

# **ANALISA PERBANDINGAN PRESTASI PENDINGIN TERHADAP PEMAKAIAN REFRIGERAN HCFC-22, HFC-134a, HFC-404A**

**SKRIPSI**

**Oleh :**

**EKO SYAHPUTRA MANALU**

**NIM: 11.813.0028**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2015**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

# ANALISA PERBANDINGAN PRESTASI MESIN PENDINGIN TERHADAP PEMAKAIAN REFRIGERAN HCFC-22, HFC-134a, HFC-404a

Program Studi Teknik Mesin

Universitas Medan Area

Medan

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui koefisien prestasi (COP) dari pemakaian tiga jenis Refrigeran yaitu HCFC-22, HFC-134a, HFC-404a dengan cara pergantian langsung (*drop substitution*). Mesin pendingin ini merupakan mesin refrigerasi siklus kompresi uap sederhana, yang berupa kompresor, kondensor, pipa kapiler, dan evaporator, tipe kondensor bersirip dan berpendingin kipas, dan tipe evaporator tipe bersirip, sistem ekspansi menggunakan pipa kapiler, metode yang digunakan yaitu berupa pengamatan setiap perubahan keadaan yang ditunjukkan oleh alat pengukur ampere, voltase, suhu dan tekanan, kemudian dianalisa untuk mendapatkan hasil prestasi yang terbaik dari pemakaian ketiga jenis refrigeran tersebut. Perhitungan-perhitungan yang meliputi efek refrigerasi, kalor ekivalen dari kerja kompresi, daya yang masuk ke kompresor, jumlah aliran massa refrigeran yang bersirkulasi, koefisien prestasi, dan efisiensi refrigerasi. Dalam perhitungan juga menggunakan bantuan suatu perangkat lunak yaitu "*Genetron Properties v 1.2 ©Honeywell International inc.2010*". Saat mesin pendingin menggunakan Refrigeran HFC-134a COP didapatkan sebesar 2.83 COP HCFC-22 sebesar 2.65, dan HFC-404a sebesar 1.37, HFC-134a juga lebih irit dalam pemakaian arus listrik dalam kapasitas yang sama. Saat mesin pendingin menggunakan Refrigeran HCFC-22 kedaannya sangat stabil selama operasi berjalan, namun tidak cukup hemat dalam pemakaian arus listrik. Refrigeran HFC-134a ini, dari hasil penelitian menunjukkan bahwa refrigeran ini bertekanan rendah dan bersuhu minus yang cukup rendah, sedangkan untuk refrigeran HCFC-22 dan HFC-404a bertekanan tinggi dan bersuhu minus tinggi.

**Kata Kunci :** Prestasi, HCFC-22, HFC-134a, HFC-404a

# COMPARATIVE PERFORMANCES STUDY OF COOLING MACHINE WITH REFRIGERANT HCFC-22, HFC-134a, HFC-404a

Departement Of Mechanical Engineering

Medan Area University

Medan

## Abstract

This research aims to understand the Coefficient of Performances (COP) from using three types of refrigerant, which kind of the refrigerant for the experiment is Refrigerant HCFC-22, HFC-134a and, HFC-404a, bay way method the experiently is drop substitution. The refrigeration engine is simple vapor-compression cycle, which the component is compressor, condenser, capillary tube and evaporator, type of condenser finned with fan, and the type of evaporator is finned, expansion system uses a capillary tube, the method which used is monitoring every condition of changing by indication of ampere equipment, voltage, temperature and pressure, then analysis for get the best achievement from use kind of refrigerants. The calculations which comprise the effect of refrigeration, heat of equivalent from compression of activity, the energy which enter to the compressor, mass of refrigerant which circulated, current quality, coefficient of achievement, and efficiency of refrigeration. In calculation too used assist the a software which is "Genetron Properties v1.2 © Honeywell International Inc.2010 ". At the moment that cooling machine used refrigerant HFC-134a COP gets as big as 2.83, COP COP HCFC-22 as big as 2.65 and HFC-404A as big as 1.37, HFC-134a is more economical in used electric current in the same capacity. When cooling machine used refrigerant HCFC-22 the condition very stabilizing while the operation be going on, however is doesn't thrifty in electric current. This refrigerant HFC-134a refrigerant, from the results of this research indicated that this refrigerant is low exerting pressure and adequated low minus temperature, while for refrigerant HCFC-22 and HFC-404a is high exerting pressure and have minus temperature which adequated high minus.

**Keyword :** Performances, HCFC-22, HFC-134a, HFC-404a

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iv</b>
<b>RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>vi</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR NOTASI .....</b>	<b>xv</b>
<b>BAB.I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian .....	3
1.4. Batasan Penelitian .....	4
1.5. Manfaat Penelitian .....	4
1.6. Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB.II. LANDASAN TEORI .....</b>	<b>6</b>
2.1. Siklus Refrigerasi dan Mesin Refrigerasi .....	6
2.2. Jenis-jenis Siklus Refrigerasi .....	7
2.2.1. Siklus Refrigerasi dari Penyegar Udara Jenis Paket .....	7
2.2.2. Siklus Refrigerasi dari Penyegar Udara Jenis Jendela .....	10
2.2.3. Siklus Refrigerasi dari Unit Pendingin Air Sentrifugal .....	10
2.2.4. Siklus Refrigerasi dari Mesin Refrigerasi Absorbsi .....	13
2.3. Diagram Moiller (Diagram Tekanan-Entalpi) .....	14
2.3.1. Keterangan tentang Diagram Moiller .....	14

2.3.2. Diagram Moiller dan Perubahan tingkat Keadaan Refrigeran .....	18
2.4. Perhitungan Termodinamika Siklus Refrigerasi .....	18
2.5. Refrigerant .....	25
2.5.1. Persyaratan Refrigerant .....	25
2.5.2. Pengelompokan Refrigeran .....	27
<b>BAB.III. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>29</b>
3.1. Deskripsi Lokasi, dan Waktu Penelitian .....	29
3.2. Alat dan Bahan Penelitian .....	29
3.2.1. Alat Penelitian .....	29
3.3. Bahan Penelitian .....	36
3.4. Langkah-langkah Penelitian .....	37
3.5. Diagram Alir Penelitian .....	38
<b>BAB.IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>39</b>
4.1. Analisis Data Secara Ideal .....	39
4.1.1. Perhitungan Untuk Refrigeran HCFC-22 .....	39
4.1.2. Perhitungan Untuk Refrigeran HFC-134a .....	42
4.1.3. Perhitungan Untuk Refrigeran HFC-404a .....	44
4.1.4. Data Hasil Perhitungan Secara Ideal dari ketiga Refrigeran .....	47
4.2. Analisis Data Secara Aktual .....	48
4.2.1. Perhitungan Untuk Refrigeran HCFC-22 .....	48
4.2.2. Perhitungan Untuk Refrigeran HFC-134a .....	51
4.2.3. Perhitungan Untuk Refrigeran HFC-404a .....	53
4.2.4. Data Hasil Perhitungan Secara Aktual dari ketiga Refrigeran .....	56
4.3. Pembahasan Dari Hasil Perhitungan dari ketiga Refrigeran .....	57
4.3.1. Kurva Karakteristik Prestasi dari ketiga Refrigeran .....	57
4.3.2. Kurva Karakteristik Prestasi dalam Variabel Waktu .....	58
4.3.3. Kurva Pemakaian Daya Listrik dan Efisiensi Refrigerasi .....	62
4.4. Ringkasan dari Perbandingan .....	64

<b>BAB.V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>65</b>
5.1. Kesimpulan .....	65
5.2. Saran .....	66
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>67</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>68</b>



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pendinginan, dan pemanasan proses penting dalam berbagai situasi sehari-hari, termasuk AC dan pemanas bangunan, rumah sakit, bioskop, ruang operasi, hotel, restoran, mobil dan transportasi. Pendinginan juga memerlukan aplikasi industri skala besar, terutama di pembuatan es, dehidrasi gas, lemari es domestik dan komersial, skala besar gudang untuk penyimpanan dan pengawetan makanan, minuman, obat-obatan, dan sejumlah komersial lainnya dan jasa industri. Hal ini sangat cocok untuk pengembangan alat atau suatu mesin pendingin pada khususnya mesin pengkondisian udara, yang hemat energi.

Berbagai jenis mesin refrigerasi dapat dengan mudah ditemui pada kehidupan sehari-hari, seperti kulkas, AC (*Air Conditioning*), dan sebagainya. Jenis mesin refrigerasi yang banyak digunakan saat ini yaitu mesin refrigerasi kompresi uap. Prinsip dasar siklus refrigerasi dikembangkan oleh **N.L.S.Carnot** (Prancis) dalam tahun 1824 dan pada tahun itu teori termodinamikanya dipublikasikan. Pada tahun 1834 Refrigeran yang pertama kali digunakan adalah eter oleh **Jacob Perkins** pada mesin kompresi uap . Instalasi pendinginan yang pertama dibuat dan dipatenkan oleh seorang berkebangsaan Amerika, yaitu **Joseph Mc.Creaty**, dalam tahun 1897. Pada waktu itu, instalasi tersebut dinamai mesin pencuci udara (*air washer*), yaitu suatu sistem pendinginan yang menggunakan percikan air.

Mesin refrigerasi kompresi uap membutuhkan suatu zat pendingin, yaitu Refrigeran, di Indonesia yang lebih dikenal di masyarakat yaitu Freon, Freon sudah diaplikasikan di Indonesia selama lebih dari 70 tahun. Refrigeran adalah zat yang mengalir dalam mesin pendingin (refrigerasi) atau mesin pengkondisian udara (AC). Zat ini berfungsi untuk menyerap panas dari benda atau udara yang didinginkan dan membawanya kemudian membuangnya ke udara sekeliling di luar benda/ruangan yang didinginkan.

Selain ikut membantu pengurangan dari dampak penipisan ozon, penelitian ini juga ikut serta dalam penghematan dari pemakaian energi listrik, dengan cara bereksperimen terhadap tiga jenis bahan pendingin yang umum digunakan dan ketiganya cukup dianggap ramah lingkungan, namun dari segi pemanasan global kurang memenuhi. Penelitian ini bertujuan khusus untuk membandingkan prestasi kerja dari pemakaian bahan pendingin HCFC-22, HFC-134a, HFC-404a pada mesin pendingin 0.5PK dengan cara pergantian langsung (*drop substitution*), metode yang digunakan dengan pengamatan setiap perubahan keadaan yang ditunjukkan oleh alat pengukur suhu, tekanan, tegangan dan arus, dan penelitian ini juga menggunakan bantuan perangkat lunak "*Genetron Properties v 1.2 © Honeywell International Inc.2010*" sebagai pembantu melihat besar entalpi dari data yang diperoleh. Pada sistem pemipaan sirkulasi refrigeran sudah mengikuti standar nasional, pipa sirkulasi yang berdiameter 6.35 mm dan pipa kapiler 1.0668 mm, memakai kompresor hermetic 220-240 Volt 50Hz, kondensor tipe koil bersirip berpendingin kipas, evaporator dengan koil bersirip menggunakan motor kipas.



## 1.2. Perumusan Masalah

1. Kesepakatan montreal protokol internasional untuk tahun 2020 pemakaian refrigeran HCFC-22 akan dihapuskan, maka dalam hal ini penulis ingin mengetahui prestasi dari refrigeran HFC-134a dan HFC-404a.
2. Membandingkan prestasi mesin pendingin siklus kompresi uap yang dirancang dengan sederhana tanpa ada media tambahan khusus pada kondensor dan evaporator, dimana sistem akan dicoba bergantian memakai tiga jenis bahan pendingin.

## 1.3. Tujuan Penelitian

Setiap kegiatan yang dilaksanakan tentu mempunyai tujuan tertentu, dimana tujuan tersebut dapat digunakan sebagai pedoman dalam melaksanakan kegiatan yang akan dilakukan sehingga menuju sasaran yang diinginkan. Maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui hasil bahan pengganti refrigeran HCFC-22 yaitu dengan percobaan pada refrigeran HFC-134a dan HFC-404a yang lebih ramah lingkungan dari pada refrigeran HCFC-22.
2. Dan, dapat juga menentukan refrigeran yang lebih hemat dalam pemakaian energi listrik.
3. Mengetahui kekurangan dan kelebihan pada sistem mesin pendingin saat pergantian bahan pendingin.

#### 1.4. Batasan Masalah

Berikut ini merupakan batasan masalah yang dilakukan pada penelitian ini, diantaranya yakni :

1. Data-data dan sifat termodinamika untuk ketiga Refrigeran diambil dari tabel properti software “*Genetron Properties 1.2*”.
2. Analisa siklus termodinamika sistem Refrigerasi kompresi uap menggunakan software dari “*Genetron Properties 1.2*”.
3. Alat penelitian yang digunakan merupakan sistem refrigerasi kompresi uap sederhana, yang berupa : kompresor 0.5HP, kondensor, pipa kapiler, dan evaporator.

#### 1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini, yaitu:

1. Dapat menjadi acuan pemahaman dalam pengembangan Mesin Refrigerasi Kompresi Uap.
2. Menjadi referensi untuk penggunaan bahan pendingin yang lebih hemat dalam pemakaian bahan maupun dalam pemakaian listrik.
3. Mendapatkan alternatif bahan pendingin yang lebih ramah terhadap lingkungan.

## 1.6. Sistematika Penulisan

Agar penelitian dapat mencapai tujuan dan terarah dengan baik, maka disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

### BAB. I PENDAHULUAN

Pada bab ini terdiri dari : latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

### BAB. II LANDASAN TEORI

Pada bab ini tentang dasar teori mengenai Siklus Refrigerasi dan mesin Refrigerasi, komponen-komponen mesin refrigerasi, jenis-jenis siklus refrigerasi, diagram tekanan-entalpi, perhitungan termodinamika siklus refrigerasi, bahan refrigeran dan syaratnya.

### BAB. III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang bahan Refrigeran yang diteliti, mesin dan alat-alat yang digunakan dalam penelitian, tempat penelitian serta pelaksanaan penelitian yang terdiri dari persiapan alat penguji, dan pengujian mesin pendingin tersebut. Pengujian pada mesin pendingin tersebut dilakukan dengan cara mencatat data tekanan yang ditunjukkan oleh alat pengukur tekanan (*pressure gauge*), mencatat suhu yang ditunjukkan oleh alat pembaca temperatur suhu (*digital*), mencatat tegangan dan arus yang dihasilkan oleh mesin pendingin.

## BAB. IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tentang data hasil dari penelitian. Hasil pengujian akan digunakan dalam perhitungan: efek refrigerasi, kerja kompresi, jumlah refrigeran yang bersirkulasi, kapasitas refrigerasi, kapasitas pengembunan, daya yang masuk ke kompresor,  $COP_{\text{Refrigerasi}}$  dan  $COP_{\text{Carnot}}$  (*Coefficient of Performances*) Ideal dan aktual, dan Efisiensi Refrigerasi dari sistem.

## BAB. V PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran dari hasil penelitian.



## BAB II

### LANDASAN TEORI

#### 2.1. Siklus Refeferasi dan Mesin Refrigerasi

Siklus refrigerasi untuk pendinginan yang banyak dipakai adalah siklus refrigerasi kompresi uap dan siklus refrigerasi absorpsi. Proses penguapan dan pengembunan Refrigeran di dalam sistem pendingin adalah sebagai akibat dari perpindahan panas yang terjadi dengan cara perubahan fasa Refrigeran. Oleh karena itu, desain mesin pendingin sangat tergantung pada sifat dari Refrigeran itu sendiri (Vaibhab Jain, S.S, *dkk*, 2011). Pada penelitian ini memakai siklus refrigerasi kompresi uap sederhana, sistem hanya menggunakan media pendinginan kondensor yang berupa kipas pada umumnya.

Seperti halnya pada mesin refrigerasi untuk penyegaran udara, perlengkapan tersebut dibawah ini kebanyakan dipakai juga pada mesin refrigerasi untuk pendinginan.(Wiranto Arismunandar, Heizo Saito, 1986).

#### A. Unit refrigerasi kompresi uap

##### (1) Sistem ekspansi langsung

- a. Gabungan dari mesin refrigerasi dan unit pendingin udara
- b. Penyegar udara paket
- c. Penyegar udara ruangan

(2) Sistem ekspansi tak langsung

- a. Unit pendingin air
- b. Unit pendingin air secara sentrifugal

B. Unit refrigerasi absorpsi

- (1) Unit pendingin air absorpsi satu tingkat
- (2) Unit pendingin air absorpsi dua tingkat

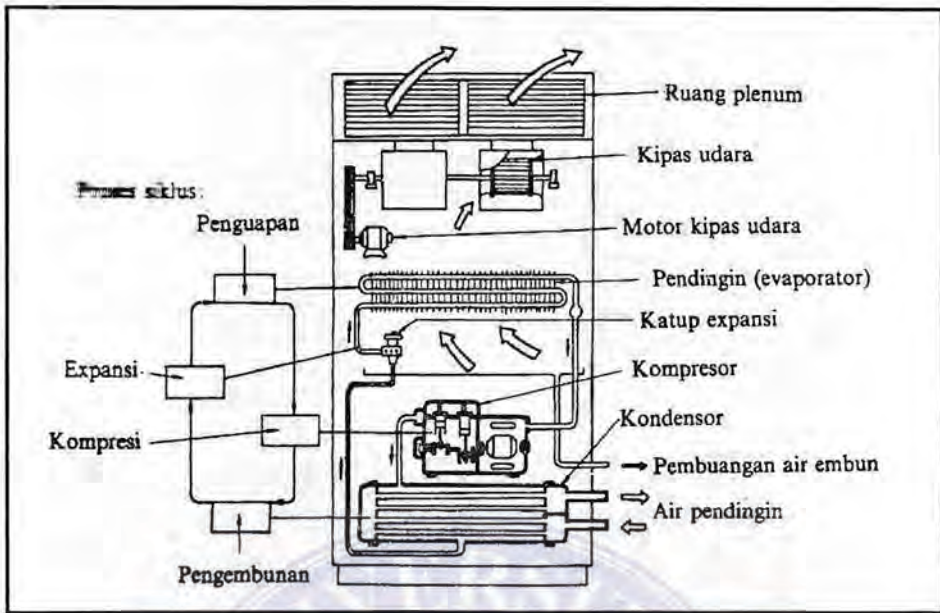
2.2. Jenis-jenis Siklus Refrigerasi

2.2.1. Siklus Refrigerasi dari Penyejar Udara Paket

Sebagai contoh, siklus refrigerasi dari penyejar udara paket pendingin air akan diterangkan pada gambar. 2.1.

(1) *Penguapan*

Evaporator (penguap) yang dipakai berbentuk pipa bersirip pelat. Tekanan cairan refrigeran yang diturunkan pada katup ekspansi, didistribusikan secara merata kedalam pipa evaporator, oleh distributor refrigeran. Dalam hal tersebut refrigerant akan menguap dan menyerap kalor dari udara ruangan yang dialirkan melalui permukaan luar dari pipa evaporator. Apabila udara didinginkan (dibawah titik embun), maka air yang ada dalam udara akan mengembun pada permukaan evaporator, kemudian ditampung dan dialirkan keluar. Jadi, cairan refrigeran diuapkan secara berangsur-angsur karena menerima kalor sebanyak kalor laten penguapan, selama mengalir didalam setiap pipa dari koil evaporator.



Gambar 2.1. Siklus Refrigerasi dari penyegar udara jenis paket

Selama proses penguapan itu, didalam pipa akan terdapat campuran refrigeran dalam fasa cair dan gas. Dalam keadaan tersebut, tekanan (tekanan penguapan) dan temperaturnya konstan. Oleh karena itu temperaturnya dapat dicari dengan mengukur tekanan refrigeran didalam evaporator.

## (2) Kompresi

Kompresor mengisap uap refrigeran dari ruang penampung uap. Didalam penampung uap, tekanannya diusahakan supaya tetap rendah, supaya refrigeran senantiasa berada dalam keadaan uap dan bertemperatur rendah. Didalam kompresor, tekanan refrigeran dinaikkan sehingga memudahkan pencairannya kembali. Energi yang diperlukan untuk kompresi diberikan oleh motor listrik yang menggerakkan kompresor. Jadi, dalam proses kompresi energi diberikan kepada uap refrigeran.

Pada waktu uap refrigeran dihisap masuk kedalam kompresor, temperturnya masih rendah; tetapi, selama proses kompresi berlangsung, temperurnya naik. Jumlah refrigeran yang bersirkulasi dalam siklus refrigerasi tergantung pada jumlah uap yang dihisap masuk kedalam kompresor

### (3) *Pengembunan*

Uap refrigeran yang bertekanan dan bertemperatur tinggi pada akhir kompresi dapat dengan mudah dicairkan dengan mendinginkannya dengan air pendingin (dapat dengan udara pendingin pada sistem) yang ada pada temperatur normal. Dengan kata lain, uap refrigeran menyerahkan panasnya (kalor laten pengembunan) kepada air pendingin (udara pendingin) didalam kondensor, sehingga mengembun dan menjadi cair. Jadi, karena air (udara) pendingin menyerap panas dari refrigeran, maka ia akan menjadi panas pada waktu keluar dari kondensor.

### (4) *Ekspansi*

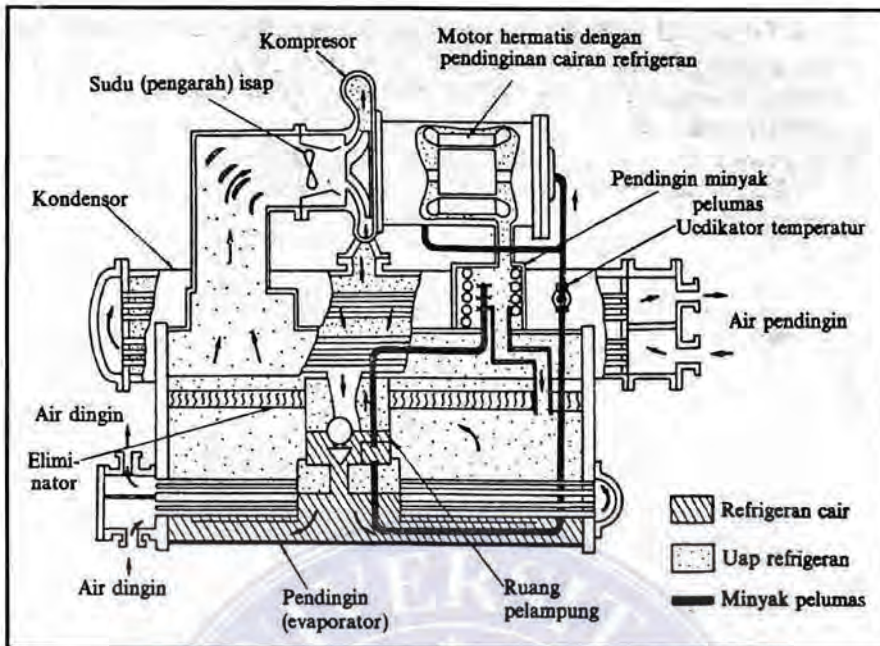
Untuk menurunkan tekanan dari refrigeran cair (tekanan tinggi) yang dicairkan didalam kondensor, supaya dapat mudah menguap, maka dipergunakan alat yang dinamai katup ekspansi atau pipa kapiler.

Setiap alat ekspansi dirancang adalah bertujuan untuk menurunkan suatu tekanan tertentu. Katup ekspansi yang biasa digunakan adalah katup ekspansi jenis termostatik yang dapat mengatur laju aliran refrigeran, yaitu agar derajat super panas refrigeran didalam evaporator dapat diusahakan

kecil. Dalam penyegar udara yang kecil, dipergunakan pipa kapilar sebagai







Gambar 2.3. Siklus Refrigerasi dari unit pendingin air sentrifugal

Uap refrigeran bertekanan rendah dan bertemperatur rendah yang diuapkan didalam evaporator dihisap masuk kedalam kompresor melalui eliminator. Eliminator tersebut dipasang pada bagian atas dari pipa evaporator untuk memisahkan refrigeran yang ada dalam fasa cair dari uap refrigeran. Selanjutnya, uap refrigeran tersebut dihisap masuk kedalam impeler dari kompresor, melalui sudu hisap yang dipasang dibagian masuk dari kompresor sentrifugal untuk mengatur laju aliran uap refrigeran yang dihisap tersebut. Uap refrigeran bertekanan tinggi dan bertemperatur tinggi yang diperoleh dari proses kompresi dimasukkan kedalam kondensor. Uap refrigeran tersebut kemudian diembunkan, yaitu dengan jalan mendinginkannya dengan air pendingin yang mengalir didalam pipa kondensor. Refrigeran cair yang diperoleh dari pendinginan tersebut kemudian mengalir kedalam ruang pelampung yang dipasang di bagian tengah evaporator. Apabila permukaan

cairan refrigeran di dalam ruang pelampung naik dan mencapai ketinggian tertentu, maka katup yang terikat pada pelampung akan membuka lubang saluran, sehingga refrigeran cair akan mengalir keluar, sementara tekanannya turun dan selanjutnya didistribusikan merata kedalam evaporator, melalui distributor yang terpasang pada evaporator.

Di dalam evaporator cairan refrigeran menguap, karena menyerap kalor dari air yang mengalir melalui pipa evaporator, kemudian mengalir kembali ke dalam kompresor. Dengan jalan demikian air tersebut menjadi dingin. Di samping itu, sebagian dari refrigeran cair yang bertemperatur tinggi dan mengalir ke ruang pelampung (dari kondensor) disemprotkan ke motor listrik sehingga menguap. Penguapan yang terjadi itu merupakan cara untuk mendinginkan motor listrik, supaya tidak menjadi terlalu panas sehingga dapat bekerja dengan baik. Refrigeran cair tersebut juga di semprotkan ke pendingin minyak pelumas, melalui pipa khusus, kemudian masuk ke dalam evaporator dalam bentuk uap bersama-sama dengan uap refrigeran yang terjadi pada pendinginan motor listrik. Refrigeran yang sesuai untuk unit pendingin air sentrifugal adalah refrigeran yang bertekanan rendah pada temperatur kerjanya dan bersifat sebagai isolator listrik. Pada umumnya, refrigeran yang memiliki volume spesifik (uap) yang tinggi sangat sesuai untuk dipergunakan pada unit pendingin air sentrifugal berkapasitas rendah (sampai 100 Ton Refrigerasi). Sedangkan untuk unit berkapasitas besar, sebaiknya dipergunakan refrigeran dengan volume spesifik (uap) yang rendah.

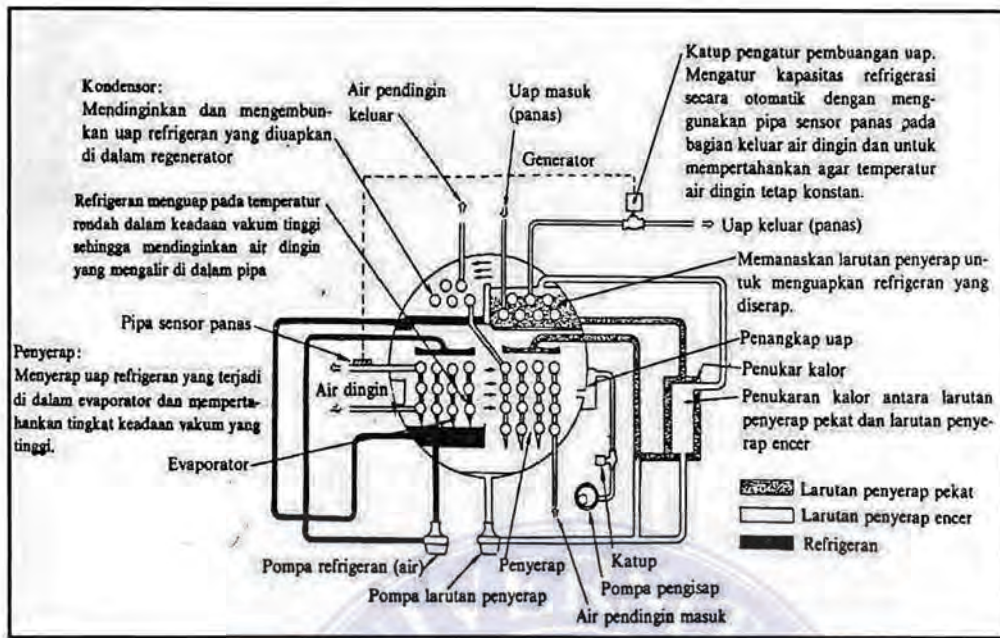
Catatan :

(Wiranto Arismunandar dan Heizo Saito 1986) 1 Ton Refrigerasi = 12.000 Btu/jam=3024 kcal/jam; 1 Ton Refrigerasi (Jepang) = 3320 kcal/jam.

#### 2.2.4. Siklus Refrigerasi dari Mesin Refrigerasi Absorpsi

Dalam siklus refrigerasi kompresi uap, kompresor mengisap refrigeran yang diuapkan di evaporator. Kemudian uap refrigeran tersebut ditekan sampai mencapai tingkat keadaan mudah untuk diembunkan. Sebaliknya, dalam siklus refrigerasi absorpsi, dipergunakan penyerap untuk menyerap refrigeran yang diuapkan didalam evaporator sehingga menjadi suatu larutan absorpsi. Kemudian, larutan absorpsi tersebut dimasukkan kedalam sebuah generator untuk memisahkan refrigeran dari larutan absorpsi tersebut, dengan cara pemanasan, yang sekaligus akan menaikkan tekanannya sampai mencapai tingkat keadaan mudah untuk diembunkan.

Seperti telah diterangkan diatas, unit kompresi uap memerlukan daya untuk penggerak kompresor; sedangkan unit absorpsi memerlukan energi kalor. Berikut ini adalah skema dari Siklus Mesin Refrigerasi Absorpsi.



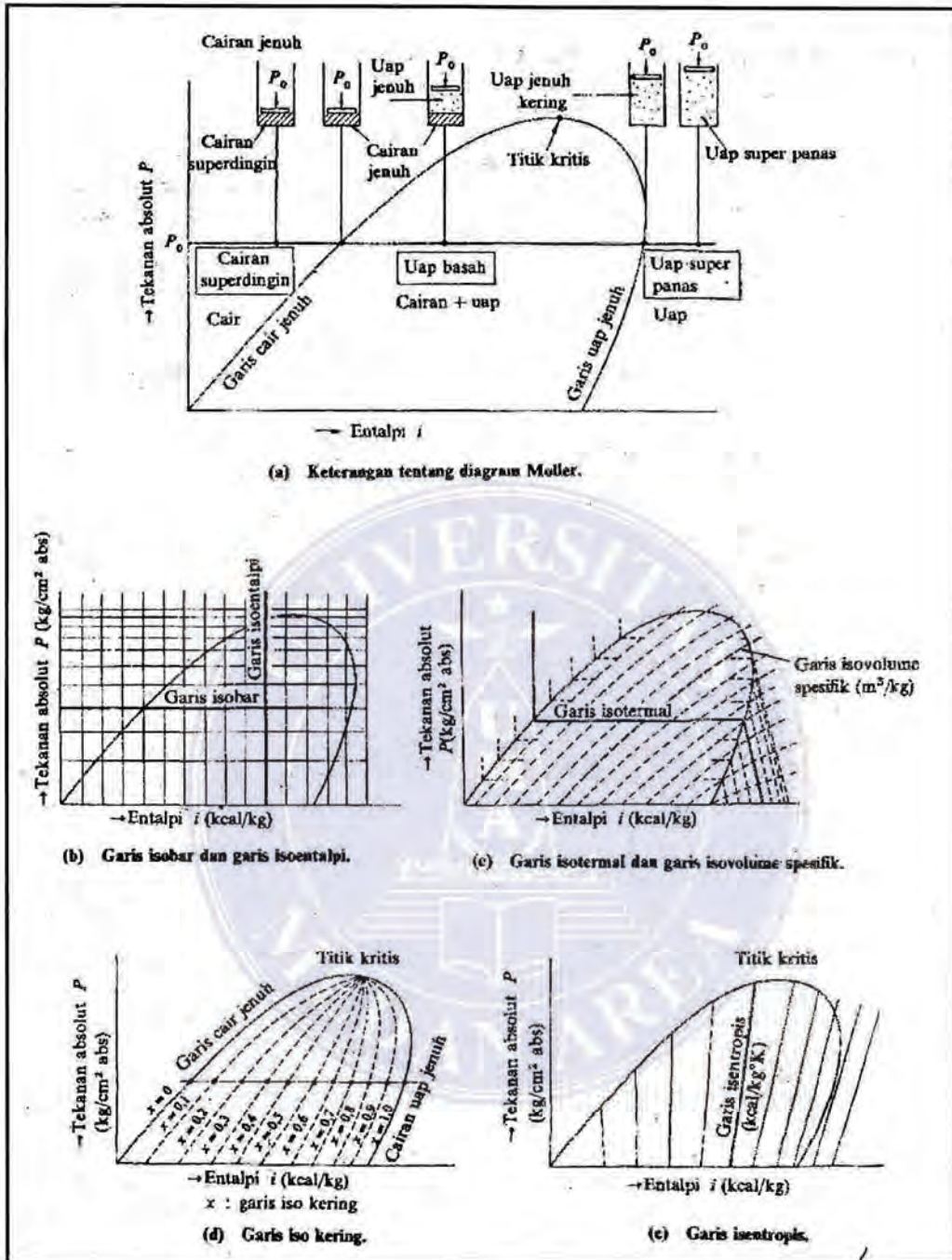
Gambar 2.4. Siklus Refrigerasi dari mesin Refrigerasi Absorbsi

## 2.3. Diagram Moiller ( Diagram Tekanan-Entalpi )

### 2.3.1. Keterangan tentang Diagram Moiller

Diagram Moiller menunjukkan karakteristik dari gas refrigeran, sehingga dapat menyatakan hubungan antara tekanan ( $P$ ) pada ordinat dan entalpi ( $i$ ) pada absisa dari siklus refrigerasi. Diagram tersebut juga dinamai diagram tekanan-entalpi atau diagram  $P-i$ .

Seperti terlukis pada gambar 2.5(a), diagram Moiller dibagi menjadi tiga bagian untuk membedakan tingkat keadaan cairan super dingin (*sub-cooled*), uap basah dan uap super panas (*superheated vapour*), oleh garis cair jenuh dan garis uap jenuh. Pada gambar 2.5(b) sampai gambar 2.5(c), dilukiskan garis-garis yang menghubungkan titik-titik yang sama tekanan, entalpi, temperatur, volume spesifik, derajat kekeringan dan entropi.



Gambar 2.5. Penjelasan tentang diagram Moiller

(1) Garis cair jenuh

Garis cair jenuh adalah bagian garis lengkung mulai dari sebelah kiri

UNIVERSITAS MEDAN AREA <sup>bebas</sup> sampai kekanan atas. Tingkat keadaan di mana cairan refrigeran mulai

menguap dinyatakan terjadi pada garis tersebut. Daerah cairan super dingin yang temperaturnya lebih rendah dari pada cairan jenuh terletak di bagian sebelah kiri garis cair jenuh. Daerah uap basah, yang terdiri dari campuran fasa cair dan gas, terletak di sebelah kanan garis cair jenuh. Di samping itu, garis cair jenuh menyatakan adanya hubungan antara temperatur jenuh dan tekanan yang bersangkutan.

### (2) *Garis uap jenuh*

Garis uap jenuh adalah bagian kanan dari garis lengkung. Garis uap jenuh dan garis cair jenuh yang bertemu pada titik kritis. Refrigeran pada garis uap jenuh ada pada tingkat keadaan uap jenuh kering. Daerah uap super panas yang temperaturnya lebih tinggi dari pada uap jenuh ada di sebelah kanan dari garis uap jenuh. Jadi, daerah uap basah adalah di antara garis uap jenuh dan garis cair jenuh.

### (3) *Tekanan ( $P$ , $kg/cm^2 abs$ )*

Tekanan dinyatakan pada ordinat yang berskala logaritma. Garis isobar menghubungkan titik-titik keadaan yang bertekanan sama, yaitu garis horizontal. Tekanan dinyatakan dalam tekanan absolut.

### (4) *Entalpi ( $i$ , $kcal / kg$ )*

Entalpi dinyatakan sebagai absisa, oleh karena itu garis isoentalpi adalah garis vertikal.



(5) *Temperatur ( $t, ^\circ C$ )*

Di dalam daerah cair, garis isothermal boleh dikatakan vertikal. Garis isothermal seringkali tidak diperlihatkan, dalam daerah uap basah, oleh karena garis isothermal adalah horizontal berhimpit dengan garis isobar yang bersangkutan. Di dalam daerah super panas, garis-garis isothermal itu agak melengkung menuju arah kanan bawah.

(6) *Volume spesifik ( $v, m^3 / kg$ )*

Garis iso-volume spesifik menghubungkan titik-titik keadaan dengan volume spesifik yang sama. Arahnya sedikit miring ke kanan atas.

(7) *Derajat kekeringan ( $x$ )*

Garis-garis iso-derajat kekeringan merupakan garis-garis bagi dari garis-garis datar antara garis cair jenuh dan garis uap jenuh. Pada garis iso-derajat kekeringan itu ditunjukkan besarnya derajat kekeringannya.

$x = 1.0$  menyatakan derajat kekeringan sama dengan satu, jadi menyatakan kondisi uap jenuh (kering);  $x = 0.3$  menyatakan kondisi uap basah dengan kandungan uap kering sebanyak 30% dan cairan 70% ;  $x = 0.0$  menyatakan kondisi cair jenuh, jadi, tidak mengandung uap.

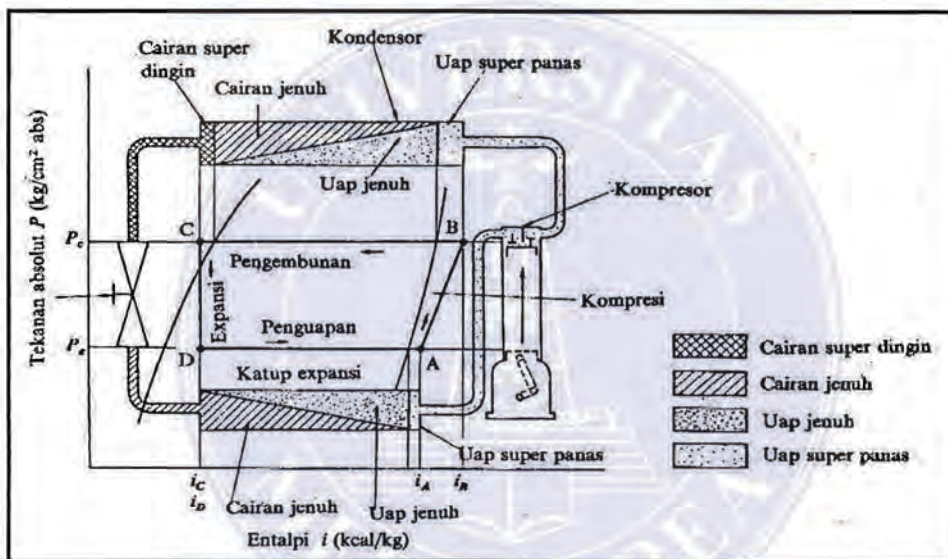
(8) *Entropi ( $s, kcal / kg ^\circ K$ )*

Garis entropi yang menghubungkan titik-titik keadaan dengan entropi yang sama merupakan garis miring dari kiri ke bawah ke kanan atas. Besarnya entropi yang bersangkutan dinyatakan dengan angka pada garis tersebut.



### 2.3.2. Diagram Moiller dan Perubahan Tingkat Keadaan Refrigeran

Karakteristik refrigeran dapat dilihat juga dari diagram Moiller. Dalam diagram Moiller, proses siklus refrigerasi yang menyangkut 4 hal pokok (penguapan - kompresi - pengembunan - ekspansi - kompresi dan seterusnya) dapat digambarkan sehingga mempermudah perhitungan perancangan ataupun pemeriksaan terhadap kondisi operasinya, gambar dari diagram perubahan tingkat keadaan refrigeran dapat kita lihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. Diagram Moiller (Perubahan Tingkat Keadaan Refrigeran)

### 2.4. Perhitungan Termodinamika Siklus Refrigerasi

Dengan data berikut ini, siklus refrigerasi dapat digambarkan pada diagram Moiller.

- (1). Temperatur penguapan dari tekanan penguapan, dan sebaliknya
- (2). Temperatur pengembunan dari tekanan pengembunan, dan sebaliknya

- (3). Entalpi dan volume spesifik dari uap refrigeran masuk ke dalam kompresor
- (4). Entalpi dan temperatur refrigeran keluar dari kompresor (dengan anggapan kompresi adiabatik)
- (5). Entalpi dan derajat kekeringan refrigeran setelah terjadi ekspansi entalpi konstan (proses trothing) dari temperatur refrigeran cair justru sebelum masuk katup ekspansi.

Beberapa data karakteristik siklus refrigerasi dapat dihitung jika diketahui tingkat keadaan berikut ini.

$P = \text{Tekanan ( Bar absolut )}$

$h = \text{Entalpi ( kj / kg )}$

$q_e = \text{Efek refrigerasi per 1 kg gas refrigeran (kj/ kg )}$

$q_c = \text{Kalor pengembunan per 1 kg gas refrigeran ( kj/ kg )}$

$A_l = \text{Kerja yang dilakukan kompresor( kj / kg )}$

$Q = \text{Kapasitas refrigerasi ( kW )}$

$G = \text{Jumlah refrigeran yang bersirkulasi ( kg / detik )}$

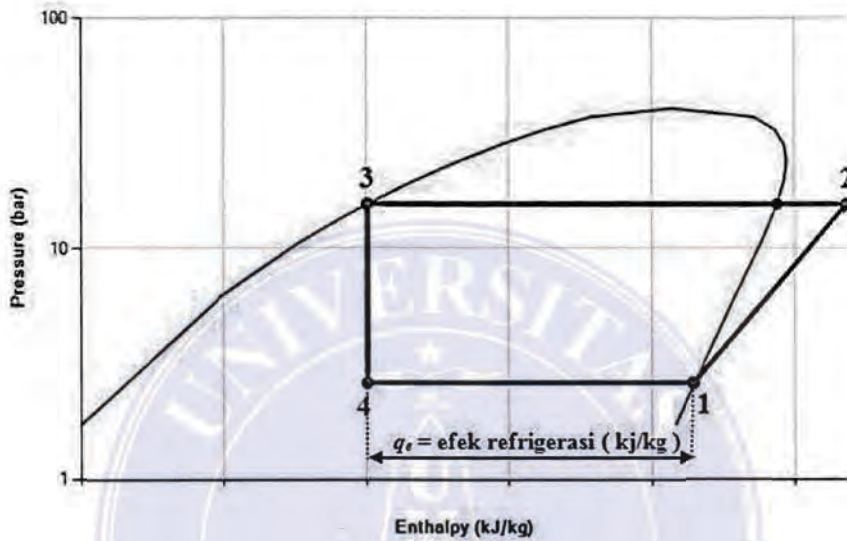
$V = \text{Volume uap refrigeran yang dipindahkan kompresor ( m<sup>3</sup>/jam )}$

$v = \text{Volume spesifik uap refrigeran ( m<sup>3</sup>/kg )}$

$W_{komp} = \text{daya kompresor (kW)}$

1) Efek Refrigerasi ( $q_e$ ) kJ/kg

Kalor yang diserap di dalam evaporator (efek refrigerasi). Refrigeran menguap dan menyerap kalor  $q_e$  dari sekitarnya selama proses efek refrigerasi tersebut. (Arismunandar dan Heizo Saito 1986)



Gambar 2.7. Siklus P-h untuk perhitungan Efek Refrigerasi

$$q_c = h_1 - h_4 \text{ (kJ/kg)} \dots\dots\dots(1)$$

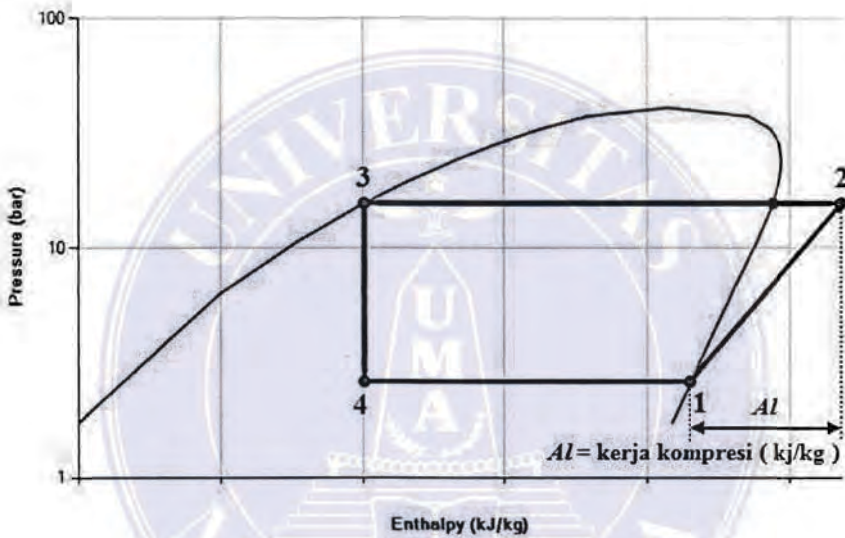
dimana :  $q_e$  = efek refrigerasi ( kJ/kg )

$h_1$  = keadaan entalpi keluar dari evaporator ( kJ/kg )

$h_4$  = keadaan entalpi keluar dari katup ekspansi ( kJ/kg )

2) Kerja kompresi yang dihasilkan Kompresor ( $A_l$ ) :

Dengan menggambarkan siklus refrigerasi pada diagram Moiller, maka kerja kompresi tersebut dapat diketahui dengan cepat. Kalor ekivalen dari kerja kompresi terhadap 1 kg refrigeran sama dengan kenaikan entalpi yang terjadi selama proses kompresi.(Arismunandar dan Heizo Saito 1986)



Gambar 2.8. Siklus P-h Perhitungan Kerja Kompresi

$$A_l = h_2 - h_1 \text{ (kJ/kg)} \dots\dots\dots(2)$$

dimana :  $A_l$  = kalor kerja dari proses kompresi ( kJ/kg )

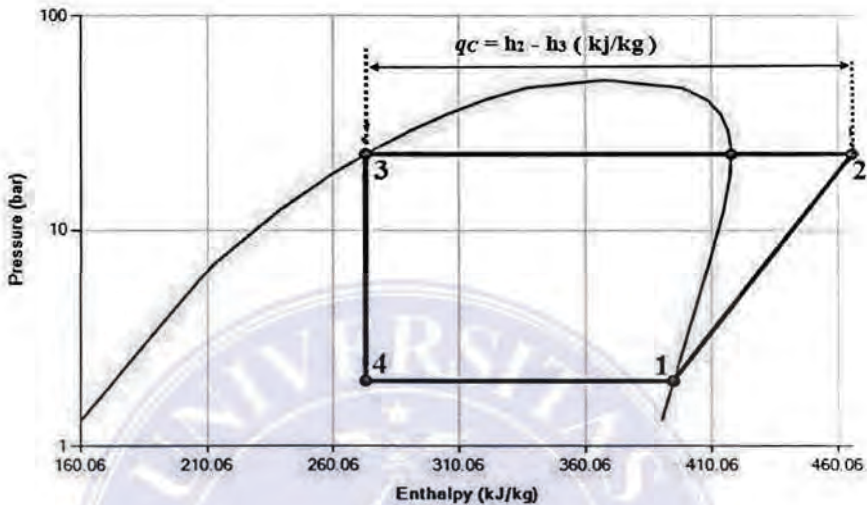
$h_2$  = keadaan entalpi keluar dari kompresor ( kJ/kg )

$h_1$  = keadaan entalpi keluar dari evaporator ( kJ/kg )

3) Besar kalor pengembunan pada kondensor ( $q_c$ ) :

Kalor yang dilepaskan di dalam kondensor. Dari kesetimbangan energi,

efek refrigerasi,  $q_e$  dan kalor ekivalen dari kerja yang diberikan kepada refrigeran selama langkah kompresi,  $A.I$  karena : (Arismunandar dan Heizo Saito 1986)



Gambar 2.9. Siklus P-h Perhitungan dari besar kalor pengembunan

$$q_c = h_2 - h_3 \text{ (kJ/kg)} \dots\dots\dots(3)$$

dimana :  $q_c$  : besar kalor yang diembunkan ( kJ/kg )

$h_2$  : besar entalpi keluar dari kompresor ( kJ/kg )

$h_3$  : besar entalpi keluar dari kondensor ( kJ/kg )

4) Daya yang masuk ke kompresor ( kW ) :

$$W_{in} = V \times I \times \text{Cos } \varphi \text{ (Watt)} \dots\dots\dots(4)$$

dimana :

$V$  = Tegangan masuk kompresor(V)

$I$  = Arus Listrik masuk kompresor (Ampere)

$\text{Cos } \varphi$  = Faktor Daya Listrik (0.8)

5) Jumlah Refrigeran yang bersirkulasi ( $kg/s$ ) :

Jumlah refrigeran yang bersirkulasi adalah jumlah refrigeran yang dimasukkan dan diuapkan di dalam evaporator untuk memperoleh kapasitas refrigerasi yang diperlukan. Jumlah refrigeran yang bersirkulasi dapat diperoleh dengan persamaan berikut ini.(Arismunandar dan Heizo Saito 1986)

$$G = \left[ \frac{W_{in} (kW)}{Al (kJ/kg)} \right] (kg/s) \dots\dots\dots(5)$$

dimana :  $W_{in}$  = Daya yang masuk ke kompresor ( $kW$ )

$Al$  = besar kalor dari kerja kompresi ( $kJ/kg$ )

6) Kapasitas Pendinginan pada evaporator (Yunus A.Cengel and Michael A. Boles 2011) :

$$Q_{in} = G(h_1 - h_4) (kW) \dots\dots\dots(6)$$

dimana :  $G$  = Jumlah Refrigeran yang bersirkulasi ( $kg/s$ )

$h_1$  = Besar entalpi keluar dari evaporator ( $kJ/kg$ )

$h_4$  = Besar entalpi keluar dari katup ekspansi ( $kJ/kg$ )

7) Kapasitas Pengembunan pada Kondensor (Yunus A. Cengel and Michael A. Boles 2011) :

$$Q_{Out} = G(h_2 - h_3) (kW) \dots\dots\dots(7)$$

dimana :  $G$  = Jumlah Refrigeran yang bersirkulasi ( $kg/s$ ) :

$h_2$  = Besar entalpi keluar dari kompresor ( $kJ/kg$ )

$h_3$  = Besar entalpi keluar dari kondensor ( $kJ/kg$ )

8) (Windi Hermawan Mitrakusuma, 2011). Performansi suatu sistem refrigerasi disebut dengan *Coefficient of Performances* ( COP ). Besaran ini menyatakan kemampuan sistem untuk menarik kalor dari ruangan ( dievaporator ) per satuan daya kompresor .

8a).  $COP_{Carnot}$  atau  $COP_{Aktual}$

Yaitu COP maksimum yang dapat dimiliki oleh suatu sistem .

$COP_{Carnot}$  dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

$$COP_{R,carnot} = \frac{T_{Evaporasi}}{(T_{Kondensasi} - T_{Evaporasi})} \dots\dots\dots(8)$$

8b).  $COP_{Refrigerasi}$

Ialah COP sebenarnya yang dimiliki oleh suatu sistem.

$COP_{Refrigerasi}$  dapat dicari dengan menggunakan persamaan :

$$COP_R = \frac{\text{Energi yang di serap Evaporator (Watt)}}{\text{Daya input Kompresor (Watt)}} \dots\dots\dots(9)$$

8c).  $\eta_{Refrigerasi}$

Efisiensi refrigerasi adalah perbandingan antara besaran

$COP_{Refrigerasi}$  dengan  $COP_{R,Carnot}$ . Perbandingan Efisiensi dapat dicari

dengan persamaan :

$$UNIVERSITAS MEDAN AREA \frac{COP_{Refrigerasi}}{COP_{R,Carnot}} \times 100\% \dots\dots\dots(10)$$

## 2.5. Refrigeran

Refrigeran merupakan fluida kerja pada sistem refrigerasi atau pompa kalor. Refrigeran ini berfungsi menyerap kalor dari suatu lingkungan yang dikondisikan dan membuangnya ke lingkungan yang lain, hal ini dilakukan melalui proses evaporasi (penguapan) dan kondensasi (pengembunan).

Pemilihan refrigeran merupakan kompromi antara beberapa sifat-sifat termodinamik. Beberapa sifat yang berhubungan dengan keamanan refrigeran seperti tidak mudah terbakar (non-flammable) dan tidak beracun saat digunakan merupakan sifat yang dibutuhkan. Harga, ketersediaan, efisiensi, dan kecocokan dengan pelumas kompressor dan bahan-bahan dari komponen-komponen sistem refrigerasi juga harus diperhatikan. Pengaruh refrigeran terhadap lingkungan apabila refrigeran tersebut bocor dari suatu sistem harus pula dipertimbangkan (Calm dan Didion, 1998).

### 2.5.1. Persyaratan Refrigeran

Unit-unit refrigerasi banyak dipergunakan untuk daerah temperatur yang luas, dari unit untuk keperluan pendinginan udara sampai refrigerasi. Untuk unit refrigerasi tersebut di atas, hendaknya dapat dipilih jenis refrigeran yang paling sesuai dengan jenis kompresor yang dipakai, dan karakteristik termodinamikanya yang antara lain meliputi temperatur penguapan dan tekanan penguapan serta temperatur pengembunan dan tekanan pengembunan.



Persyaratan refrigeran untuk unit refrigerasi adalah sebagai berikut :

**(1) Tekanan penguapannya harus cukup tinggi**

Sebaiknya refrigeran memiliki temperatur penguapan pada tekanan yang lebih tinggi, sehingga dapat dihindari kemungkinan terjadinya vakum pada evaporator, dan turunnya efisiensi volumetrik karena naiknya perbandingan kompresi.

**(2) Tekanan pengembunan yang tidak terlampau tinggi**

Apabila tekanan pengembunannya rendah, maka perbandingan kompresinya menjadi lebih rendah sehingga penurunan prestasi kompresor dapat dihindarkan, tekanan kerja yang lebih rendah, mesin dapat bekerja lebih aman, yang kemungkinan terjadinya kebocoran, kerusakan, ledakan, dan sebagainya, menjadi lebih kecil.

**(3) Kalor laten penguapan harus tinggi**

**(4) Volume spesifik (terutama dalam fasa gas) yang cukup kecil**

**(5) Koefisien prestasinya harus tinggi**

**(6) Konduktivitas termal yang tinggi**

**(7) Viskositas yang rendah dalam fasa cair maupun fasa gas**

**(8) Konstanta dielektrika dari refrigeran yang kecil, tahanan listrik yang besar, serta tidak menyebabkan korosi pada material isolator**

**(9) Refrigeran hendaknya stabil dan tidak bereaksi dengan material yang**

**dipakai, juga tidak menyebabkan korosi**

- (10) *Refrigeran tidak boleh beracun dan berbau merangsang*
- (11) *Refrigeran tidak boleh mudah terbakar dan mudah meledak*
- (12) *Refrigeran harus mudah dideteksi, jika terjadi kebocoran*
- (13) *Harganya tidak mahal dan mudah didapat*

### 2.5.2. Pengelompokan Refrigeran

Berdasarkan jenis senyawanya, refrigeran dapat dikelompokkan menjadi :

- 1). Kelompok refrigeran senyawa halokarbon : R-11, R-12, R-22, R-113, R-50, R-170, R-290
- 2). Kelompok refrigeran senyawa organik cyclic : R-316, R-317, R-318
- 3). Kelompok refrigeran campuran azeotropik : R-401A, R-402B, R-403B, R-404A
- 4). Kelompok campuran azeotropik : R-500, R-134a, R-125, R-143a
- 5). Kelompok refrigeran organik lainnya : R-600, R-600A, R-610, R-611, R-630, R-631
- 6). Kelompok refrigeran senyawa anorganik : R-702, R-704, R-717, R-718, R-720, R-729, R-732, R-740, R-744, R-744a, R-764
- 7). Kelompok refrigeran organik tak jenuh : R-1130, R-1150, R-1270

Berdasarkan tingkat mampu nyala dan racun, maka Refrigeran dapat diklasifikasikan sebagai :

- 1). Refrigeran kelas A1 : tidak beracun dan tidak mudah terbakar. Semua Refrigeran Halokarbon masuk kedalam kelas Refrigeran ini.
- 2). Refrigeran kelas A2 : tidak beracun, namun tingkat nyalanya masuk kelas 2. Refrigeran campuran Zeotropik antara kelas A1 dan A3 bisa masuk kelas Refrigeran ini. R-32, R-141b, dan R-152a juga masuk kedalam kelas Refrigeran ini.
- 3). Refrigeran kelas A3 : tidak beracun, namun mudah terbakar. Refrigeran hidrokarbon juga masuk kedalam A3.
- 4). Refrigeran kelas B1 : beracun tetapi tidak mudah terbakar. Tidak ada Refrigeran yang bisa masuk kedalam kelas ini.
- 5). Refrigeran kelas B2 : beracun dan mudah terbakar. Amoniak termasuk kelas B2.
- 6). Refrigeran kelas B3 : beracun dan mudah terbakar. Kelas Refrigeran ini tidak pernah digunakan.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Lokasi, dan Waktu Penelitian

Pada pelaksanaan kegiatan penelitian dilakukan di ruang Laboratorium Proses Produksi Kampus Teknik Mesin Universitas Medan Area, pada hari sabtu dan minggu tanggal 7-12 Desember 2014.

#### 3.2. Alat dan Bahan Penelitian

##### 3.2.1. Alat Penelitian

Alat penelitian yang digunakan adalah :

1. 1 Unit alat peraga mesin Refrigerasi yang dirancang dengan mengikuti standarisasi Ashrae.



UNIVERSITAS MEDAN AREA Unit Mesin Refrigerasi Kompresi uap sederhana

Unit mesin Refrigerasi kompresi uap ini terdiri dari :

- a. Kompresor tipe scroll, 1 Phase, 220-240Volt, 50Hz



Gambar 3.2. Kompresor-Scroll

- b. Kondensor tipe sirip berpendingin kipas



Gambar 3.3. Kondenser bersirip berpendingin kipas

- c. Pipa kapiler tembaga, dengan diameter 0.42 mm



Gambar 3.4. Pipa Kapiler

- d. Pipa sirkulasi tembaga, dengan diameter 6.35 mm



Gambar 3.5. Pipa sirkulasi sistem Refrigerasi

- e. Evaporator tipe sirip memakai kipas sebagai sirkulasi udara



Gambar 3.6. Evaporator bersirip memakai kipas

- f. 4 Unit Pressure Gauge yang diletakkan pada titik tekanan tinggi dan tekanan rendah



Gambar 3.7. Pengukur Tekanan

- g. 1 unit Volt meter digital; digunakan untuk pengukur tegangan yang dihasilkan oleh kompresor.



Gambar 3.8. Volt meter digital

- h. 1 unit Ampere meter digital; pengukur arus masuk kompresor



Gambar 3.9. Ampere digital

- i. 1 unit Termometer digital; sensor pengukur suhu

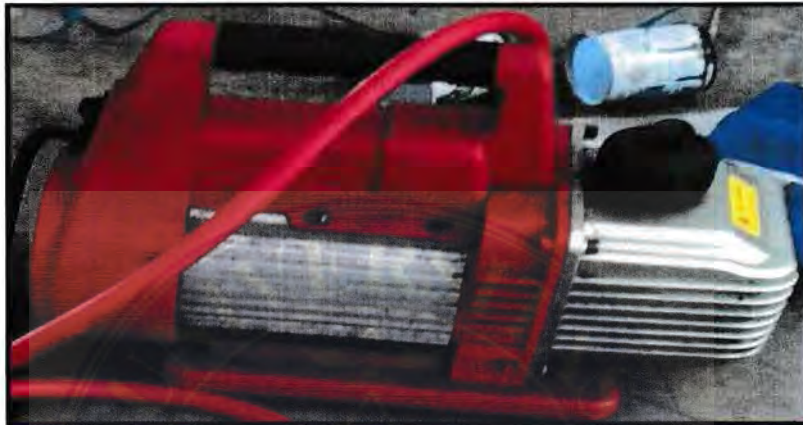


UNIVERSITAS MEDAN AREA Gambar 3.10. Termometer digital



2. Peralatan pendukung dalam pengujian, yang berupa :

- a. Pompa Vakum : digunakan untuk penghampa udara pada sistem pipa sirkulasi, yang bertujuan menghilangkan kadar air dalam oksigen pada pipa sirkulasi.



Gambar 3.11. Pompa Vakum

- b. Intake manifold : digunakan untuk menguji kebocoran, membaca suhu sepadan, mengecas bahan pendingin, memvakum sistem penyamaan udara, membaca tekanan tinggi dan rendah sistem penyamaan udara.



Gambar 3.12. Intake Manifold

- c. Timbangan digital : digunakan untuk mengukur berat Refrigeran yang masuk kedalam sistem dan bersamaan dengan manifold gauge saat pengisian Refrigeran.



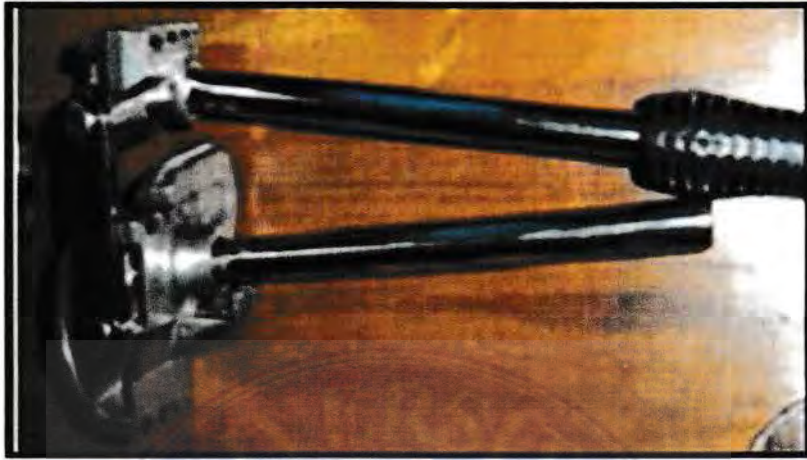
Gambar 3.13. Timbangan digital

- d. *Flaring and Sweaging* : digunakan untuk memperbesar diameter ujung pipa pada saat penyambungan pipa.



Gambar 3.14. Pembesar lubang Pipa

- e. Pembengkok pipa : digunakan untuk membengkokkan pipa pada saat pipa mengalami persimpangan.



Gambar 3.15. Pembengkok Pipa

### 3.3. Bahan Penelitian

Pada penelitian ini bahan pendingin atau *Refrigerant* yang digunakan yaitu: Refrigeran HCFC-22 (merk *Duppont*), HFC-134a (merk *Super Cool*), dan HFC-404a (merk *Daillian*).



### UNIVERSITAS MEDAN AREA 4.6. Bahan Pendingin ( *Refrigerant* )

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/12/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

### 3.4. Langkah-langkah Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan yaitu :

- (1). Melakukan proses pemakuman pada sistem perpipaan
- (2). Memastikan alat peraga Mesin refrigerasi dalam kondisi siap
- (3). Menghidupkan mesin refrigerasi selama 1 jam hingga kondisi tetap, sambil memeriksa sistem perpipaan dari kebocoran.
- (4). Menimbang jumlah massa dalam tabung refrigeran sebelum pengisian, menakar jumlah massa refrigeran yang mengalir masuk ke sistem
- (5). Mencatat suhu dan tekanan keluaran yang ditunjukkan pada masing-masing alat pengukur, pengukurannya berupa :  $P_1 T_1$  ,  $P_2 T_2$  ,  $P_3 T_3$ .
- (6). Mengulang semua langkah setelah mengganti bahan percobaan yang lainnya.
- (7). Mengolah data yang diperoleh dengan analisa secara ilmiah.

### 3.5. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.17. Diagram Alir Penelitian

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan pengamatan dan analisa yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil analisis didapatkan Koefisien Prestasi ( COP ) paling tinggi didapatkan dari pemakaian refrigeran HFC-134a sebesar 2.83, tentu dari segi pemakaian energi listrik juga cukup hemat. Maka, pemakaian refrigeran HFC-134a sudah cukup baik.
2. Dari grafik menunjukkan bahwa, semakin besar kapasitas refrigerasi sistem maka COP akan seiring meningkat, namun seiring perubahan waktu dan fasa refrigeran dalam sistem kapasitas refrigerasi dan COP mengalami penurunan, ini dikarenakan sifat dari refrigeran tersebut.
3. Dari hasil penelitian ini bahwa Refrigeran HFC-134a sifatnya yaitu bersuhu rendah dan juga bertekanan rendah, dengan ratio tekanan 7.28. Sehingga kerja dari kompresor menjadi ringan, maka pemakaian energi listrik menjadi sedikit. Namun pada saat sistem memakai refrigeran HCFC-22 kondisi cukup stabil dengan COP pada 20 menit pertama 2.65 hanya turun di 2.55, sedangkan COP refrigeran HFC-134a pada 20 menit pertama 2.81 turun menjadi 2.69.

4. Dalam mendesain mesin pendingin sangat tergantung pada sifat Refrigeran yang akan dipakai, dimana ; harus ada perlakuan khusus pada sebuah komponen.

## 5.2. Saran

Berdasarkan Analisa dan pengamatan yang dilakukan dalam penelitian, penulis menyarankan beberapa hal berikut :

1. Penggunaan HCFC-22 kondisi mesin stabil, suhu evaporasi cukup tinggi, namun penggunaan Refrigeran HCFC sudah dilarang pada kesepakatan International, HFC-134a sudah cocok untuk menggantikan HCFC-22.
2. Dari hasil analisis yang telah dilakukan, pada pemakaian HFC-134a sudah cukup memuaskan, namun jika ingin lebih meningkatkan kinerja dari mesin pendingin, pada kondensor suhu juga diusahakan tetap dalam keadaan konstan.
3. Pada sistem yang telah dirancang, sebaiknya media pendinginan yang ada pada kondensor diusahakan bekerja secara optimal.

## DAFTAR PUSTAKA

Arismunandar, W. dan Saito, H.; 1986: *Penyegaran Udara*; PT Pradnya Paramita, Jakarta.

Boles, M.A. dan Cengel, Y.A.; 2011: *Solution Manual for Thermodynamics: An Engineering Approach*, 7<sup>th</sup> SI Unit, McGraw-Hill.

Boles M. A. and Cengel Y. A, *Thermodynamics: An Engineering Approach*, 5<sup>th</sup>ed, McGraw-Hill, 2006.

<http://myracworkshop.blogspot.co.id/2012/08/kepelbagian-fungsi-manifold-gauge.html>.

International Journal of Energy and Environment (IJEE), 2011, pp.297-310

Properties. Genetron v 1.2. *Refrigeran Technical Service*: Buffalo Research Laboratory (BRL)-NY-USA, © Honeywell International Inc. 2010

Stoecker, W. F. & Jones, J. W.; 1996: *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*; Terjemahan. Supratman Hara; Erlangga, Jakarta.

Windy, H.M.dkk; 2011: *Modul Praktikum Refrigerasi Dasar*; Politeknik Negeri Bandung.