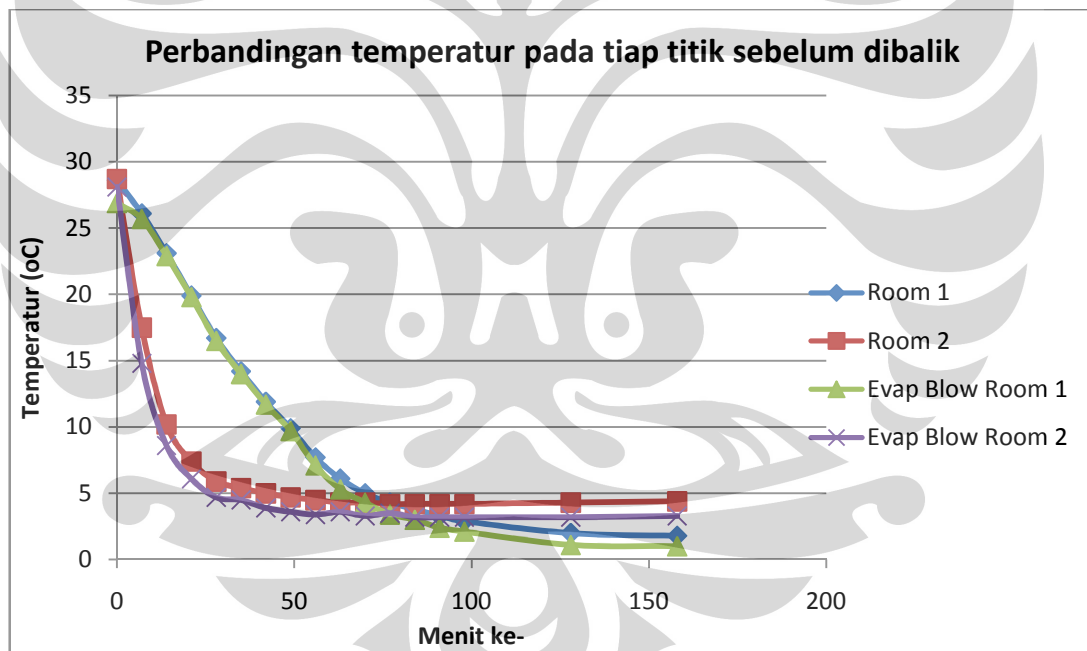
##### 4.1.1. Data menggunakan Room 1 TXV dan Room 2 TXV

Data ini merupakan data yang diambil dengan menggunakan variasi katup ekspansi yaitu sepasang Thermal Expansion Valves.

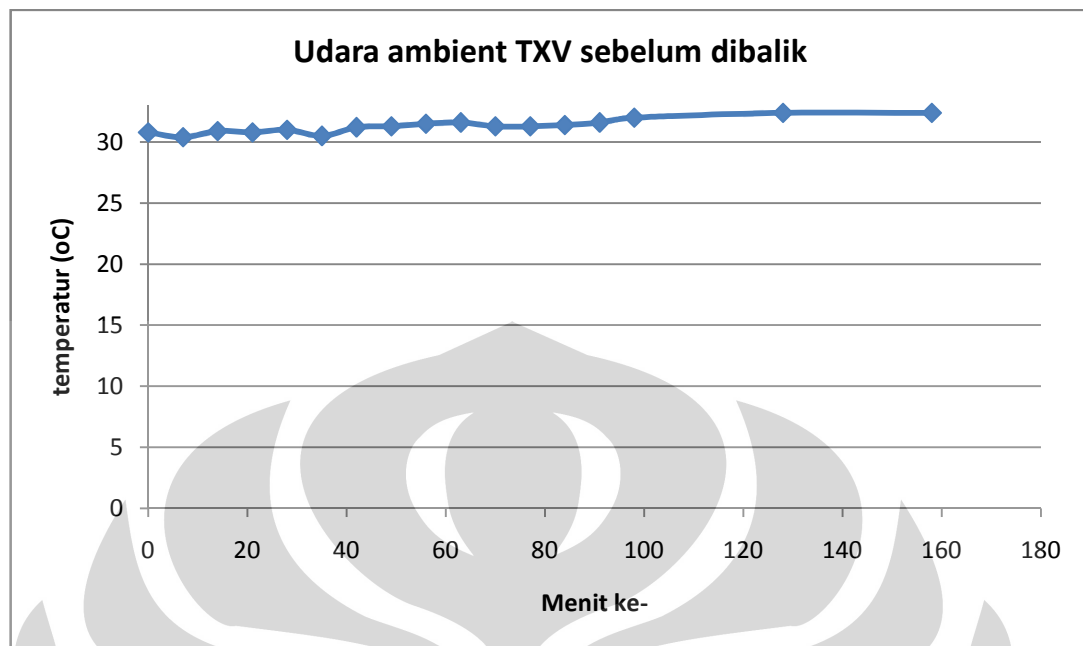


Gambar 4.3. Kondisi Running TXV dengan TXV

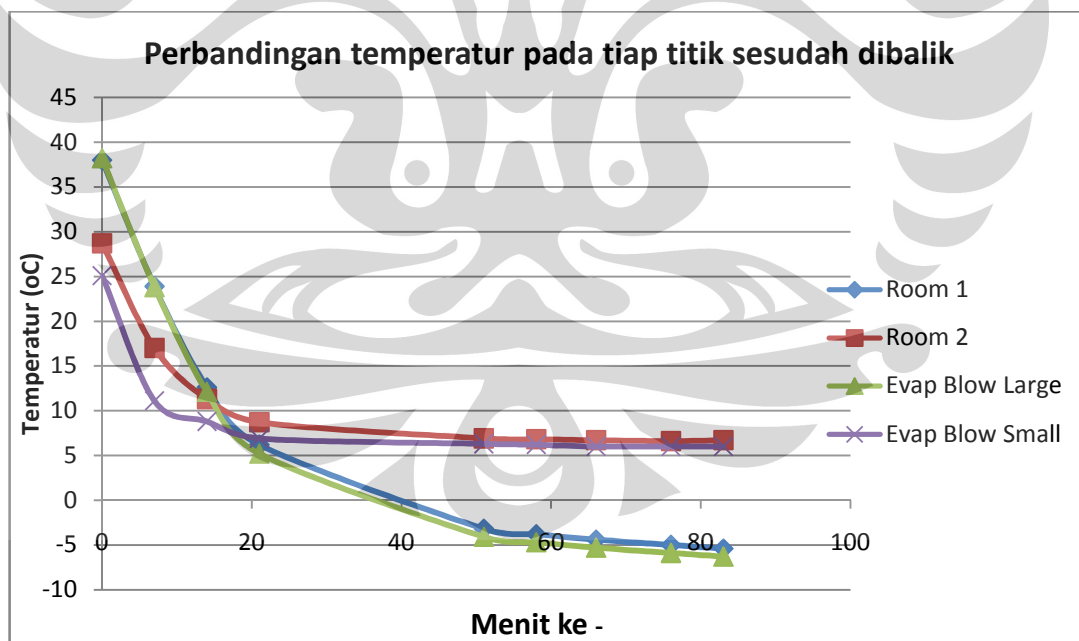
Data saat menggunakan TXV + TXV pada posisi evaporator sebelum dan sesudah, digambarkan dalam grafik ialah sebagai berikut:



Gambar 4.4. Grafik hubungan antara waktu dan temperature (TXV + TXV sebelum dibalik)

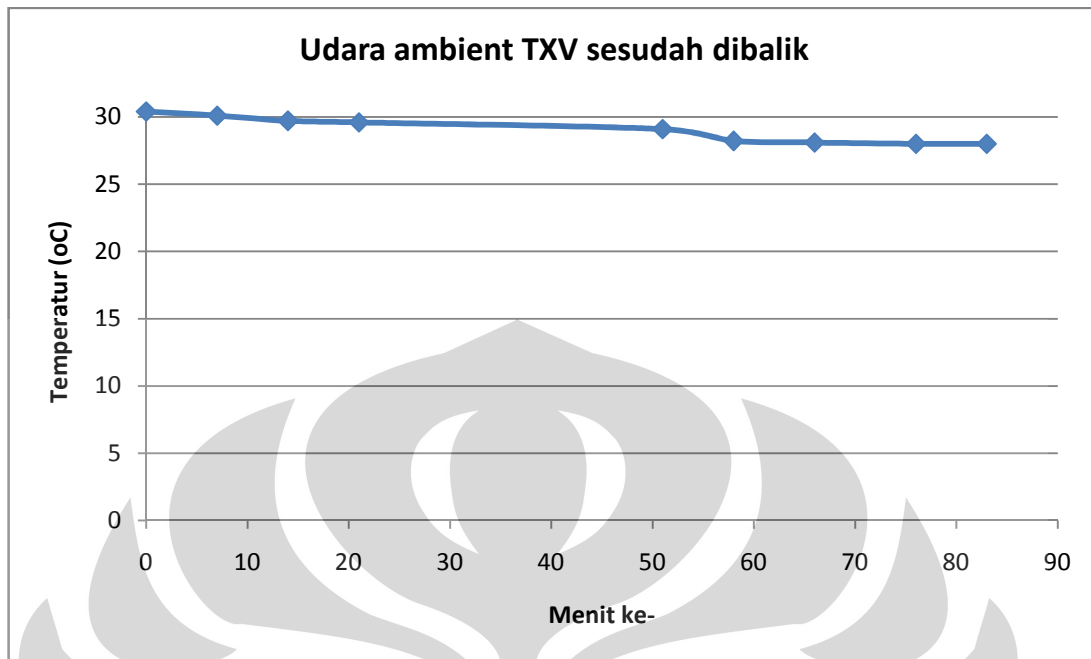


Gambar 4.5. Grafik hubungan antara waktu dan temperature (udara ambient sebelum dibalik)



Gambar 4.6. Grafik hubungan antara waktu dan temperature (TXV + TXV sesudah dibalik)





Gambar 4.7. Grafik hubungan antara waktu dan temperature (udara ambient sesudah dibalik)

Terlihat dari grafik di atas bahwa kestabilan system lebih cepat tercapai saat posisi evaporator sesudah dibalik. Pada saat evaporator sebelum dibalik kestabilan suhu mulai tercapai saat menit ke 158 sedangkan pada saat evaporator sesudah dibalik kestabilan tercapai saat mencapai menit ke 83.

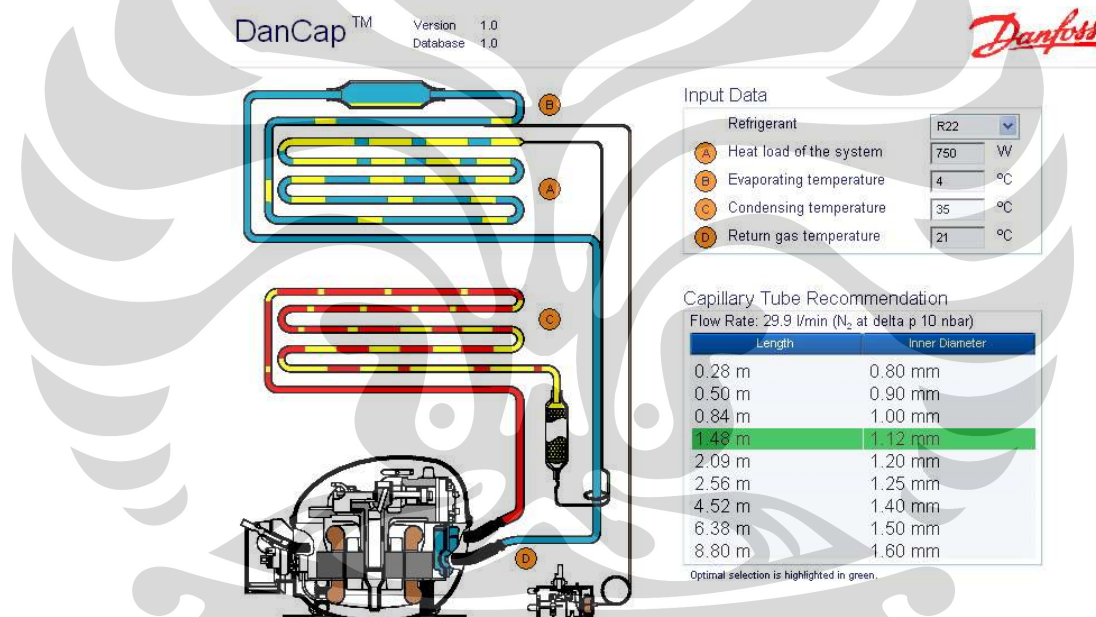
#### 4.1.2. Data menggunakan Room 1 Kapiler panjang & Room 2 kapiler panjang

Data ini merupakan data yang diambil dengan menggunakan variasi katup ekspansi yaitu sepasang Thermal Expansion Valves.



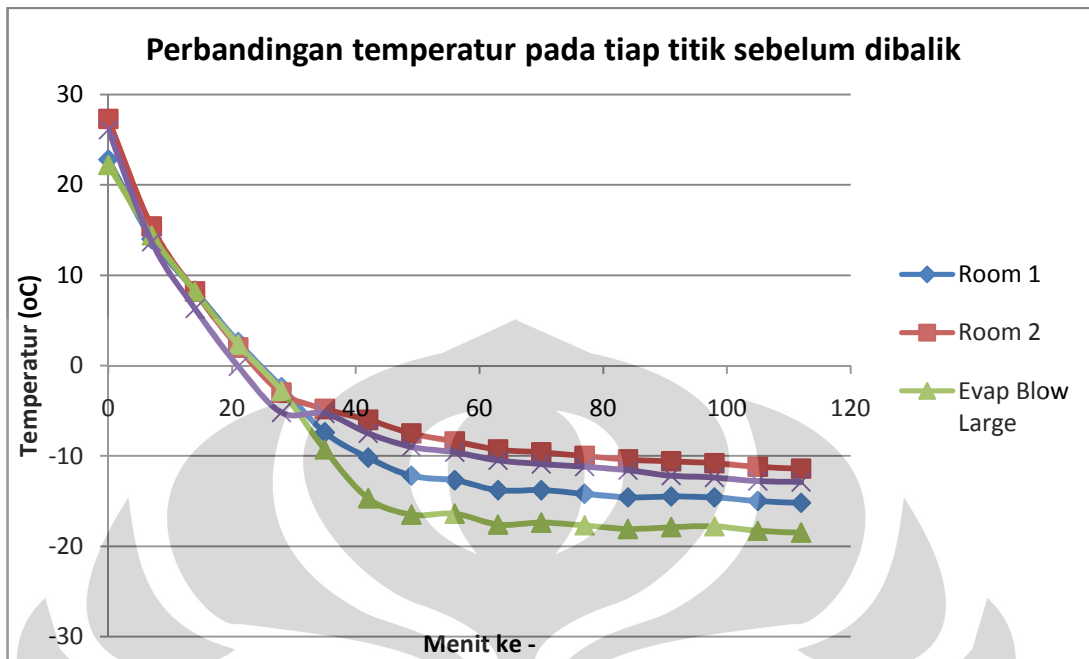
Gambar 4.8. Kondisi Running Kapiler panjang dengan kapiler panjang

Dimana pipa kapiler panjang yang dipergunakan memiliki karakteristik sebagai berikut:

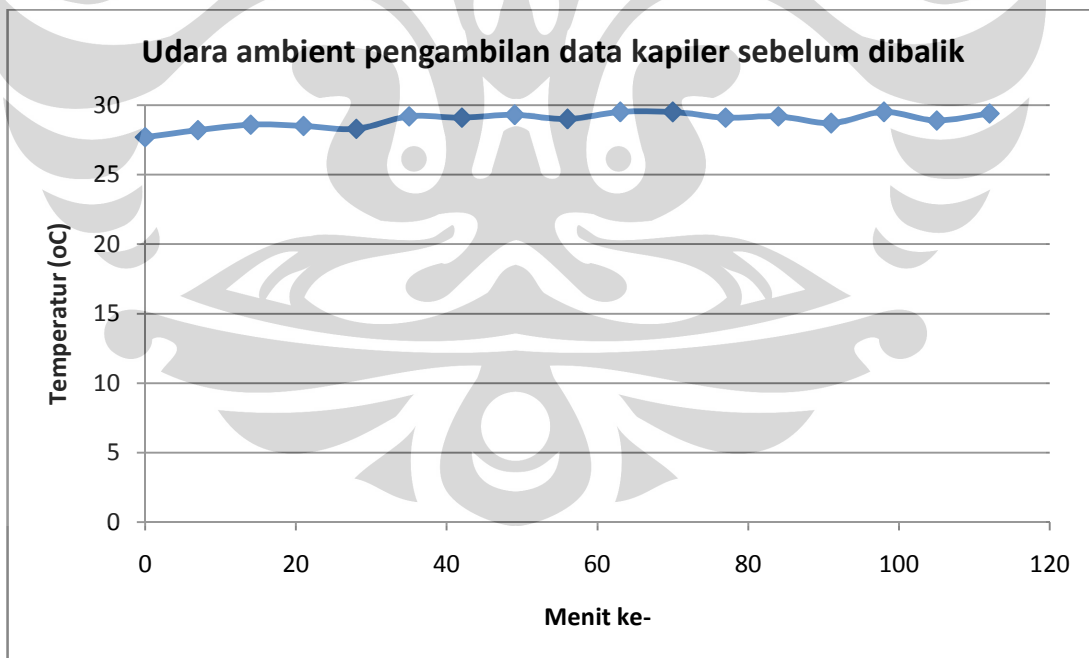


Gambar 4.9. karakteristik pemilihan pipa kapiler panjang (sumber: Danfoss Redistributable software DanCap V1.0)

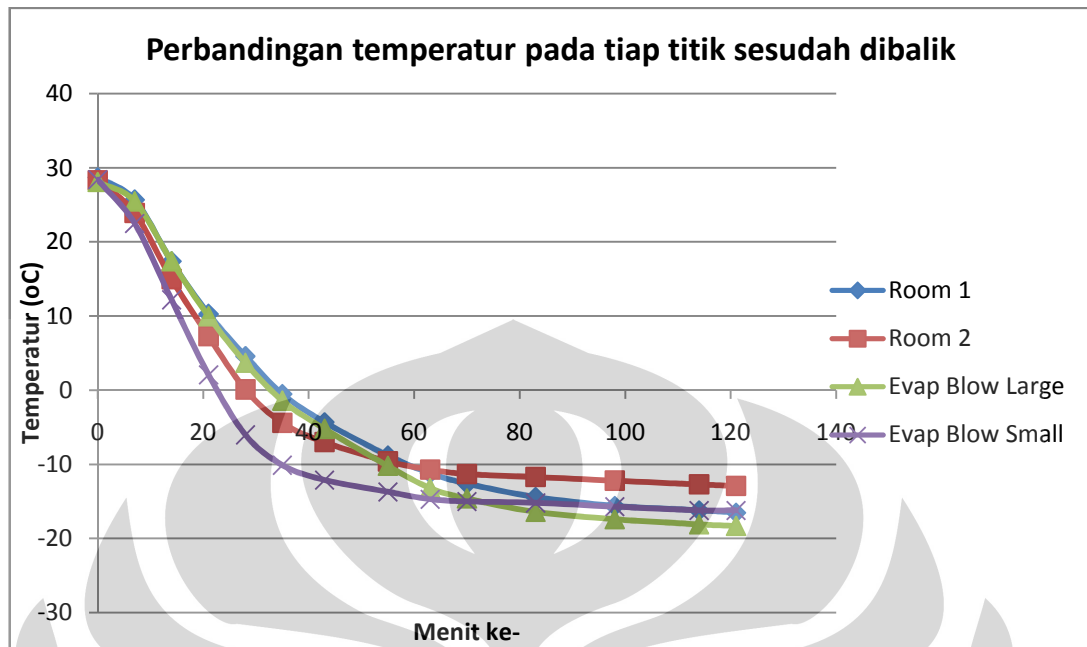
Data saat menggunakan Kapiler Panjang + Kapiler Panjang pada posisi evaporator sebelum & sesudah, digambarkan dalam grafik ialah sebagai berikut:



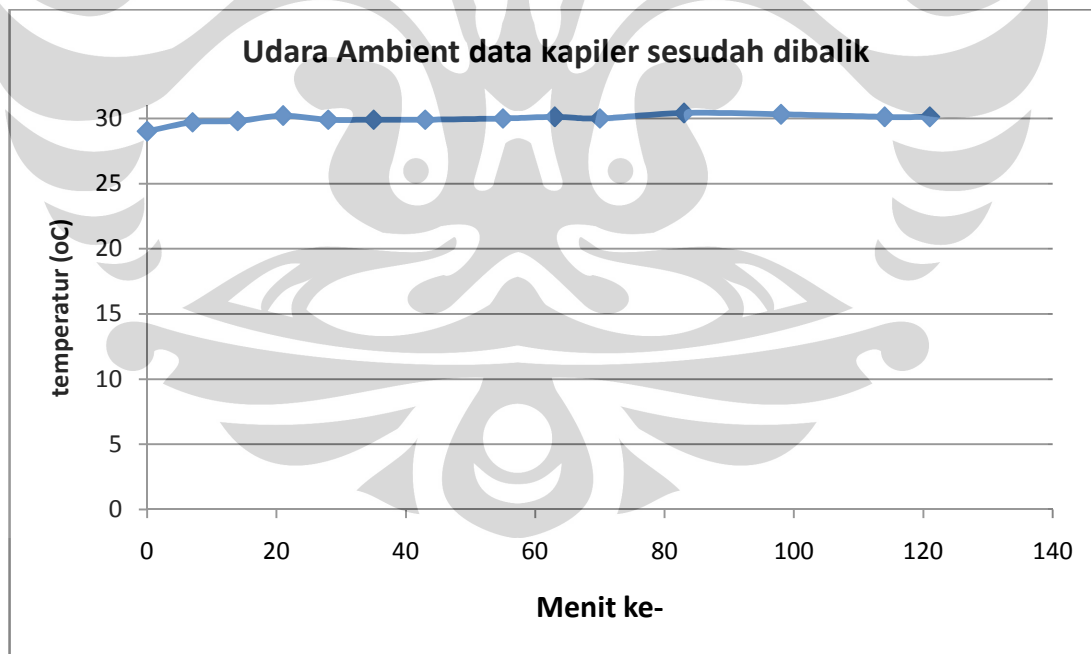
*Gambar 4.10. Grafik hubungan antara waktu dan temperature (Kapiler Panjang + Kapiler Panjang sebelum dibalik)*



*Gambar 4.11. Grafik hubungan antara waktu dan temperature (udara ambient sebelum dibalik)*



*Gambar 4.12. Grafik hubungan antara waktu dan temperature (Kapiler Panjang + Kapiler Panjang sesudah dibalik)*



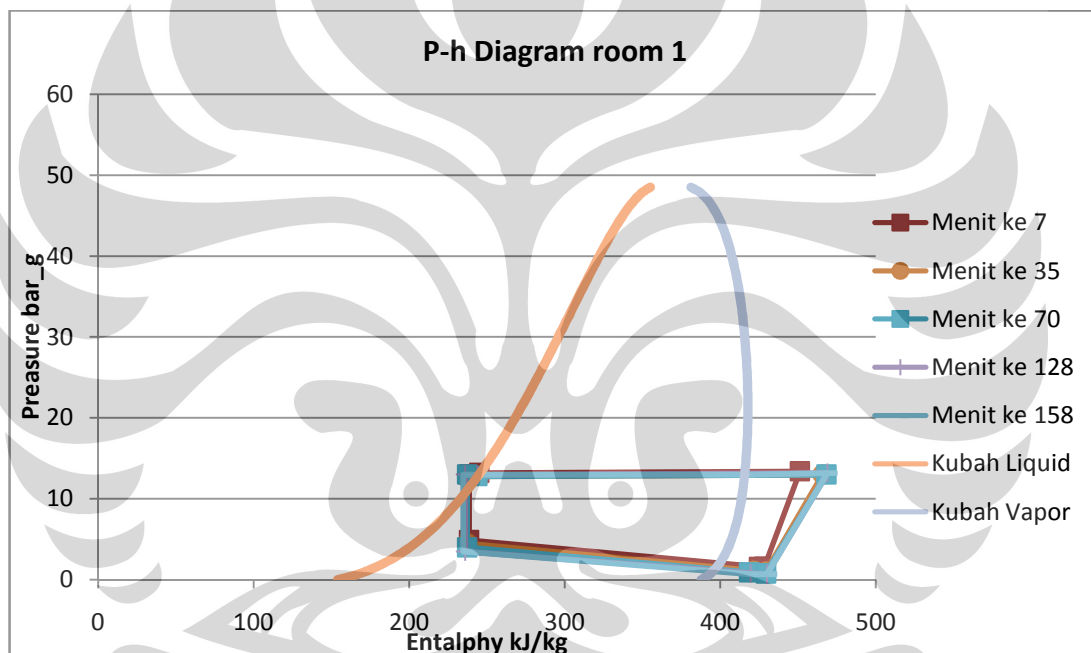
*Gambar 4.13. Grafik hubungan antara waktu dan temperature (udara ambient sesudah dibalik)*

Terlihat dari grafik di atas bahwa kestabilan system tidak terlalu berbeda jauh antara sebelum dan sesudah dibalik, karena pada pipa kapiler aliran refrigerant tidak dikontrol melalui bukaan katup melainkan mengalir penuh. Saat sebelum dibalik kestabilan mulai tercapai saat menit ke 112 dan saat sesudah dibalik tercapai saat menit ke 121.

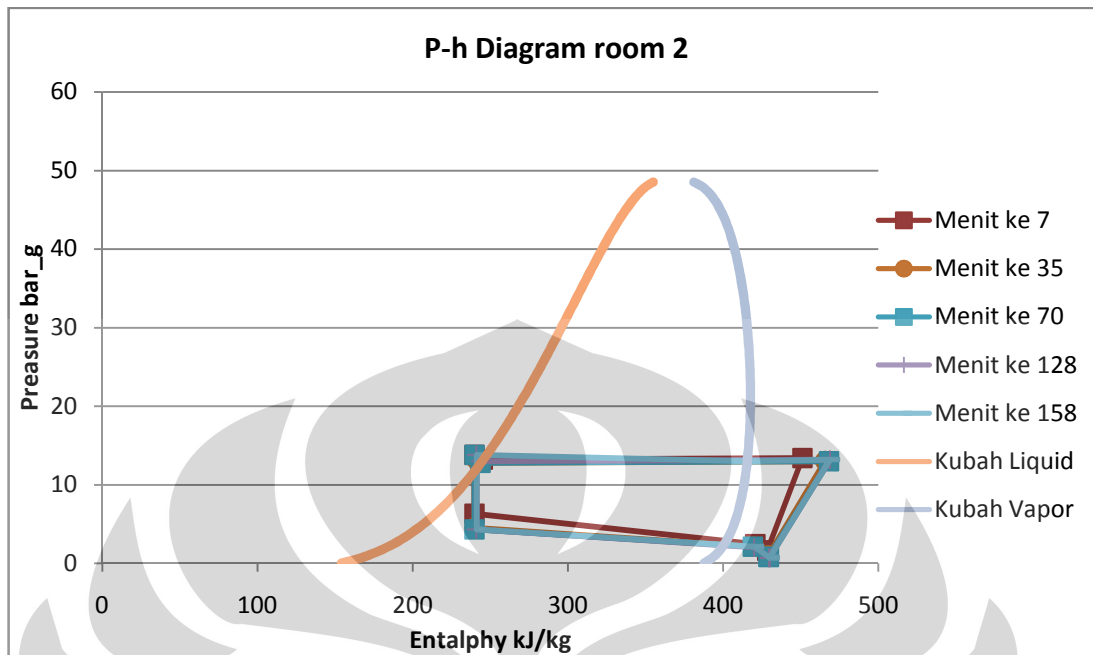
## 4.2 Analisa data system pendinginan

### 4.2.1 Konversi data ke P-h Diagram

#### 4.2.1.1. Room 1 TXV dan Room 2 TXV, sebelum dibalik



Gambar 4.14. P-h diagram room 1 (TXV + TXV sebelum dibalik)



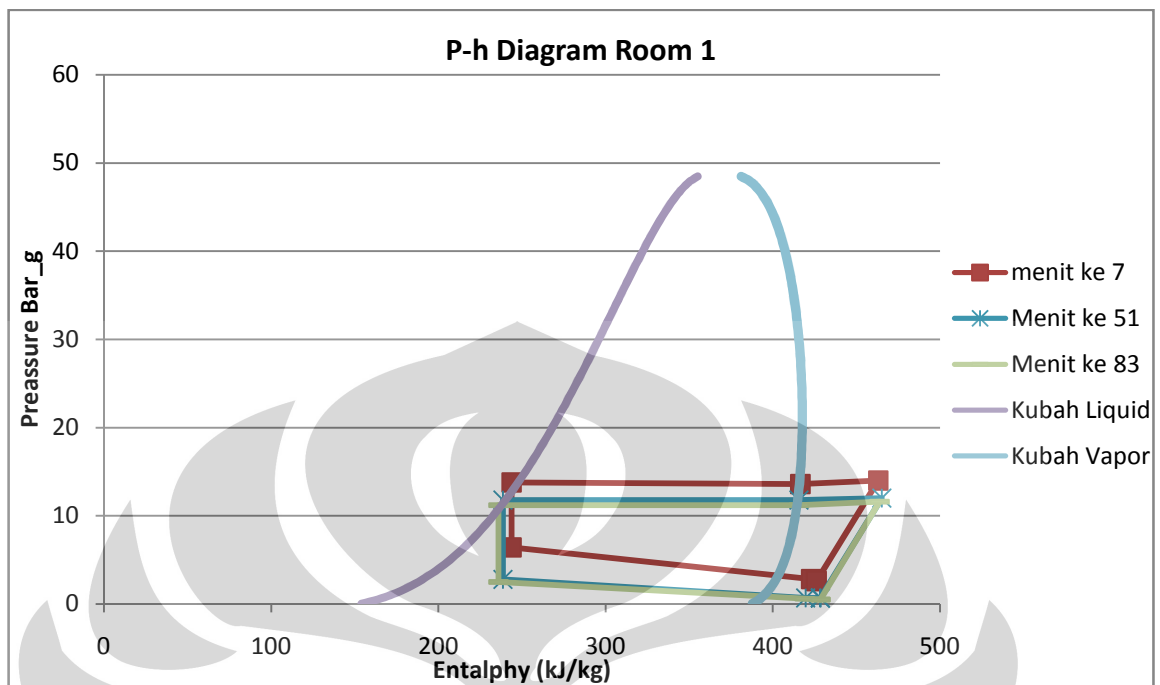
Gambar 4.15. P-h diagram room 2 (TXV + TXV sebelum dibalik)

Secara singkat data-data tersebut dapat dijabarkan dalam table sebagai berikut:

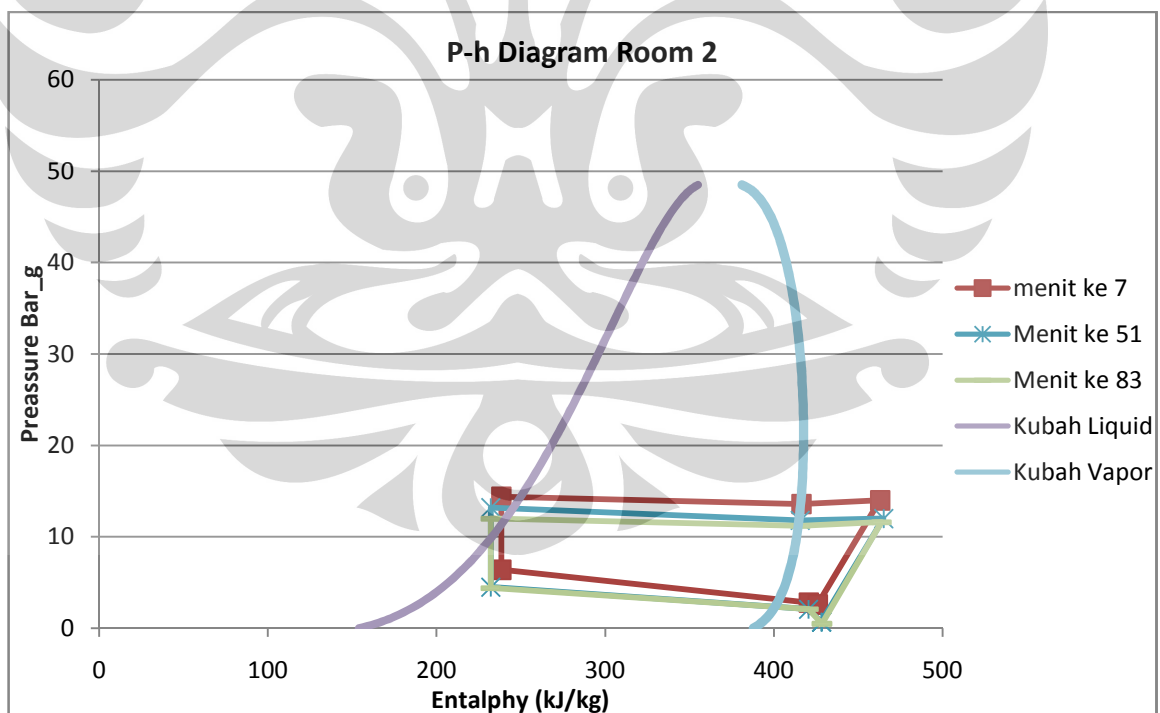
Menit ke	Entalphy (kJ/kg)						m1 + m2	Kompresso r (Δh)	m1	Evap Large (Δh)	m2	Evap Small (Δh)	W Komp	Q large	Q small	COP
	Suction	Discharge	Sebelum Evap Large	Sesudah Evap Large	Sebelum Evap Small	Sesudah Evap Small										
0	428.79	432	239.82	426.83	239.8	425.45	0.00422	3.21	0.00253	187.01	0.00169	185.65	0.01355	0.47314	0.31375	58.09
7	428.4	451.12	238.53	424.78	239.81	420.74	0.00422	22.72	0.00253	186.25	0.00169	180.93	0.09588	0.47121	0.30577	8.10
14	428.71	458.85	238.53	423.74	239.81	419.7	0.00422	30.14	0.00253	185.21	0.00169	179.89	0.12719	0.46858	0.30401	6.07
21	428.99	462.16	238.53	423.22	239.81	419.7	0.00422	33.17	0.00253	184.69	0.00169	179.89	0.13998	0.46727	0.30401	5.51
28	429.14	464.64	238.53	422.19	239.81	419.7	0.00422	35.5	0.00253	183.66	0.00169	179.89	0.14981	0.46466	0.30401	5.13
35	429.22	465.67	237.25	421.52	239.81	419.87	0.00422	36.45	0.00253	184.27	0.00169	180.06	0.15382	0.4662	0.3043	5.01
42	428.94	467.94	238.53	421.02	239.81	419.18	0.00422	39	0.00253	182.49	0.00169	179.37	0.16458	0.4617	0.30314	4.65
49	429.01	468.77	237.25	419.68	239.81	419.18	0.00422	39.76	0.00253	182.43	0.00169	179.37	0.16779	0.46155	0.30314	4.56
56	429.01	469.59	237.25	419.02	239.81	419.18	0.00422	40.58	0.00253	181.77	0.00169	179.37	0.17125	0.45988	0.30314	4.46
63	429.09	468.77	237.25	419.19	239.81	419.18	0.00422	39.68	0.00253	181.94	0.00169	179.37	0.16745	0.46031	0.30314	4.56
70	429.3	468.14	237.25	418.52	239.81	419.18	0.00422	38.84	0.00253	181.27	0.00169	179.37	0.1639	0.45861	0.30314	4.65
77	429.37	468.14	237.25	418.69	239.81	419.18	0.00422	38.77	0.00253	181.44	0.00169	179.37	0.16361	0.45904	0.30314	4.66
84	429.3	468.97	238.53	418.03	239.81	418.49	0.00422	39.67	0.00253	179.5	0.00169	178.68	0.16741	0.45414	0.30197	4.52
91	429.23	468.97	239.82	418.03	239.81	418.49	0.00422	39.74	0.00253	178.21	0.00169	178.68	0.1677	0.45087	0.30197	4.49
98	429.44	468.77	239.82	418.03	241.1	418.49	0.00422	39.33	0.00253	178.21	0.00169	177.39	0.16597	0.45087	0.29979	4.52
128	429.85	468.77	235.97	419.35	241.1	420.03	0.00422	38.92	0.00253	183.38	0.00169	178.93	0.16424	0.46395	0.30239	4.67
158	429.85	468.77	234.7	419.52	241.1	419.87	0.00422	38.92	0.00253	184.82	0.00169	178.77	0.16424	0.46759	0.30212	4.69

Table 4.1. Tabel data COP (TXV + TXV sebelum dibalik)

4.2.1.2. Room 1 TXV dan Room 2 TXV, sesudah dibalik



Gambar 4.16. P-h diagram room 1 (TXV + TXV sesudah dibalik)



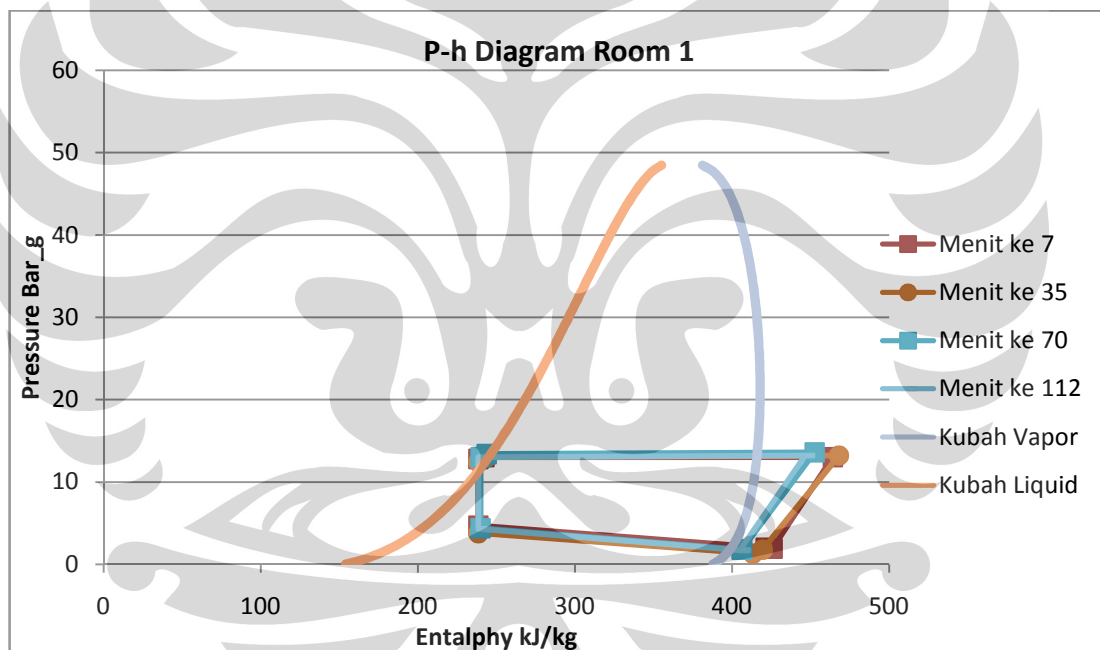
Gambar 4.17. P-h diagram room 2 (TXV + TXV sesudah dibalik)

Secara singkat data-data tersebut dapat dijabarkan dalam table sebagai berikut:

Menit ke	Entaphy (kJ/kg)						m1 + m2	Kompresor ( $\Delta h$ )	m1	Evap Large ( $\Delta h$ )	m2	Evap Small ( $\Delta h$ )	W Komp	Q large	Q small	COP
	Suction	Discharge	Sebelum Evap Large	Sesudah Evap Large	Sebelum Evap Small	Sesudah Evap Small										
0	426.75	458.52	246.32	426.72	241.08	421.88	0.00378	31.77	0.00217	180.4	0.00161	180.8	0.12009	0.39147	0.29109	5.68
7	425.99	462.97	243.7	422.87	238.51	420.77	0.00378	36.98	0.00217	179.17	0.00161	182.26	0.13978	0.3888	0.29344	4.88
14	426.7	466.09	242.41	419.7	235.96	421.08	0.00378	39.39	0.00217	177.29	0.00161	185.12	0.14889	0.38472	0.29804	4.59
21	427.13	465.47	241.12	419.52	234.7	420.39	0.00378	38.34	0.00217	178.4	0.00161	185.69	0.14493	0.38713	0.29896	4.73
51	428.31	465.06	238.54	419.52	232.17	420.55	0.00378	36.75	0.00217	180.98	0.00161	188.38	0.13892	0.39273	0.30329	5.01
58	428.39	465.26	237.26	419.03	232.17	420.55	0.00378	36.87	0.00217	181.77	0.00161	188.38	0.13937	0.39444	0.30329	5.01
66	428.39	464.66	237.26	418.86	232.17	420.72	0.00378	36.27	0.00217	181.6	0.00161	188.55	0.1371	0.39407	0.30357	5.09
76	428.25	464.66	237.26	419.03	232.17	420.39	0.00378	36.41	0.00217	181.77	0.00161	188.22	0.13763	0.39444	0.30303	5.07
83	428.53	463.84	235.98	419.03	232.17	420.55	0.00378	35.31	0.00217	183.05	0.00161	188.38	0.13347	0.39722	0.30329	5.25

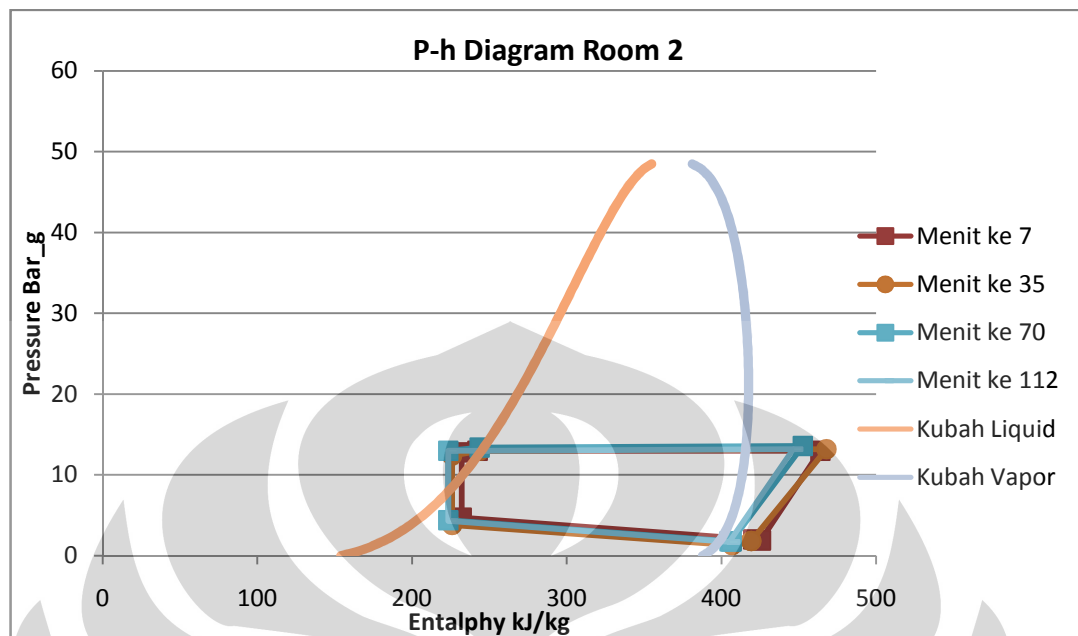
Table 4.2. Tabel data COP (TXV + TXV sesudah dibalik)

#### 4.2.1.3. Room 1 Kapiler panjang dan Room 2 kapiler panjang, sebelum dibalik



Gambar 4.18. P-h diagram room 1 (Kapiler panjang + Kapiler panjang sebelum dibalik)





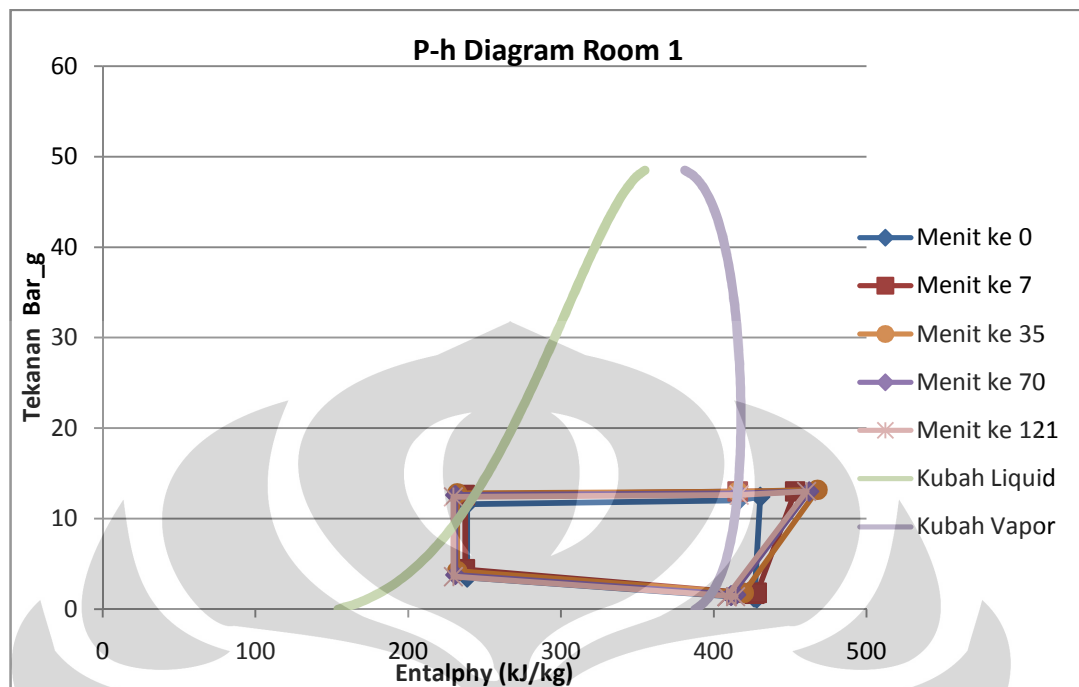
Gambar 4.19. P-h diagram room 2 (Kapiler panjang + Kapiler panjang sebelum dibalik)

Secara singkat data-data tersebut dapat dijabarkan dalam table sebagai berikut:

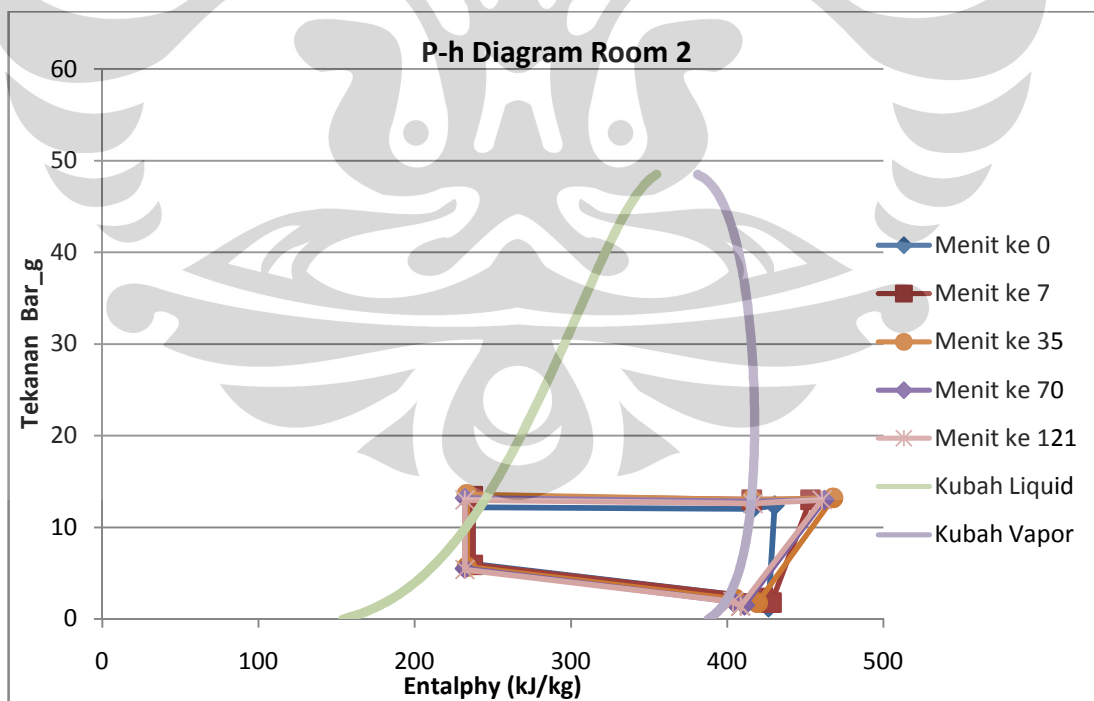
Menit ke	Entalphy (kJ/kg)						m1 + m2	Kompresor ( $\Delta h$ )	m1	Evap Large ( $\Delta h$ )	m2	Evap Small ( $\Delta h$ )	W Komp	Q large	Q small	COP
	Suction	Discharge	Sebelum Evap Large	Sesudah Evap Large	Sebelum Evap Small	Sesudah Evap Small										
0	427.38	453.86	238.52	424.31	234.69	424.21	0.00999	26.48	0.00505	185.79	0.00494	189.52	0.26454	0.93824	0.93623	7.09
7	425.55	464.02	238.53	421.41	232.17	420.74	0.00999	38.47	0.00505	182.88	0.00494	188.57	0.38432	0.92354	0.93154	4.83
14	424.29	466.71	238.53	418.67	230.91	417.97	0.00999	42.42	0.00505	180.14	0.00494	187.06	0.42378	0.90971	0.92408	4.33
21	423.01	468.77	238.53	416.61	229.66	414.52	0.00999	45.76	0.00505	178.08	0.00494	184.86	0.45714	0.8993	0.91321	3.96
28	419.59	469.59	238.53	413.39	227.17	407.13	0.00999	50	0.00505	174.86	0.00494	179.96	0.4995	0.88304	0.889	3.55
35	419.42	467.94	238.53	413.16	225.93	406.92	0.00999	48.52	0.00505	174.63	0.00494	180.99	0.48471	0.88188	0.89409	3.66
42	408.57	466.71	239.81	406.61	224.7	405.54	0.00999	58.14	0.00505	166.8	0.00494	180.84	0.58082	0.84234	0.89335	2.99
49	407.56	463.61	238.53	406.61	224.7	405.75	0.00999	56.05	0.00505	168.08	0.00494	181.05	0.55994	0.8488	0.89439	3.11
56	407.22	458.63	239.82	405.93	223.47	405.06	0.00999	51.41	0.00505	166.11	0.00494	181.59	0.51359	0.83886	0.89705	3.38
63	406.55	456.13	239.82	406.14	223.47	405.28	0.00999	49.58	0.00505	166.32	0.00494	181.81	0.4953	0.83992	0.89814	3.51
70	406.35	452.55	239.82	406.14	223.47	405.28	0.00999	46.2	0.00505	166.32	0.00494	181.81	0.46154	0.83992	0.89814	3.77
77	406.01	451.12	239.82	405.47	223.47	405.28	0.00999	45.11	0.00505	165.65	0.00494	181.81	0.45065	0.83653	0.89814	3.85
84	405.88	449.44	238.53	405.47	224.7	405.28	0.00999	43.56	0.00505	166.94	0.00494	180.58	0.43516	0.84305	0.89207	3.99
91	405.62	447.76	239.82	405.47	223.47	404.6	0.00999	42.14	0.00505	165.65	0.00494	181.13	0.42098	0.83653	0.89478	4.11
98	405.14	446.91	239.82	405.47	223.47	405.5	0.00999	41.77	0.00505	165.65	0.00494	182.03	0.41728	0.83653	0.89923	4.16
105	405.01	446.91	239.82	405.68	223.47	405.5	0.00999	41.9	0.00505	165.86	0.00494	182.03	0.41858	0.83759	0.89923	4.15
112	404.88	446.33	238.53	405.68	223.47	405.5	0.00999	41.45	0.00505	167.15	0.00494	182.03	0.41409	0.84411	0.89923	4.21

Table 4.3. Tabel data COP (Kapiler panjang + Kapiler panjang sebelum dibalik)

#### 4.2.1.4. Room 1 Kapiler panjang dan Room 2 kapiler panjang, sesudah dibalik



Gambar 4.20. P-h diagram room 1 (Kapiler panjang + Kapiler panjang sesudah dibalik)



Gambar 4.21. P-h diagram room 2 (Kapiler panjang + Kapiler panjang sesudah dibalik)

Secara singkat data-data tersebut dapat dijabarkan dalam table sebagai berikut:

Menit ke	Entaphy (kJ/kg)						m1 + m2	Kompresor ( $\Delta h$ )	m1	Evap Large ( $\Delta h$ )	m2	Evap Small ( $\Delta h$ )	W Komp	Q large	Q small	COP
	Suction	Discharge	Sebelum Evap Large	Sesudah Evap Large	Sebelum Evap Small	Sesudah Evap Small										
0	426.6	430.45	238.54	428.11	237.25	426.61	0.00753	3.85	0.00423	189.57	0.0033	189.36	0.02899	0.801881	0.624888	49.22
7	428.24	453.27	237.25	426.68	237.24	422.98	0.00753	25.03	0.00423	189.43	0.0033	185.74	0.188476	0.801289	0.612942	7.50
14	427.05	461.12	237.25	423.47	235.96	419.36	0.00753	34.07	0.00423	186.22	0.0033	183.4	0.256547	0.787711	0.60522	5.43
21	425.94	465.06	237.25	421.41	235.96	416.77	0.00753	39.12	0.00423	184.16	0.0033	180.81	0.294574	0.778997	0.596673	4.67
28	424.52	467.94	234.7	419.35	234.69	411.95	0.00753	43.42	0.00423	184.65	0.0033	177.26	0.326953	0.78107	0.584958	4.18
35	419.55	467.94	232.17	417.65	233.43	405.28	0.00753	48.39	0.00423	185.48	0.0033	171.85	0.364377	0.78458	0.567105	3.71
43	415.27	466.29	232.17	417.14	233.43	404.82	0.00753	51.02	0.00423	184.97	0.0033	171.39	0.384181	0.782423	0.565587	3.51
55	411.67	464.85	230.91	415.79	232.17	404.35	0.00753	53.18	0.00423	184.88	0.0033	172.18	0.400445	0.782042	0.568194	3.37
63	411.33	463.2	230.91	415.29	232.17	403.9	0.00753	51.87	0.00423	184.38	0.0033	171.73	0.390581	0.779927	0.566709	3.45
70	411.25	462.37	230.91	414.62	232.17	403.9	0.00753	51.12	0.00423	183.71	0.0033	171.73	0.384934	0.777093	0.566709	3.49
83	410.31	461.55	230.91	414.8	232.17	403.9	0.00753	51.24	0.00423	183.89	0.0033	171.73	0.385837	0.777855	0.566709	3.48
98	409.18	461.55	229.66	414.13	232.17	403.9	0.00753	52.37	0.00423	184.47	0.0033	171.73	0.394346	0.780308	0.566709	3.42
114	408.78	460.72	229.66	414.31	232.17	403.9	0.00753	51.94	0.00423	184.65	0.0033	171.73	0.391108	0.78107	0.566709	3.45
121	408.71	460.72	229.66	414.31	232.17	403.9	0.00753	52.01	0.00423	184.65	0.0033	171.73	0.391635	0.78107	0.566709	3.44

Table 4.4. Tabel data COP (Kapiler panjang + Kapiler panjang sesudah dibalik)

### 4.3 Perbandingan data MassFlow yang diperoleh antara pengukuran dengan MassFlow meter dan perhitungan dengan Melihat arus listrik

Untuk data massflow yang diperoleh dengan menggunakan massflow meter ialah sebagai berikut:

	m1 (kg/s)	m2 (kg/s)	m1+m2 (kg/s)	Kompresor ( $\Delta h$ ) (kJ/kg)	Kerja Kompresor (kW)
Kapiler panjang sebelum	0.00505	0.00494	0.00999	41.45	0.4140855
Kapiler panjang sesudah	0.00423	0.0033	0.00753	52.01	0.3916353
TXV sebelum	0.00253	0.00169	0.00422	37.3	0.157406
TXV sesudah	0.00217	0.00161	0.00378	33.7	0.127386

Table 4.5. Tabel MassFlow dan kerja kompresor

Sedangkan pengambilan data dengan tang Ampere adalah sebagai berikut:

	Arus (ampere)	Tegangan (V)	Daya komp (W)	Kerja Kompresor (kW)
Kapiler panjang sebelum	4.1	160	656	0.4264
Kapiler panjang sesudah	3.51	160	561.6	0.36504
TXV sebelum	3.2	160	512	0.3328
TXV sesudah	2.56	160	409.6	0.26624

Table 4.6. Tabel daya yang dikonsumsi kompresor

Dengan mengasumsikan efisiensi compressor adalah 65%.

Tetapi dengan mengkorelasikan data ampere yang diukur dengan nilai mass flow actual yang diukur dengan flow meter maka dapat diperoleh korelasi guna mendapatkan nilai efisiensi compressor, yaitu sebagai berikut:

	Daya komp (W)	Kerja Kompresor (W)	Efisiensi Komp (%)
Kapiler panjang sebelum	656	414.0855	63.12278963
Kapiler panjang sesudah	561.6	391.6353	69.73563034
TXV sebelum	512	157.406	30.74335938
TXV sesudah	409.6	127.386	31.10009766

*Table 4.7. Tabel hubungan antara kerja yang dilakukan dan daya yang dikonsumsi kompresor*

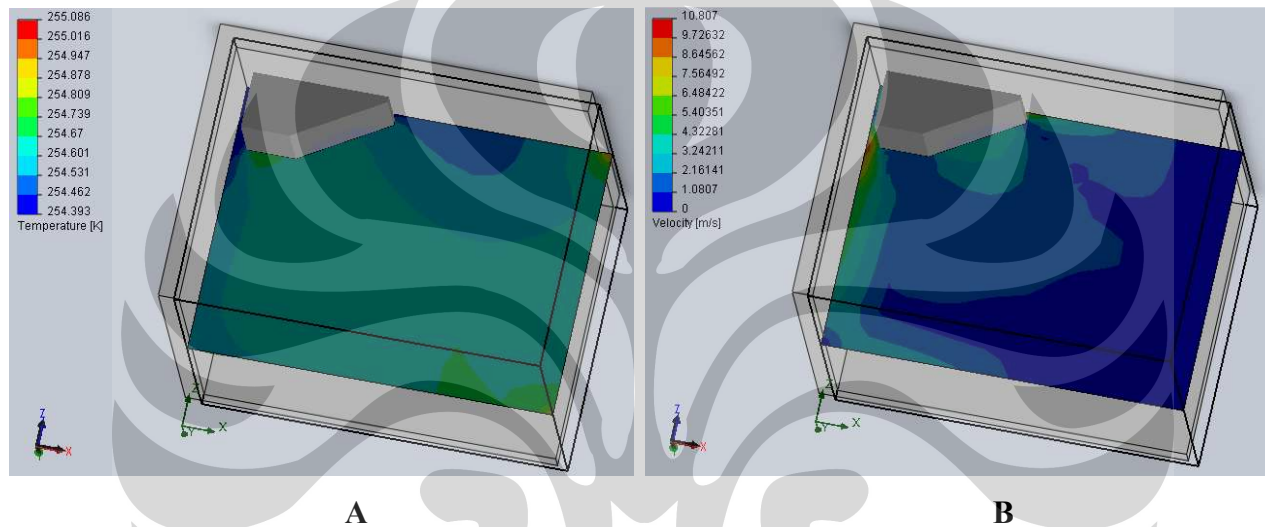


## BAB 5

### SIMULASI ALIRAN UDARA

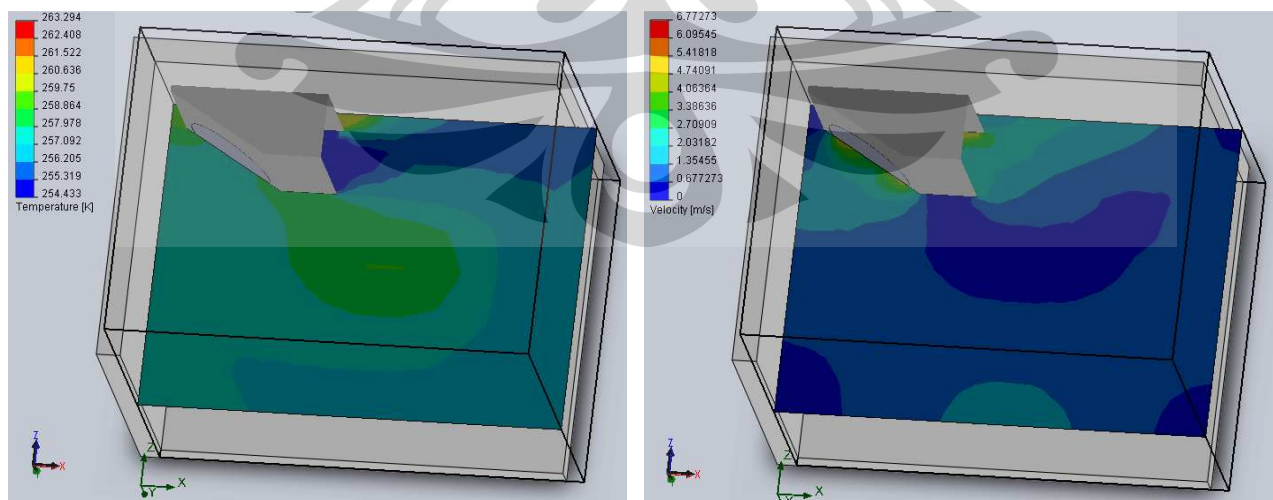
Dengan menggunakan Add Ons dari software 3D modeling, Solid Works yaitu Flow-Simulation dapat disimulasikan aliran udara di dalam cold storage sebagai berikut:

**Sebelum evaporator dibalik**



*Gambar 5.1. simulasi aliran udara sebelum dibalik. A-Temperature, B-Velocity*

**Sesudah evaporator dibalik**

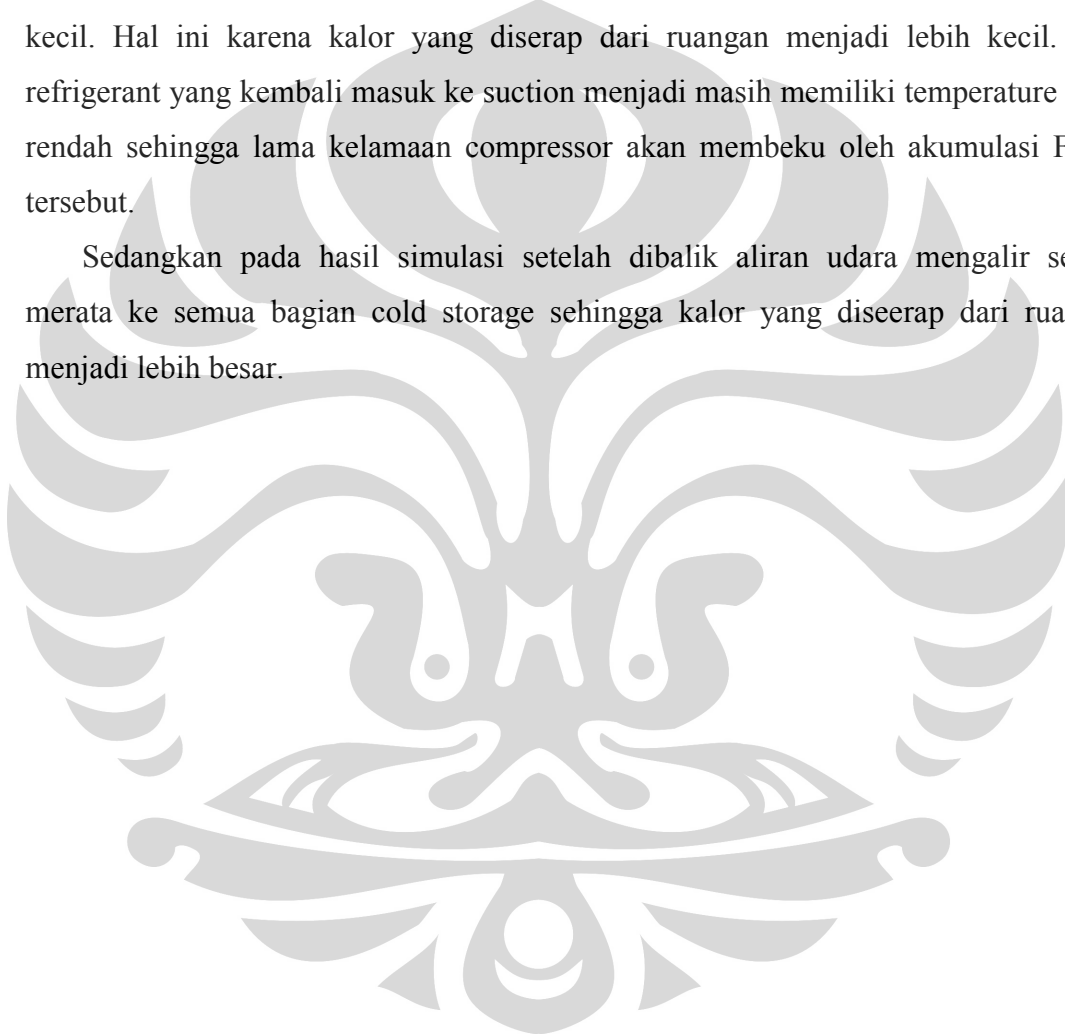


**A****B**

*Gambar 5.2. simulasi aliran udara setelah dibalik. A-Temperature, B-Velocity*

Terlihat bahwa dari hasil simulasi di atas terlihat bahwa aliran udara pada saat evaporator sebelum dibalik memantul ke dinding dan akibat itu banyak dari aliran tersebut terpantul kembali masuk ke pipa, sehingga efisiensi evaporator menjadi lebih kecil. Hal ini karena kalor yang diserap dari ruangan menjadi lebih kecil. Dan refrigerant yang kembali masuk ke suction menjadi masih memiliki temperature yang rendah sehingga lama kelamaan compressor akan membeku oleh akumulasi Freon tersebut.

Sedangkan pada hasil simulasi setelah dibalik aliran udara mengalir secara merata ke semua bagian cold storage sehingga kalor yang diserap dari ruangan menjadi lebih besar.



## BAB 6

### PENUTUP

#### 6.1 Kesimpulan

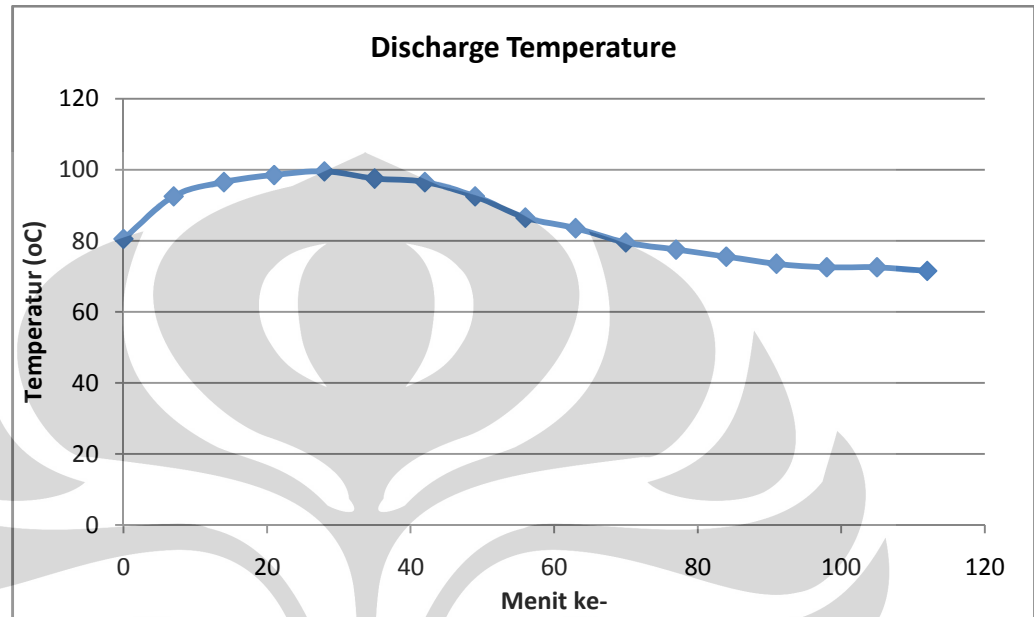
Dalam hasil penelitian terhadap system yang telah dibuat maka dari data-data yang diperoleh dapat ditarik kesimpulan-kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai COP untuk kondisi pengambilan data Room 1 TXV dan Room 2 TXV didapatkan nilai COP 5.25 untuk sesudah dibalik sedangkan sebelum COP 4.69. terbukti bahwa nilai COP akan lebih besar saat posisi evap dibalik.
2. Nilai COP untuk kondisi pengambilan data Room 1 kapiler panjang dan Room 2 kapiler panjang didapatkan nilai COP 4.21 sebelum dibalik dan 3.44 untuk sesudah dibalik. Terlihat bahwa COP sebelum lebih besar, Setelah melalui penelusuran diketahui bahwa hal ini terjadi akibat fenomenan dimana hawa dingin yang ditiupkan terpantul ke dinding dan kembali ke pipa evaporator sehingga efisiensi evap menjadi lebih rendah. Hawa dingin tersebut terbawa oleh refrigerant masuk ke kompresor sehingga lama kelamaan kompresor menjadi beku. Seperti terlihat pada gambar berikut:



*Gambar 6.1. Kondisi compressor yang banjir dan membeku*

Karena kompresor membeku sehingga kerja kompresor menjadi lebih besar, tetapi dari segi temperatur discharge temperatur refrigerant menurun. Seperti yang terlihat dari grafik berikut:



Gambar 6.2. Grafik temperatur discharge yang menurun

Terlihat bahwa temperatur discharge berkurang sehingga temperatur refrigerant yang mengalir menjadi lebih rendah suhunya sehingga saat masuk ke evap, temperatur refrigerant menjadi lebih rendah sehingga daya evap menjadi lebih besar. Walaupun kerja kompresor meningkat tetapi ratio nya masih lebih kecil dibanding ratio peningkatan dari daya evaporator. Sehingga COP pun akan menjadi lebih besar.

- Untuk perbandingan antara pengambilan data mass flow dengan flow meter serta dengan efisiensi dari daya listrik compressor diperoleh:

	m1 (kg/s)	m2 (kg/s)	m1+m2 (kg/s)	Kompresor ( $\Delta h$ ) (kJ/kg)	Kerja Kompresor (kW)
Kapiler panjang sebelum	0.00505	0.00494	0.00999	41.45	0.4140855
Kapiler panjang sesudah	0.00423	0.0033	0.00753	52.01	0.3916353
TXV sebelum	0.00253	0.00169	0.00422	37.3	0.157406
TXV sesudah	0.00217	0.00161	0.00378	33.7	0.127386

Sedangkan pengambilan data dengan tang Ampere adalah sebagai berikut:



	Arus (ampere)	Tegangan (V)	Daya komp (W)	Kerja Kompresor (kW)
Kapiler panjang sebelum	4.1	160	656	0.4264
Kapiler panjang sesudah	3.51	160	561.6	0.36504
TXV sebelum	3.2	160	512	0.3328
TXV sesudah	2.56	160	409.6	0.26624

Dengan mengasumsikan efisiensi compressor adalah 65%.

Terlihat bahwa dari data di atas terdapat kecenderungan bahwa data untuk pengambilan dengan tang ampere hasil yang didapat lebih besar dengan mengasumsikan nilai efisiensi compressor sebesar 65%. Hal ini tentunya tidaklah benar karena perhitungan nilai kerja compressor dan kinerja evap memiliki peranan yang penting dalam perhitungan nilai COP. Dimana COP ini sangat berperan dalam perhitungan efisiensi system yang telah dibuat.

Tetapi dengan mengkorelasikan data ampere yang diukur dengan nilai mass flow actual yang diukur dengan flow meter maka dapat diperoleh korelasi guna mendapatkan nilai efisiensi compressor, yaitu sebagai berikut:

	Daya komp (W)	Kerja Kompresor (W)	Efisiensi Komp (%)
Kapiler panjang sebelum	656	414.0855	63.12278963
Kapiler panjang sesudah	561.6	391.6353	69.73563034
TXV sebelum	512	157.406	30.74335938
TXV sesudah	409.6	127.386	31.10009766

Terlihat bahwa nilai efisiensi compressor pun berubah-ubah untuk kapiler panjang dan TXV tetapi dalam range nilai yang begitu jauh. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan nilai efisiensi dari daya compressor (Arus x tegangan) untuk menghitung kerja kompresor adalah salah karena nilai efisiensi dapat berubah-ubah sesuai dengan ekspansion device yang dipergunakan.

## 6.2 Saran

Teknik pendingin adalah suatu ilmu yang bisa dibilang sebagai ilmu mengira-ngira. Kita tidak tahu seperti apakah wujud refrigerant yang mengalir di dalam system tersebut. Tetapi dengan ketelitian serta perhitungan yang tepat maka dalam merancang suatu system pendinginan harus diperhatikan dari segi bagaimana memperoleh beban pendinginan yang cukup serta kerja compressor yang tepat guna memperoleh kondisi yang diinginkan dalam cold storage tersebut.



## DAFTAR REFERENSI

- Andrew D.Althouse, Carl H.Turnquist, Alfred F.Bracciano. *Modern Refrigeration And Air Conditioning*. Illinois : 2004. The Goodheart-WillCox Company,Inc.
- Tecumseh company official website. (n.d.) Januari, 2010.  
<http://www.tecumseh.com/product/>
- Tecumseh company official website. (n.d.) Mei, 2010.  
<http://www.guntner.com/>
- Woollard, Peri. (2010, June 1). Guntner customer service. Guntner Company. June 3, 2010. *Peri@guntner.co.uk*
- Siemens company official website. (n.d.) June, 2010.  
[http:// www.siemens.com/automation/](http://www.siemens.com/automation/)

