

# TUGAS AKHIR

## PERANCANGAN EVAPORATOR PADA MESIN PENDINGIN (AC) RUANGAN

Diajukan sebagai persyaratan untuk mendapatkan gelar Ahli Madya Teknik  
Jurusan Teknik Mesin D-III Fakultas Teknologi Industri di  
Institut Teknologi Nasional Malang



*Disusun Oleh :*

**NAMA : MUHAMMAD ILHAM**

**NIM : 00.51.013**

**JURUSAN TEKNIK MESIN D-III  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
MARET 2005**

MILIK  
PERPUSTAKAAN  
ITN MALANG

# BUKLA 2001

## PERANGKAT PERANGKAT PERANGKAT PERANGKAT PERANGKAT (A) PERANGKAT

Perangkat lunak adalah program komputer yang digunakan untuk menjalankan perangkat keras. Perangkat lunak adalah program yang memerintahkan perangkat keras untuk melakukan tugas tertentu. Perangkat lunak adalah program yang memerintahkan perangkat keras untuk melakukan tugas tertentu.



Perangkat lunak :  
Perangkat lunak :  
Perangkat lunak :

Perangkat lunak adalah program komputer yang digunakan untuk menjalankan perangkat keras. Perangkat lunak adalah program yang memerintahkan perangkat keras untuk melakukan tugas tertentu. Perangkat lunak adalah program yang memerintahkan perangkat keras untuk melakukan tugas tertentu.

**LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR**

**PERENCANAAN EVAPORATOR PADA MESIN  
PENDINGIN (AC) RUANGAN**

**Diajukan sebagai persyaratan untuk mendapatkan gelar Ahli Madya Teknik  
Jurusan Teknik Mesin D-III Fakultas Teknologi Industri di  
Institut Teknologi Nasional Malang**

Disusun oleh :

Nama : Muhammad Ilham  
Nim : 00.51.013  
Jurusan : Teknik Mesin D-III  
Fakultas : Teknologi Industri

Mengetahui dan disetujui :

Ketua Jurusan Teknik Mesin D-III



( Ir. Teguh Rahardjo, MT )

Dosen Pembimbing



( Ir. Teguh Rahardjo, MT )

*acc.*



Jurusan Teknik Mesin D-III  
Program Studi Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri

**LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR**

**“PERENCANAAN EVAPORATOR PADA MESIN  
PENDINGIN (AC) RUANGAN”**

Nama : Muhammad Ilham

Nim : 00.51.013

Dosen Pembimbing : Ir. Teguh Rahardjo, MT

NO	TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
1	20/1-2005	konultasi Bab I	
2		lanjutan.	
3	25/1-2005	Bab II → teor.	
4		pendahuluan	
5	10/2-2005	Bab III - Sempurna	
6		Perhitungan, kalor	
7	25/2-2005	lanjutan - sp.	
8	10/3-2005	Pelaksanaan / Acc.	

Mengetahui:

Dosen Pembimbing

(Ir. Teguh Rahardjo, MT)



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

T. BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

---

**KARTU BIMBINGAN TUGAS AKHIR**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

1. Nama Mahasiswa : Muhammad Ilham
2. Nim : 00.51.013
3. Jurusan : Teknik Mesin
4. Program Studi : Teknik Mesin Diploma Tiga ( D-III )
5. Judul Tugas Akhir : Perencanaan Evaporator Pada Mesin Pendingin  
(AC) Ruangan
6. Pengajuan Tugas Akhir : Oktober 2004
7. Selesai Menulis TA : Maret 2005
8. Dosen Pembimbing : Ir. Teguh Rahardjo, MT
9. Keterangan Nilai Bimbingan : 85,00 ( *Delapan puluh lima koma nol-nol* )

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknologi Industri

**Ir. Mochtar Asroni, MT**

Dosen Pembimbing

**Ir. Teguh Rahardjo, MT**



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

BNI (PERSERO) MALANG  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**BERITA ACARA UJIAN TUGAS AKHIR**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama Mahasiswa : Muhammad Ilham  
NIM : 00.51.013  
Jurusan / Program Studi : Teknik Mesin D-III  
Judul Tugas Akhir : Perencanaan Evaporator Pada Mesin Pendingin  
(AC) Ruangan  
Dipertahankan dihadapan Team Penguji Ujian Tugas Akhir Jenjang Program Diploma III  
( D-III ) pada :  
Hari / Tanggal : Sabtu / 26 Maret 2005  
Dengan Nilai / Hasil Ujian : 62,50 ( Enam puluh dua koma lima puluh )

**PANITIA UJIAN TUGAS AKHIR**

**Ketua**

Ir. Mochtar Asroni, MT

**Sekretaris**

Ir. Teguh Rahardjo, MT

**ANGGOTA**

Ir. H. Widjatmoko, MT

Sibut, MT  
S

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena dengan rahmat serta hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir dapat terselesaikan dengan lancar. Dimana tugas ini sebagai prasarat kelulusan di ITN khususnya Jurusan Teknik Mesin D-III

Dalam kesempatan ini kami tidak lupa mengucapkan banyak terima kasih

kepada :

1. Bapak Dr.Ir.Abraham Lomi, MSEE, selaku Rektor Institut Teknologi Nasional Malang
2. Bapak Ir.Moctar Asroni. MSME, selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang
3. Bapak Ir. Teguh Raharjo, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Diploma III Institut Teknologi Nasional Malang dan selaku Dosen Pembimbing
4. Semua rekan-rekan mahasiswa dan rekan-rekan lainnya yang telah banyak membantu dalam penyusunan laporan ini.

Kami menyadari bahwa laporan yang kami susun ini jauh dari sempurna dan banyak kekurangan-kekurangan. Untuk itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun guna kesempurnaan laporan ini.

Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca. Amin.

Malang,

Penyusun

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	i
<b>LEMBAR ASSISTENSI</b> .....	ii
<b>KARTU BIMBINGAN TUGAS AKHIR</b> .....	iii
<b>BERITA ACARA UJIAN TUGAS AKHIR</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penulisan.....	2
1.5 Metodologi Penulisan.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Prinsip Umum Mesin Pendingin.....	5
2.2. Prinsip Kerja Mesin Pendingin.....	6
2.3. Sistem Refigerasi.....	8
2.3.1. Sistem refrigerant kompresi uap.....	8
2.3.2. Sistem refrigerant absorpsi.....	9

2.4. Refrigerant.....	10
2.4.1. Karakteristik Thermodinamika pada Refrigerant.....	11
2.4.2. Pengaruh Material pada Refrigerant.....	11
2.4.3. Dasar-dasar Pemilihan Refrigerant.....	12
2.4.4. Dichlorodifluoromethane (CCL <sub>2</sub> F <sub>2</sub> ).....	14
2.5. Siklus Referigerasi Mesin Pendingin.....	15
2.6. Aliran Udara pada Mesin Pendingin.....	17
2.7. Evaporator.....	17
2.7.1. Evaporator jenis ekspansi kering.....	18
2.7.2. Evaporator jenis setengah basah.....	18
2.7.3. Evaporator jenis basah.....	19
2.8 Beberapa macam konstruksi evaporator.....	19
2.8.1. Evaporator tabung dan koil.....	19
2.8.2. Evaporator tabung dan pipa jenis ekspansi kering.....	20
2.8.3. Koil dengan pendingin udara.....	22
2.9. Perpindahan Panas.....	24
2.9.1. Kapasitas pendingin dari evaporator.....	24
2.9.2. Perbedaan temperatur rata-rata.....	25
2.10. Cara-cara perpindahan panas.....	27

### **BAB III PEMBAHASAN**

3.1. Pembahasan beban pendinginan.....	28
3.1.1. Beban pendingin karena pergantian udara/infiltrasi.....	28

3.2. Pembahasan perencanaan evaporator.....	30
3.2.1. Dampak Refrigerasi.....	30
3.2.2. Laju aliran volume.....	32
3.2.3. Perbedaan temperature rata-rata (LMTD).....	33
3.2.4. Luas bidang perpindahan kalor pada evaporator.....	34
3.2.5. Koefisien prestasi.....	34

#### **BAB IV   MENGANALISA GANGGUAN**

4.1 Menganalisa gangguan pada komponen.....	36
4.1.1  Sistem kurang isi bahan pendingin/bocor.....	36
4.1.2  Sistem buntu sebagian pada evaporator.....	36
4.1.3  Sistem buntu sama sekali pada katup ekspansi.....	37
4.2 Memperbaiki gangguan pada komponen.....	38

#### **BAB V   PENUTUP**

5.1. Kesimpulan.....	39
5.2. Saran-saran.....	40

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema Sistem Penyejukan Udara.....	7
Gambar 2.2	Diagram Alir Siklus Refrigerasi Mesin Pendingin.....	15
Gambar 2.3	Diagram Tekanan Enthalpi.....	16
Gambar 2.4	Evaporator Tabung Dan Koil.....	20
Gambar 2.5	Evaporator Tabung Dan Pipa Jenis Ekspansi Kering.....	22
Gambar 2.6	Evaporator Koil Bersirip Pelat Jenis Ekspansi Kering.....	24
Gambar 2.7	Selisih Temperatur Rata-rata.....	26

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Pada masa sekarang ini, dimana tingkat perkembangan sains dan teknologi berkembang begitu cepat seiring dengan bertambahnya tingkat populasi manusia, menuntut kita untuk berlomba-lomba bersaing dalam usaha memenuhi kebutuhan hidup. Hal ini secara tidak langsung akan dapat mempengaruhi pola pikir manusia yang semula sangat normal menuju kepada pola pikir yang praktis dan instant.

Contoh sederhana adalah dalam dunia rumah tangga, otomotif, perusahaan, perkantoran, dimana dahulu orang tidak banyak berfikir bagaimana bila kita berada dalam suatu ruangan bisa merasa sejuk atau dingin dalam cuaca yang panas, atau saat berada dalam mobil atau bus kita merasa sejuk dalam udara yang panas, atau bahkan bagaimana caranya agar makanan yang dikonsumsi dapat bertahan lama dan awet. Namun saat ini dapat kita lihat betapa banyaknya peralatan-peralatan yang diciptakan agar dapat memanjakan kita, seperti contohnya air conditioner (AC), lemari es dan alat-alat pendingin lainnya..

Khususnya peralatan system pendingin, sekarang ini system pendingin bukan merupakan barang asing lagi dikalangan masyarakat.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, maka perlulah kiranya kita mengkaji lebih jauh tentang komponen mesin pendingin tersebut dalam laporan ini. Dalam pembahasan nanti kami akan membahas komponen mesin pendingin, khususnya evaporator. Maka masalah yang akan dibahas adalah:

- a. Bagaimana merancang evaporator yang akan digunakan pada mesin pendingin.
- b. Bagaimana cara merawat evaporator pada mesin pendingin.
- c. Bagaimana cara menganalisa gangguan dan kerusakan evaporator pada mesin pendingin.
- d. Bagaimana menentukan ukuran evaporator.

## **1.3. Batasan Masalah**

Dalam pembahasan masalah mesin pendingin, kita membatasi permasalahan yang akan dibahas dalam perancangan evaporator adalah:

- a. Prinsip kerja dari evaporator pada mesin pendingin.
- b. Bagaimana merancang evaporator pada mesin pendingin.
- c. Bagaimana cara merawat dan menganalisa gangguan pada evaporator.

## **1.4. Tujuan Penulisan**

Berdasarkan batasan masalah diatas adapun tujuan penulisan ini adalah:

- a. Dapat memahami cara kerja komponen pendingin pada ruangan, khususnya evaporator.

- b. Dapat mengetahui beberapa jenis evaporator yang sering digunakan pada sistem pendingin ruangan.
- c. Dapat mengetahui perawatan evaporator pada mesin pendingin.

### **1.5. Metodologi Penulisan**

Dalam penyusunan laporan ini penulis menggunakan beberapa metode penulisan, antara lain:

- a. Metode literatur: yang mengacu pada literature-literatur dan referensi-referensi yang mendukung.
- b. Metode observasi: yaitu mengadakan pengamatan dan penelitian langsung ke lapangan sebagai bahan perbandingan.
- c. Metode wawancara: yaitu mengadakan wawancara dan tanya jawab langsung pada yang ahli dibidangnya.

### **1.6. Sistematika Penulisan**

Agar dalam penulisan ini terarah maka dibagi menjadi beberapa bab, yaitu:

#### **BAB I            PENDAHULUAN**

Menerangkan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, metodologi penulisan, dan sistematika penulisan.

#### **BAB II           TINJAUAN PUSTAKA**

Dalam bab ini membahas teori-teori yang berhubungan dengan sistem, siklus kerja komponen utama mesin pendingin khususnya evaporator.

**BAB III PERHITUNGAN**

Yang dibahas dalam bab ini adalah perhitungan berdasarkan persamaan yang diambil dari literatur yang berhubungan dengan evaporator.

**BAB IV MENGANALISA GANGGUAN**

Membahas tentang gangguan yang terjadi pada evaporator mesin pendingin.

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Berisi kesimpulan dan saran

## **2.2. Prinsip Kerja Mesin Pendingin**

Pertama-tama refrigeran gas diisikan kedalam sistem ditekan oleh kompresor melalui saluran tekan (discharge line) dengan tekanan-tekanan yang cukup tinggi masuk kedalam kondensor. Di dalam kondensor gas refrigeran tersebut dibuang kalornya dengan media pendingin air atau udara, sehingga refrigeran tersebut akan berubah fase menjadi cair tetapi tekanannya masih tinggi. Kemudian refrigeran cair tersebut dialirkan melalui saluran cairan yang mempunyai diameter lebih kecil dibandingkan pipa discharge, dengan tujuan untuk mempertahankan cairan tetap cair. Pada saluran ini refrigeran disaring dan dikeringkan oleh filter/dryer dan hasilnya dapat terlihat pada sight glass. Selanjutnya refrigeran cair bertekanan tinggi tersebut masuk kedalam metering device yang mempunyai orifice dengan diameter yang sangat kecil. Akibatnya setelah katup ekspansi ini, komponen berikutnya adalah evaporator diameter pipa yang cukup besar, maka didalam evaporator akan terjadi pengkabutan refrigeran dengan tekanan temperatur yang rendah. Temperatur dan tekanan yang rendah ini akan dapat menyerap kalor dari sekeliling evaporator. Sehingga temperatur disekitarnya menjadi turun. Sedangkan refrigeran tersebut akan menguap dan menjadi gas kembali mengalir ke kompresor melalui saluran hisap (suction line). Demikian siklus tersebut terjadi berulang-ulang selama sistem dioperasikan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Prinsip Umum Mesin Pendingin**

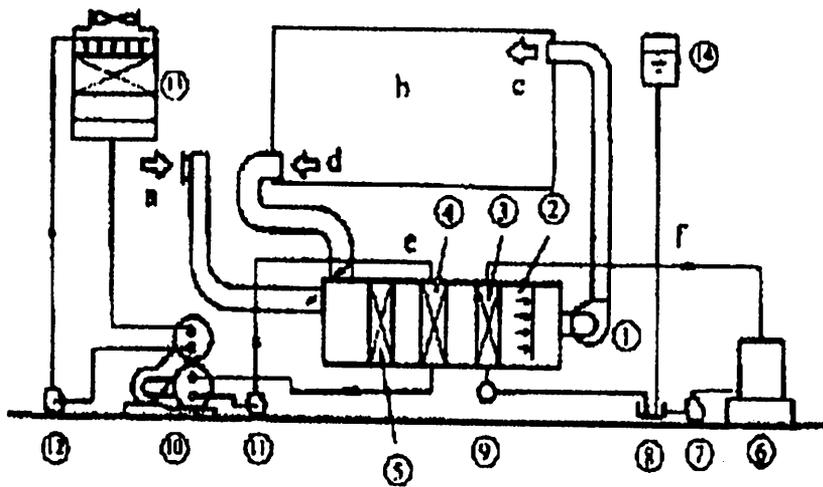
Mesin pendingin adalah salah satu mesin yang dapat menurunkan panas (suhu) dan mempertahankannya sesuai dengan suhu yang diinginkan. Dalam mesin pendingin digunakan siklus refrigerasi untuk mencapai temperatur yang diinginkan. Dengan siklus refrigerasi ini dan perkembangannya, merintis jalan bagi penggunaan mesin pendingin untuk keperluan industri-industri, perkantoran, rumah tempat tinggal, dan media transportasi.

Pendingin dapat didefinisikan sebagai proses pengeluaran kalor dari suatu zat yang diinginkan, adapun tujuan pendingin yaitu untuk mereduksi temperatur suatu zat (aksi pendingin), merubah wujud zat (seperti air menjadi es) dan mempertahankan keadaan zat tersebut untuk pengkondisian udara (pada suatu ruang kerja) tentunya diharapkan dapat memberi kenyamanan bagi orang yang berada di dalam ruangan tersebut. Bagi keperluan pengawetan bahan makanan yang diharapkan adalah kondisi dimana bakteri (mikroba) tidak bisa hidup sehingga bahan makanan tersebut aman dari gangguan bakteri itu.

Mesin pendingin adalah suatu alat yang menggunakan siklus refrigerasi untuk mencapai temperatur yang diinginkan agar temperatur tersebut lebih rendah dari temperatur yang ada disekelilingnya. Dengan adanya siklus refrigersi tersebut dan perkembangan mesin refrigerasi merintis jalan bagi pembuatan dan penggunaan mesin pendingin.

Gambar 2.1.

Skema sistem penyegaran udara



Sumber: Wiranto Arismunandar, Heizo Saito, "Penyegaran Udara", hal 72

- |                                    |                                   |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| a. Udara luar                      | 5. Saringan udara                 |
| b. Ruangan                         | 6. Ketel uap                      |
| c. Udara masuk                     | 7. Pompa air                      |
| d. Udara kembali                   | 8. Tangki air panas               |
| e. Udara dingin                    | 9. Penangkap uap                  |
| f. Air panas                       | 10. Mesin refrigerasi             |
| 1. Kipas udara                     | 11. Pompa sirkulasi air dingin    |
| 2. Pelembab udara                  | 12. Pompa sirkulasi air pendingin |
| 3. Koil pemanas                    | 13. Menara pendingin              |
| 4. Pendingin udara /koil pengering | 14. Tangki ekspansi               |

## **2.3 Sistem Refrigerasi**

Sistem refrigerasi adalah sebuah sistem yang berfungsi menyerap panas pada benda atau udara yang diturunkan temperaturnya, serta melepaskannya pada media lain, sehingga akan didapatkan tingkat keadaan yang diinginkan.

Sistem refrigerasi untuk pendinginan yang banyak dipakai adalah sistem refrigerasi absorpsi. Sedangkan untuk mesin pendingin (AC) ruangan yang dirancang menggunakan sistem refrigerasi kompresi uap, dimana terdapat komponen-komponen utama antara lain :

- Kompresor
- Kondensor
- Katup Ekspansi
- Evaporator

### **2.3.1. Sistem Refrigerasi Kompresi Uap**

Pada sistem refrigerasi uap, refrigeran menyerap udara ruangan melalui evaporator pada temperatur dan tekanan yang rendah, sehingga terjadi penguapan kemudian uap refrigeran dilewatkan kompresor sehingga temperatur dan tekanan naik menjadi uap super panas. Selanjutnya uap refrigeran dicairkan di dalam kondensor sehingga berubah menjadi cairan jenuh. Setelah keluar dari kondensor refrigeran cair diturunkan temperatur dan tekanannya mencapai tekanan dan temperatur rendah melalui katup ekspansi atau pipa kapiler. Kemudian refrigeran cair dengan tekanan rendah dialirkan menuju evaporator, di dalam evaporator terjadi penguapan dimana penguapan ini terjadi karena

refrigeran menyerap dari luar sekitar evaporator, sehingga disekeliling evaporator akan menjadi dingin.

### **2.3.2. Sistem Refrigerasi Absorpsi**

Pada sistem refrigerasi ini tidak memakai kompresor, disini kompresor digantikan dengan absorber dan generator. Jika proses absorpsi ini dilakukan secara adiabatik, suhu larutan naik dan akhirnya absorpsi uap akan berhenti. Untuk mengkekalkan absorpsi, maka absorber didinginkan oleh air atau udara yang kemudian melepaskan panas ini ke udara bebas. Pompa menerima zat cair tekanan rendah dari absorber, kemudian meninggikan tekanan zat cair, lalu mengirimkan zat cair ke generator. Di dalam generator, panas dari suatu temperatur yang tinggi mendorong lepas uap yang telah diserap oleh larutan. Larutan cair dikembalikan ke absorber melalui katup throttle yang maksudnya adalah untuk memberikan penurunan tekanan guna menjaga beda tekanan antara generator dengan absorber. Bagian-bagian yang penting dari sistem absorpsi adalah :

1. Generator (sebagai pembangkit)
2. Kondensor (sebagai pengembun)
3. Evaporator (sebagai penguap)
4. Absorber (sebagai penyerap)

Sedangkan pola aliran panas dari keempat penukar panas tersebut pada daur absorpsi yaitu panas suhu tinggi masuk ke dalam generator, sedangkan panas suhu rendah dari bahan yang hendak didinginkan masuk

kedalam evaporator. Pelepasan panas dari daur terjadi pada absorber dan kondensor pada suhu-suhu tertentu sehingga panas dapat dibuang ke atmosfer.

#### **2.4. Refrigeran**

Refrigeran adalah suatu zat yang berfungsi sebagai media pendingin dengan menyerap panas dari suatu zat lain pada temperatur dan tekanan yang rendah (terjadi pada evaporator) dan melepaskan panas pada temperatur dan tekanan tinggi (terjadi pada kondensor).

Refrigeran ada dua macam, yaitu :

1. Refrigeran primer yaitu refrigeran yang digunakan dalam sistem kompresi uap atau zat yang bersikulasi langsung melalui komponen-komponen utama mesin pendingin. Refrigeran primer yang digunakan pada mesin pendingin ini adalah R12, dimana titik didihnya mencapai  $-29,8^{\circ}\text{C}$  pada 1 atm, panas laten  $71,74$  Btu/lb pada titik didih sehingga panas penguapannya mencapai  $15^{\circ}\text{C}$ .

2. Refrigeran Sekunder

Refrigeran sekunder yaitu cairan yang digunakan untuk membawa energi panas bersuhu rendah dari suatu tempat ke tempat yang lain. Refrigeran sekunder mengalami perubahan fase. Air dapat berfungsi sebagai refrigeran sekunder, akan tetapi yang sering digunakan adalah brine (larutan garam) atau larutan anti beku yang merupakan larutan dengan temperatur pembekuan dibawah  $^{\circ}\text{C}$ . Larutan anti beku yang berkonsentrasi tinggi mempunyai viskositas yang tinggi, daya hantar thermal yang rendah, senyawa ini termasuk merugikan. Oleh karena itu diharapkan dalam membuat konsentrasi bahan anti beku tidak lebih dari yang diperlukan untuk pencegahan pembekuan.

#### **2.4.1. Karakteristik Termodinamika pada Refrigeran**

Refrigerasi sebaiknya menguap pada tekanan sedikit lebih tinggi dari tekanan atmosfer. Dengan demikian, dapat dicegah terjadinya kebocoran udara luar termasuk sistem refrigeran karena kemungkinan adanya kevakuman pada waktu masuk kompresor (bagian tekanan rendah). Refrigeran yang memiliki titik didih tinggi digunakan untuk keperluan pendinginan temperatur tinggi (pendinginan udara). Sedangkan refrigeran yang titik didihnya rendah biasanya digunakan untuk keperluan operasi pendinginan temperature rendah (refrigerasi). Dari segi termodinamika, R12, R22, Amonia, dan sebagainya, dapat dipakai untuk temperatur daerah yang luas, dan keperluan pendinginan udara sampai ke refrigerasi.

Apabila refrigeran memiliki kalor (panas) laten yang tinggi dan volume spesifik (gas) yang kecil, maka untuk kapasitas yang sama, daya dan volume langkah torak kompresor yang diperlukan menjadi lebih kecil. R12 banyak dipergunakan untuk operasi temperatur tinggi, sedang, ataupun rendah (untuk refrigerasi). Selain itu R12 tidak berwarna dan tidak berbau pada konsentrasi dibawah 20 % dari volume.

#### **2.4.2. Pengaruh Material pada Refrigeran**

Bermacam-macam logam dan jenis bahan lainnya dipakai pada sistem refrigeran dari suatu unit refrigerasi. Oleh karena itu refrigeran harus stabil secara fisik dan kimiawi atau tidak bereaksi dengan material yang dipergunakan.

Untuk hal tersebut banyak jenis refrigeran freon yang tersedia. Refrigeran Freon adalah stabil kimiawi dan tak menyebabkan korosi. Namun ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan Freon sebagai refrigerasi.

Dibandingkan dengan R12, R22 cenderung merusak karet dan minyak pelumas. Refrigerasi Freon tidak merusak baja, tembaga dan kuningan. Meskipun demikian, Freon sangat korosif terhadap paduan aluminium yang mengandung banyak magnesium, juga terhadap paduan aluminium dan tembaga dimana refrigeran sangat tergantung pada adanya kotoran dan air. Boleh dikatakan bahwa refrigeran Freon adalah netral.

#### **2.4.3. Dasar-dasar Pemilihan Refrigeran**

Dalam menentukan pemilihan refrigeran yang akan digunakan maka harus memilih refrigeran yang sesuai dengan jenis kompresor yang dipakai dan karakteristik termodinamikanya yang antara lain meliputi temperatur, tekanan penguapan dan tekanan pengembunan.

Sifat-sifat ideal refrigeran yang diharapkan antara lain :

1. Tidak mudah terbakar dan tidak beracun.
2. Tekanan dan temperature kondensasi tidak terlalu tinggi dikaitkan dengan media yang digunakan agar konstruksi tidak terlalu berat.
3. Tekanan yang berkaitan dengan temperatur kerja evaporator harus lebih besar dari tekanan atmosfer untuk mencegah udara atau air masuk kedalam sistem dan mempermudah deteksi kebocoran.
4. Mempunyai kalor laten yang tinggi.

5. Volume spesifik uap relative kecil.
6. Kalor spesifik dalam fase cair relatif kecil.
7. Mudah dideteksi kebocorannya.
8. Mudah bercampur dengan minyak pelumas tanpa mempengaruhi sifat pelumasan.
9. Memiliki sifat-sifat perpindahan kalor yang baik.
10. Tidak korosif dan mempunyai sifat kimia yang stabil.
11. Mudah diperoleh dan murah.

Beberapa jenis refrigeran yang dapat digunakan :

1. Amoniak ( $\text{NH}_3$ ) atau R717, banyak digunakan pada pabrik es, pengolahan bahan makanan.
2. Air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) atau R718, banyak digunakan pada siklus uap air pada pengkondisian udara.
3. Carbondioksida ( $\text{CO}_2$ ), banyak digunakan untuk es kering dalam transportasi.
4. FREON-11 atau R11 ( $\text{CCL}_3\text{F}$ ) atau Trichloromonofluoromethane. Refrigeran ini banyak digunakan untuk kompresorsentrifugal pada sistem pengkondisian udara berkapasitas besar.
5. FREON-12 atau R12 ( $\text{CCL}_2\text{F}_2$ ) atau Dichlorodifluoromethane. Refrigeran ini banyak digunakan untuk kapasitas kecil, seperti refrigerator rumah tangga .
6. FREON-22 atau R22 ( $\text{CHCLF}_2$ ) atau Monochlorodifluoromethane. Refrigeran ini banyak digunakan untuk kapasitas besar temperaturnya lebih rendah.

7. R 134a ( $\text{CH}_2\text{FCF}_2$ ) atau Tetrafluoromethane. Refrigeran ini banyak digunakan untuk menggantikan Freon yang banyak merusak lapisan ozon. Sifat-sifat R134a sama dengan sifat R12, yang dapat digunakan untuk mengganti R22.

Keunggulan R12 terhadap R22 adalah :

1. Tekanan kerja dan temperature kerja lebih rendah.
2. Bercampur dengan minyak pelumas lebih baik dalam semua keadaan.
3. Harganya lebih rendah.

#### **2.4.4. Dichlorodifluoromethane ( $\text{CCL}_2\text{F}_2$ )**

Dalam perancangan mesin pendingin ini yang dipergunakan adalah Dichlorodifluoromethane ( $\text{CCL}_2\text{F}_2$ ) atau R12 sebagai fluida kerjanya. R12 adalah bahan sintesis yaitu bahan yang dibuat oleh manusia atau tidak ditemukan di alam, dipasaran bahan ini lebih dikenal dengan sebutan Freon. Salah satu penggunaannya adalah pada pendinginan cepat, dimana suhu pemakaiannya antara  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Selain itu R12 mempunyai titik didih  $-21,6\text{ }^{\circ}\text{F}$  ( $-29,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) pada 1 atm, tekanan penguapan 11,8 psig pada  $5\text{ }^{\circ}\text{F}$  ( $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), kondensasi 93,3 psig pada  $86\text{ }^{\circ}\text{F}$  ( $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) dan panas laten uap 71,74 Btu/lb pada titik didih. Bahan pendingin R12 sangat aman, tidak beracun, tidak korosif, dan dapat dipakai pada suhu tinggi, sedang maupun rendah. Selain itu memilih R12 adalah karena dengan adanya beberapa pertimbangan yaitu :

1. Banyak digunakan dalam sistem pendingin.
2. Mudah terdeteksi jika terjadi kebocoran.
3. Sesuai dengan kompresor yang digunakan.

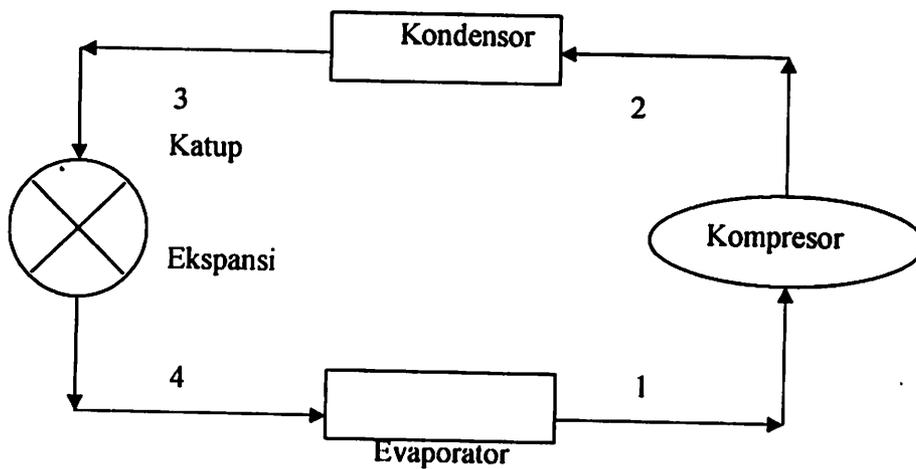
4. Mudah didapat.
5. Tidak beracun, tidak mudah terbakar dan meledak, tidak korosif terhadap logam yang banyak digunakan dalam sistem pendingin.

## 2.5. Siklus Refrigerasi Mesin Pendingin

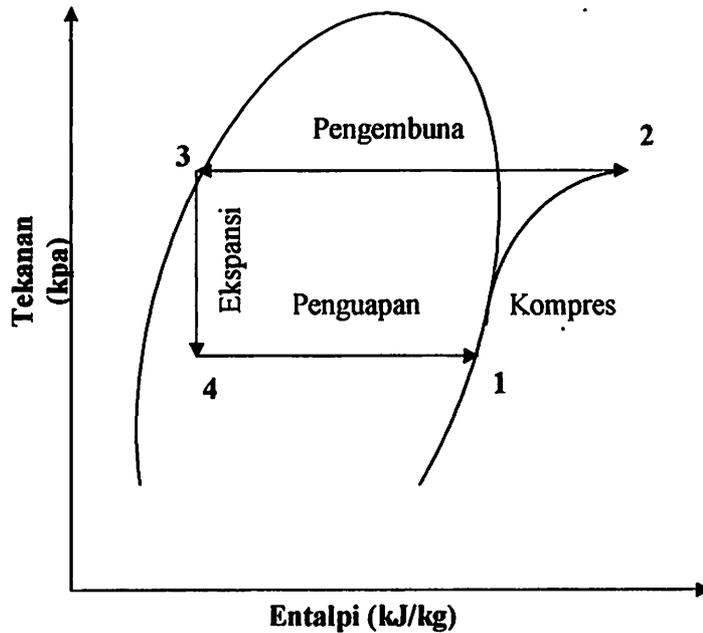
Siklus refrigerasi mesin pendingin yang digunakan pada penyejukan udara adalah siklus refrigerasi kompresi uap dengan sirkulasi refrigeran sebagai berikut :

**Gambar 2.2.**

**Diagram Aliran Siklus Refrigerasi Mesin Pendingin**



Gambar 2.3.



Sumber : W. F. Stoecker, J. W. Jones, "Refrigerasi dan Pengkondisian Udara", Edisi 11, hal 187

Keterangan dari proses yang membentuk siklus kompresi uap pada gambar diatas adalah :

- 1-2 adalah proses kompresi isentropik
- 2-3 adalah proses pelepasan panas pada tekanan konstan menyebabkan penurunan temperatur panas lanjut dan pengembunan refrigeran
- 3-4 adalah proses ekspansi pada enthalpy konstan, dari cairan jenuh menuju tekanan evaporator
- 4-1 adalah proses penyerapan panas pada tekanan tetap menyebabkan penguapan menuju uap jenuh

## **2.6 Aliran Udara pada Mesin Pendingin**

Aliran udara pada mesin pendingin (AC) harus dipasang pada tempat yang lebih tinggi dari media yang didinginkan, agar dapat dialirkan ke semua bagian ruangan dengan merata dan bagian belakang harus diberi cukup ruangan yang terbuka, agar udara yang masuk dan udara panas yang keluar dari kondensor dapat lancar peredarannya (tidak terhalang). Dan pula harus diingat bagian luar ini jangan sampai terkena langsung sinar matahari atau sumber panas yang lain. Bentuk ruangan yang mendapatkan pendinginan (dipasang AC) harus ditutup rapat seperti ; lubang-lubang ventilasi harus ditutup yang rapat, agar ruangan yang didinginkan mendapatkan pendinginan yang diinginkan.

## **2.7 Evaporator**

Evaporator adalah alat penukar panas yang memegang peranan penting di dalam siklus refrigerasi, yaitu mendinginkan suhu media sekitar. Dalam evaporator refrigeran menguap bahkan mendidih karena panas lingkungan sekitar diserap oleh refrigeran. Ada beberapa macam evaporator, antara lain :

- Evaporator jenis ekspansi kering
- Evaporator jenis setengah basah
- Evaporator jenis basah

### **2.7.1. Evaporator jenis ekspansi kering**

Dalam evaporator jenis ekspansi, cairan refrigeran yang diekspansikan melalui katup ekspansi, pada waktu ke evaporator sudah dalam keadaan campuran air dan uap, sehingga keluar dari evaporator dalam keadaan uap kering.

Oleh karena itu sebagian besar dari evaporator terisi oleh uap refrigeran, maka perpindahan panas yang terjadi tidak begitu besar, jika dibandingkan dengan keadaan dimana evaporator terisi oleh refrigeran cair. Evaporator jenis ini tidak memerlukan refrigeran dalam jumlah yang besar, disamping itu jumlah minyak pelumas yang tertinggal di dalam evaporator sangat kecil.

Jumlah refrigeran yang masuk ke dalam evaporator dapat diatur oleh katup ekspansi sedemikian rupa sehingga semua refrigeran meninggalkan evaporator dalam bentuk uap jenuh, dan dalam keadaan uap super panas.

### **2.7.2. Evaporator jenis setengah basah**

Evaporator jenis ini adalah evaporator dengan kondisi refrigeran di antara evaporator jenis ekspansi kering dan evaporator jenis basah. Di dalam evaporator jenis ini selalu terdapat refrigeran cair dalam pipa penguapannya. Oleh karena itu, laju perpindahan panas jenis ini lebih tinggi dari pada yang diperoleh evaporator jenis ekspansi kering, tetapi lebih rendah dari pada yang diperoleh jenis basah.

### **2.7.3. Evaporator jenis basah**

Dalam evaporator jenis basah, sebagian besar dari evaporator terisi oleh cairan refrigeran. Proses penguapannya terjadi seperti pada ketel uap. Gelombang refrigeran yang terjadi karena pemanasan akan naik, pecah pada permukaan cairan atau terlepas dari permukaannya. Sebagian refrigeran akan masuk ke dalam akumulator yang memisahkan uap dari cairan, maka refrigeran yang ada dalam bentuk uap saja yang akan masuk ke dalam kompresor. Bagian refrigeran cair yang dipisahkan di dalam akumulator akan masuk kembali ke dalam evaporator, bersama-sama dengan refrigeran cair yang berasal dari kondensor.

Dengan demikian tabung evaporator terisi oleh cairan refrigeran. Cairan dari refrigeran menyerap panas dari fluida yang hendak didinginkan (berupa air larutan garam), yang mengalir didalam pipa. Uap refrigeran yang terjadi dikumpulkan dibagian atas dari evaporator sebelum masuk ke dalam kompresor.

## **2.8. Beberapa Macam Konstruksi Evaporator**

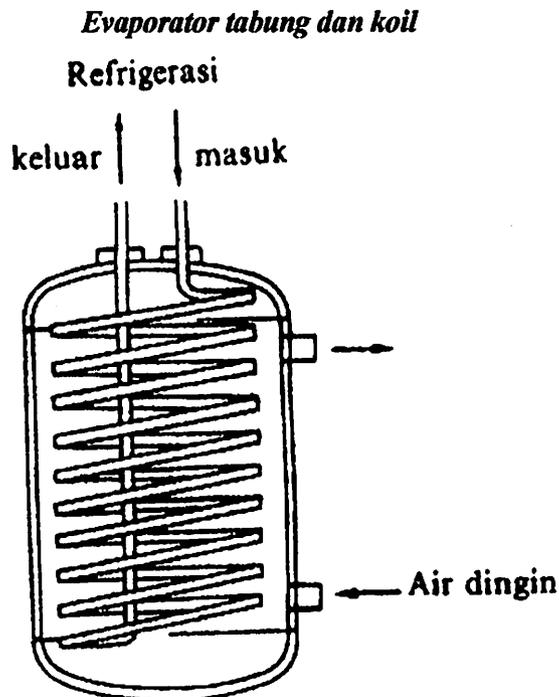
### **2.8.1. Evaporator tabung dan koil**

Pada evaporator tabung dan koil terdapat koil pipa tunggal atau ganda di dalam sebuah silinder. Refrigeran mengalir di dalam koil pipa untuk mendinginkan air atau larutan garam yang ada di bagian luar koil.

Evaporator tabung dan koil dapat dibuat dengan mudah, sebab tidak memerlukan pelat pipa untuk ujung dan pangkal pipa. Evaporator jenis ini hanya

dipakai pada mesin refrigerasi yang kecil, karena laju perpindahan panasnya sangat rendah.

**Gambar 2.4.**



*Sumber : Wiranto Arismunandar, Heizo Saito, "Penyegaran Udara", hal 157*

### 2.8.2. Evaporator tabung dan pipa jenis ekspansi kering

Evaporator jenis ini menggunakan banyak pipa yang dipasang di dalam tabung. Refrigeran mengalir di dalam pipa, sedangkan cairan yang hendak didinginkan mengalir melalui bagian luar pipa refrigeran, yaitu di dalam tabung.

Refrigeran mengalir melalui 2 atau 4 saluran yang dibentuk dengan cara memasang sekat-sekat di dalam ruangan tutup belakang dan tutup depan dari evaporator. Di dalam evaporator, refrigeran menguap sempurna dan selanjutnya mengalir ke dalam kompresor. Pemasukan refrigeran ke dalam

evaporator diatur katup ekspansi otomatis thermostatic, sehingga derajat super panas dari uap refrigeran keluar dapat dibuat konstan.

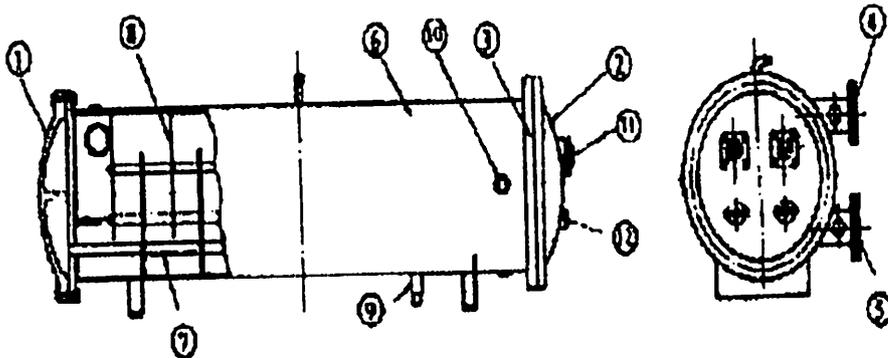
Ciri-ciri evaporator tabung dan pipa jenis ekspansi kering adalah sebagai berikut :

1. Jumlah refrigeran yang diperlukan tidak banyak.
2. Pemasukan refrigeran dapat diatur dengan mudah dan cepat dengan menggunakan katup ekspansi otomatis thermostatic, sesuai dengan perubahan beban yang terjadi.
3. Minyak pelumas dapat kembali dengan cepat, karena refrigeran mengalir di dalam pipa dengan kecepatan tinggi (refrigeran tidak ada yang tertinggal di dalam evaporator).
4. Tahanan aliran pada air pendingin kecil.
5. Pipa refrigeran arang rusak, karena pembekuan air. Jika ada, terjadi pada permukaan luar dari pipa refrigen.

Kelemahan dari evaporator tabung dan pipa jenis ekspansi kering dibandingkan dengan evaporator jenis basah adalah karena kecepatan aliran pendingin yang lebih rendah. Disamping itu, laju perpindahan panasnya lebih rendah karena refrigen yang mengalir di dalam pipa ada dalam fasa uap kelemahan tersebut dapat diatasi dengan cara memasang pada sirip pada bagian dalam dari pipa refrigeran.

**Gambar 2.5.**

**Evaporator jenis tabung dan pipa**



Keterangan gambar :

- |                         |                                         |
|-------------------------|-----------------------------------------|
| 1. Tutup                | 7. Pipa pendingin                       |
| 2. Tutup                | 8. Pelat pengarah                       |
| 3. Pelat pipa           | 9. Lubang pembuangan                    |
| 4. Lubang air pendingin | 10. Lubang untuk unit sensor temperatur |
| 5. Lubang air pendingin | 11. Lubang refrigeran keluar            |
|                         | masuk                                   |
|                         | 12. Lubang refrigeran masuk             |
| 6. Tabung               |                                         |

### **2.8.3. Koil dengan pendingin udara**

Koil dengan pendingin udara, seperti yang dipakai untuk mendinginkan udara pada penyegar udara, terdiri dari koil pipa bersirip pada bagian luarnya. Ada dua macam koil dengan pendinginan udara yaitu jenis ekspansi langsung dan tidak langsung.

Pada jenis ekspansi langsung, refrigeran diuapkan secara langsung di dalam pipa evaporator. Sedangkan untuk jenis ekspansi tak langsung, udara

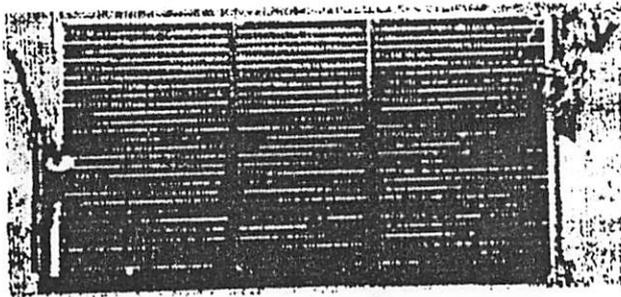
didinginkan oleh refrigeran sekunder seperti air atau larutan garam yang mengalir melalui pipa tersebut.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan pada evaporator jenis ekspansi langsung dengan pendinginan udara adalah :

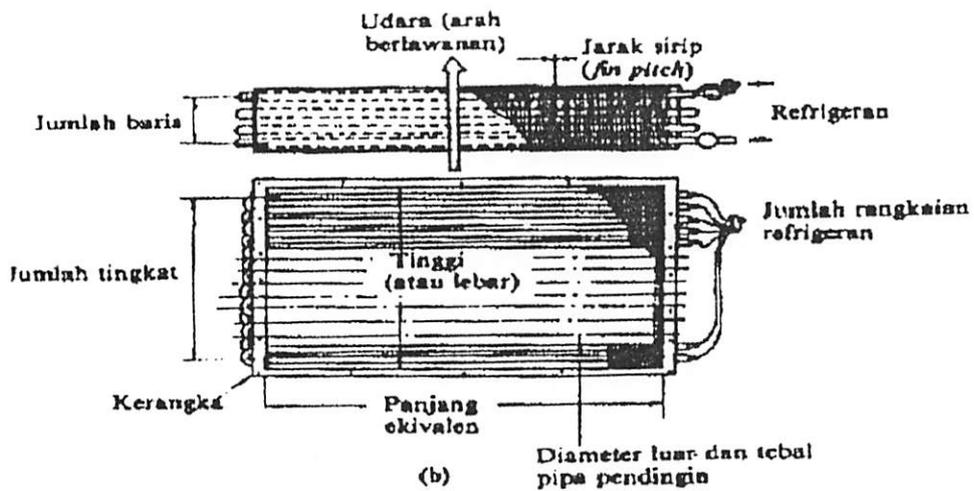
1. Kecepatan aliran udara pendingin melalui koil pendingin adalah 2,0 – 3,0 m/dt, atau rata-rata 2,5 m/dt.
2. Untuk memperoleh efisiensi yang maksimal, aliran refrigeran hendaknya berlawanan arah aliran udara pendingin.
3. Dengan naiknya temperature penguapan dari refrigeran, biaya kompresor makin murah, tetapi koil memerlukan luas bidang perpindahan panas yang lebih besar.
4. Apabila udara mengalir melalui koil dengan kecepatan tinggi, misalnya lebih tinggi dari 2,5 m/dt, sebaiknya dipergunakan eliminator untuk mencegah tersemburnya air yang mengembun pada permukaan pipa. Jika tidak dapat dipergunakan eliminator, sebaiknya kecepatan udara pendingin tidak lebih besar 2,0 m/dt.
5. Sebaiknya dipergunakan koil pendingin dan lebar, daripada yang pendek dan sempit untuk mengurangi biaya instalansi.

Gambar 2.6.

*Evaporator koil bersirip pelat jenis ekspansi kering*



(a)



(b)

Sumber : Wiranto Arismunandar, Heizo Saito, "Penyegaran Udara", hal 160

2.9. Perpindahan Panas di dalam Evaporator

2.9.1. Kapasitas pendinginan dari evaporator

Jumlah panas yang diserap oleh refrigeran dari benda atau fluida yang hendak didinginkan, dapat dituliskan sebagai berikut :

$$q = U \cdot A \cdot \Delta t_m \text{ atau}$$

$$A = \frac{q}{U \cdot \Delta t_m} \quad (\text{J.P. Holman, hal 490})$$

Dimana :

- q: jumlah panas yang diserap oleh refrigeran dalam evaporator  
(kapasitas pendinginan dari evaporator) (Btu/lb)
- U: koefisien perpindahan panas (Btu/ft<sup>2</sup>jam °F)
- A: luas bidang perpindahan panas (ft<sup>2</sup>)
- Δt<sub>m</sub>: perbedaan temperatur rata-rata (°F)

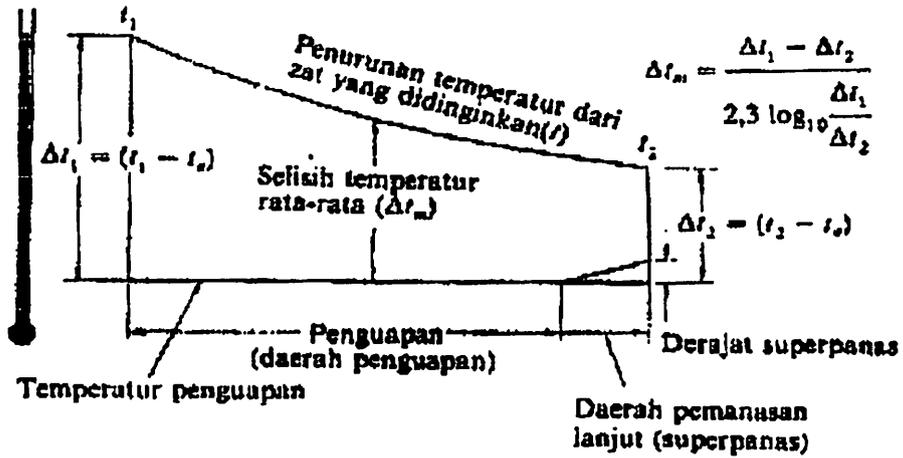
### 2.9.2. Perbedaan temperatur rata-rata

Di dalam evaporator banyaknya perpindahan panas dihitung berdasarkan perbedaan temperatur rata-rata logaritmik. Makin besar perbedaan temperatur rata-rata, maka kecil ukuran penukar panas (luas bidang) perpindahan panas yang bersangkutan.

Namun, dalam hal ini temperatur penguapannya menjadi berkurang dan kerugian biaya operasinya makin besar. Oleh karena itu perbedaan temperatur rata-rata ditetapkan dengan memperhatikan pertimbangan faktor ukuran penukar panas dan kemampuan kompresor, jenis evaporator, temperatur pendingin, dan sebagainya. Biasanya perbedaan temperatur rata-rata ditetapkan antara 6 sampai 10 °C.

Gambar 2.7.

Selish Temperatur Rata-rata



Sumber : Wiranto Arismunandar, Heizo Saito, "Penyegaran Udara", hal 156

Selish dengan rumus diatas, dapat juga dicari perbedaan temperatur rata-rata dengan menggunakan log mean difference {LMTD}. Dengan kata lain beda temperatur pada satu ujung penukar panas dikurangi beda temperatur yang satu lagi dibagi dengan logaritma alamiah daripada perbandingan kedua beda temperatur tersebut.

$$\Delta t_m = \frac{(T_1 - T_c) - (T_0 - T_c)}{\log \frac{(T_1 - T_c)}{(T_0 - T_c)}} \quad (J.P. Holman 491)$$

Dimana :

- $\Delta t_m$  : beda temperatur rata-rata (  $^{\circ}\text{F}$  )
- $T_e$  : temperatur brine masuk evaporator (  $^{\circ}\text{F}$  )
- $T_1$  : temperatur awal media (  $^{\circ}\text{F}$  )
- $T_0$  : temperatur akhir media (  $^{\circ}\text{F}$  )

## 2.10. Cara-cara Perpindahan Panas

Panas selalu berpindah dari zat yang lebih tinggi temperaturnya, ke zat yang lebih rendah temperaturnya. Perpindahan panas dapat didefinisikan sebagai perpindahan suatu energi dari suatu daerah lain sebagai akibat daripada beda temperature antara daerah-daerah tersebut.

Tujuan yang utama dari refrigerasi adalah untuk menghasilkan temperatur rendah (dingin) dalam suatu ruangan dengan memindahkan panas yang tidak diperlukan ke suatu tempat yang tidak penting. Perpindahan panas dapat terjadi melalui 3 cara :

1. Hantaran (konduksi) : yaitu proses perpindahan panas yang dikarenakan adanya perambatan antara partikel di dalam suatu benda (biasanya pada zat padat)
2. Pancaran (radiasi) : yaitu proses perpindahan panas yang disebabkan karena adanya persinggungan gelombang elektromagnet disebuah benda akibat adanya perbedaan temperatur.
3. Aliran (konveksi) : yaitu proses perpindahan panas yang disebabkan karena adanya persinggungan antara partikel di dalam suatu jenis benda (biasanya terjadi pada fluida cair atau gas).

## **BAB III**

### **PEMBAHASAN**

#### **3.1. Pembahasan Beban Pendinginan**

Beban pendinginan adalah suatu beban yang berupa benda-benda atau sumber energi panas yang dapat menghasilkan panas pada suatu sistem pendingin. Banyaknya panas yang diserap oleh sistem pendingin akan mempengaruhi besarnya beban pendingin tersebut. Dalam perencanaan air conditioner (AC) ini hanya ada satu ruangan.

Ruangan yang berkondisi interior yang baik dan mudah perawatannya merupakan suatu kriteria penting suksesnya suatu ruangan. Walaupun pengaturan kondisi di dalam biasanya dilakukan dengan proses sistem pendingin yang aktif, ventilasi dan pengkondisian udara harus dimulai dengan mengetahui sifat-sifat thermal ruangan.

Adapun factor-faktor yang mempengaruhi besarnya kapasitas beban pendingin pada sistem adalah beban pendingin karena pergantian udara / infiltrasi.

##### **3.1.1. Beban Pendingin karena Pergantian Udara / Infiltrasi**

Dapat diketahui bahwa pada ruangan sering dibuka dan ditutup. Karena terjadi hal tersebut, maka udara di dalam ruangan akan ikut keluar ketika pintu ruangan tersebut kita buka, sehingga menimbulkan kerugian di dalam ruangan akibat adanya pergantian udara.

Besarnya beban pendingin karena pergantian udara dapat dihitung dengan persamaan:

$$H_s = \frac{cfm \cdot 60 \cdot 0,24(t_0 - t_r)}{SpV} \quad (\text{Haris, } \textit{Modern AC}, \text{ hal 124})$$

Dimana :

$H_s$  : beban pendingin karena pergantian udara / infiltrasi (Btu/jam)

$t_0$  : temperatur udara di luar ruangan ( $^{\circ}F$ )

$t_r$  : temperatur udara di dalam ruangan ( $^{\circ}F$ )

0,24 : spesifik heat udara (Btu/lb $^{\circ}F$ )

$SpV$  : spesifik volume untuk udara normal adalah 133,3 ft $^3$ /lb

$Cfm$  : pergantian udara (direncanakan pintu dibuka rata-rata tiap 1 jam sekali),

maka :

$$Cfm = \frac{w \cdot h \cdot l \cdot G}{60} \quad (\text{Haris, } \textit{Modern AC}, \text{ hal 125})$$

Dimana :

$G$  : factor dinding / lapisan, yaitu :

- Ruang dengan 1 lapisan = 1
- Ruang dengan 2 lapisan = 1,5
- Ruang dengan 3 lapisan = 2

Diketahui :

- Temperatur udara di luar ruangan ( $t_0$ )

Ditetapkan temperatur normal untuk udara luar adalah 30

$$^{\circ}C = 86 \text{ } ^{\circ}F$$

- Temperatur udara di dalam ruangan ( $t_r$ )

Direncanakan temperatur di dalam ruangan adalah 10

$$^{\circ}C = 50 \text{ } ^{\circ}F$$

Dengan demikian beban pendingin karena adanya pergantian udara dapat dihitung sebagai berikut :

➤ Pergantian udara (Cfm) pada ruangan

$$\begin{aligned} \text{Cfm} &= \frac{\text{w.h.l.G}}{60} \\ \text{Cfm} &= \frac{1,5 \times 2,09 \times 1,47 \times 2}{60} \\ &= \frac{9,401238}{60} \\ &= 0,1567 \text{ ft}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

### 3.2. Pembahasan Perencanaan Evaporator

#### 3.2.1. Dampak Refrigerasi

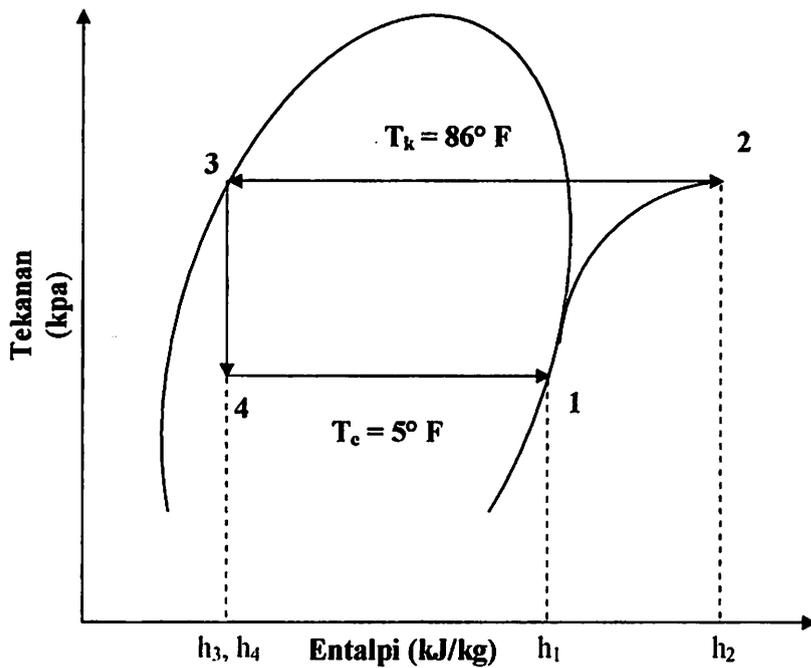
Karena pada perencanaan mesin pendingin (AC) ini refrigeran yang digunakan adalah R-12, maka berdasarkan karakteristik termodinamika sejumlah refrigeran pada suatu kompresi uap adalah :

- a). Pada proses pengembunan dirancang temperatur maksimum kondensasi ( $T_k$ ) adalah  $30^\circ\text{C} = 86^\circ\text{F}$
- b). Pada proses penguapan dirancang temperatur evaporasi maksimum pada evaporator ( $T_e$ ) adalah  $-15^\circ\text{C} = 5^\circ\text{F}$

Diketahui berdasarkan pada diagram entalpi (p-h) adalah :

- Nilai untuk  $h_1$  adalah merupakan entalpi uap jenuh pada  $5^\circ\text{F}$ , yaitu  $345,1 \text{ kJ/kg}$ .

- Sedangkan untuk  $h_2$  adalah melalui garis entropi tetap geser titik 1 hingga mencapai tekanan jenuh yang sesuai dengan suhu  $86^{\circ}\text{F}$ , yaitu  $363,6 \text{ kJ/kg}$ .
- Nilai untuk  $h_3$  dan  $h_4$  identik dan sama dengan entalpi cairan jenuh pada  $86^{\circ}\text{F}$ , yaitu  $228,5 \text{ kJ/kg}$ .



Kalor yang diserap di dalam evaporator (dampak refrigerasi) adalah karena refrigeran menguap dan menyerap kalor sekitarnya selama proses penguapan. Mencari dampak refrigerasi dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 q_e &= h_1 - h_4 \\
 &= 345,1 \text{ kJ/kg} - 228,5 \text{ kJ/kg} \\
 &= 116,6 \text{ k/kg}
 \end{aligned}$$

### 3.2.2. Laju Aliran Volume Uap

Untuk mencari laju aliran volume uap pada evaporator diperlukan data spesifik refrigeran refrigeran pada diagram tekanan entalpi panas lanjut R-

12. Laju aliran volume dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$Q_v = G \cdot V_s \quad (\text{W.F. Stoecker, 189})$$

Dimana :

$Q_v$  : laju aliran volume (  $\text{ft}^3/\text{jam}$  )

$V_s$  : volume spesifik (  $\text{ft}^3/\text{kg}$  )

Jika pada temperature penguapan  $5^\circ\text{F}$ , maka spesifik adalah  $0,090 \text{ m}^3 = 1,250 \text{ ft}^3/\text{lb}$ .

Sehingga :

$$\begin{aligned} Q_v &= 1032,4 \text{ lb.jam} \times 1,250 \text{ ft}^3/\text{lb} \\ &= 1290,5 \text{ ft}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Selain itu dapat dicari juga berapa kecepatan aliran dari zat tersebut yang berada dalam evaporator, yaitu :

$$V = \frac{Q_v}{A_e}$$

Dimana :

$V$  : kecepatan aliran (  $\text{ft} / \text{jam}$  )

$A_e$  : luas penampang pipa evaporator (  $\text{ft}^2$  )

Pada perancangan ini, telah direncanakan untuk pipa evaporator adalah terbuat dari bahan tembaga dengan diameter dalam (  $d$  ) =  $4 \text{ mm}$  (  $0,013 \text{ ft}$  ), dan diameter luarnya (  $D$  ) adalah  $5 \text{ mm}$  (  $0,016 \text{ ft}$  ). Maka ;

$$\begin{aligned}
 A_e &= \pi \times d \\
 &= \pi \times 0,0013 \text{ ft} \\
 &= 0,04 \text{ ft}^2
 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 V &= \frac{1290,5}{0,04} \\
 &= 3226,5 \text{ ft/jam} = 8,96 \text{ ft/s} = 2,73 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

### 3.2.3. Perbedaan Temperatur Uap Rata-rata (LMTD)

Beda temperatur uap rata-rata (LMTD) pada evaporator dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\Delta t_m = \frac{(T_1 - T_c) - (T_2 - T_c)}{\ln \frac{(T_1 - T_c)}{(T_2 - T_c)}}$$

Dimana :

$\Delta t_m$  : temperatur rata-rata pada evaporator

$T_c$  : temperatur penguapan pada evaporator

$T_c$  :  $-15 \text{ } ^\circ\text{C} = 5 \text{ } ^\circ\text{F}$

$T_1$  : temperatur masuk evaporator :  $30 \text{ } ^\circ\text{C} = 86 \text{ } ^\circ\text{C}$

$T_2$  : temperatur masuk evaporator :  $-5 \text{ } ^\circ\text{C} = 23 \text{ } ^\circ\text{F}$

Maka :

$$\begin{aligned}\Delta t_m &= \frac{(86-5)-(23-5)}{\ln \frac{(86-5)}{(23-5)}} \\ &= \frac{81-18}{\ln(4,5)} \\ &= 41,9^{\circ}\text{F}\end{aligned}$$

Jadi temperatur rata-rata evaporator adalah 41,9 °F.

### 3.2.4. Luas Bidang Perpindahan Keluar pada Evaporator

Pada perencanaan air conditioner ini, untuk mencari panjang pipa evaporator tersebut adalah memakai persamaan sebagai berikut :

$$L = \frac{A}{\pi \cdot D} \quad (\text{W.F. Stoecker, hal 236})$$

Dimana :

- L : panjang pipa evaporator ( ft )
- A : luas penampang pada evaporator ( ft<sup>2</sup> )
- D : diameter luar pipa evaporator ( ft )

Maka :

$$\begin{aligned}L &= \frac{1,51}{3,14 \times 0,016} \\ &= 29,3 \text{ ft} = 8,93 \text{ m}\end{aligned}$$

### 3.2.5. Koefisien Prestasi

Koefisien prestasi (COP) digunakan untuk menyatakan efisiensi dari siklus refrigerasi dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
\text{COP} &= \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \\
&= \frac{345,1 - 228,5}{363,6 - 345,1} \\
&= \frac{116,6}{16,2} \\
&= 7,3
\end{aligned}$$

- Karena mesin pendingin ini memerlukan tenaga, maka COP adalah harus lebih dari 1.

Dengan demikian, pada perencanaan evaporator yang direncanakan dapat dilakukan berdasarkan hasil perhitungan-perhitungan diatas.

## **BAB IV**

### **MENGANALISA GANGGUAN**

#### **4.1. Menganalisa gangguan pada komponen**

##### **4.1.1 Sistem Kurang Isi Bahan Pendingin atau Bocor**

Tanda-tanda adanya kebocoran pada evaporator terdengar seperti udara yang mengalir (mendesing). Pada sistem yang kurang isi atau bocor sedikit, kompresor masih dapat terus bekerja untuk mendinginkan evaporator.

Jika air conditioner (AC) terus digunakan dalam keadaan bocor, maka yang terjadi yaitu evaporatornya menjadi tidak dingin. Jika yang bocor pada permukaan bagian atas evaporator, air yang dekat pada letak kebocoran akan masuk ke dalam evaporator, dan dapat membuat sistem menjadi buntu dan merusak kompresor. Pada sistem yang bocor, evaporator tidak dingin karena bahan pendingin yang mengalir sedikit. Kumparan motor listrik kurang mendapat pendingin oleh bahan pendingin gas dari evaporator, sehingga kumparan motor listrik menjadi panas dan akhirnya bisa terbakar. Sistem yang bocor harus dicari tempatnya, setelah ditemukan perbaiki dan isi kembali dengan bahan pendingin yang sesuai.

##### **4.1.2 Sistem Buntu Sebagian Pada Evaporator**

Tanda-tanda adanya gangguan terhadap evaporator diantaranya adalah : evaporator tidak dingin, suara evaporator sangat lemah dan sebagainya. Sedangkan kalau tidak ada kebuntuan di daerah katup ekspansi maka buntu seperti ini merupakan katup ekspansi yang kedua.

Jika sistem buntu karena ada air yang membeku di evaporator, pada umumnya terjadi pada bagian yang terdingin, yaitu pada ujung katup ekspansi yang masuk ke evaporator.

#### **4.1.3 Sistem Buntu Sama Sekali Pada Katup Ekspansi**

Kebuntuan yang terjadi pada katup ekspansi dapat disebabkan karena uap yang membeku di dalam sistem, saluran pipa gepeng atau ada kotoran yang menyumbat pipa. Pada bagian yang buntu dapat terjadi bunga es atau berkeringat, jika dipegang terasa lebih dingin daripada bagian yang lain.

Jika yang buntu adalah saringan atau katup ekspansi, maka bahan pendingin semuanya akan mangumpul di kondensor. Pada waktu mula-mula jalan, tekanan pada kondensor menjadi tinggi dan permukaannya menjadi panas, tetapi beberapa saat kemudian kondensor menjadi lebih tinggi dan permukaannya menjadi dingin, tidak panas lagi walaupun kondensor terus bekerja.

Untuk mencari pipa yang buntu, kita harus memeriksa semua pipa sambil diraba dengan tangan. Jika kita menemukan suatu titik yang lebih dingin daripada bagian yang didckatnya, letak tersebut adalah merupakan bagian yang buntu. Tempat yang buntu umumnya pada saringan, sambungan pipa bekas disolder, atau pipa bengkokan yang gepeng. Pemeriksaan ini dapat dilakukan pada tempat yang dapat dilihat atau diraba dengan tangan.

#### **4.2. Memperbaiki Gangguan Pada Komponen**

Untuk menanggulangi gangguan-gangguan tersebut diatas hendaklah dilihat dari gangguan yang dialami oleh komponen tersebut. Solusi untuk menanggulangi kerusakan ataupun gangguan yang lain diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Jika pada evaporator terjadi kebocoran pada saluran pipanya, maka saluran yang bocor tersebut harus ditutupi dengan cara disolder.
2. Jika pada evaporator hanya terjadi kebuntuan pada saluran, maka bagian yang buntu harus dipanasi dengan kain lap yang diberi air panas. Sehingga selang yang membeku akan mencair dan terdengar dorongan gas yang keras ditempat yang buntu.
3. Jika kerusakan pada evaporator sangat parah dan tidak bisa diperbaiki, sebaiknya diganti dengan yang baru.
4. Jika isi bahan pendingin mengalami penyusutan akibat adanya kebocoran, maka harus diperbaiki dengan diisi lagi dengan pendingin yang sesuai.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari penyusunan laporan Tugas Akhir ini dapat beberapa kesimpulan diantaranya :

1. Air conditioner adalah salah satu jenis peralatan yang menggunakan sistem refrigerasi sebagai dasar metode kerjanya, dalam hal ini sistem refrigerasi kompresi uap.
2. Sistem refrigerasi kompresi uap menggunakan beberapa komponen utama, salah satunya adalah evaporator yang berfungsi sebagai alat penukar kalor atau panas, sehingga refrigeran menguap bahkan mendidih karena panas lingkungan sekitar diserap oleh refrigeran.
3. Jenis evaporator yang digunakan adalah evaporator jenis ekspansi kering, sedangkan konstruksi dari jenis tersebut ada beberapa macam yaitu pipa datar, pipa dan pipa sirip. Dalam perencanaan tersebut digunakan pipa datar.
4. Dalam pemilihan refrigeran (bahan pendingin) yang digunakan dalam air conditioner (AC) ini, kami sengaja memilih refrigeran 12 (R 12) dengan pertimbangan teknis bahwa R 12 banyak memiliki kelebihan dibanding dengan refrigeran lain dan juga sudah lazim digunakan untuk mesin refrigerasi dengan kapasitas kecil.
5. Untuk mendapatkan kinerja air conditioner yang stabil dan tahan lama (awet) maka perlu adanya suatu tindakan perawatan terhadap komponen-komponen

utamanya secara teratur dan berkala, disertai dengan pengetahuan serta ketrampilan menganalisa gangguan maupun kerusakan.

6. Perawatan mesin pendingin sebaiknya dilakukan secara teratur agar jikalau terjadi kerusakan-kerusakan dengan cepat dapat terselesaikan sehingga umur dari mesin pendingin (AC) ruangan tersebut tahan lama. Perawatan mesin pendingin yang dilakukan adalah antara lain :

- a) Kontrol kondisi instalasi pipa dari kemungkinan; longgar, tidak diklem dengan baik, retak, pecah, dan lain-lain.
- b) Kontrol kondisi instalasi listrik, steker/sambungan kabel yang jelek.
- c) Kontrol kondisi AC, apakah AC kurang atau tidak dingin dengan menggunakan manometer khusus untuk sistem AC.

## **5.2 Saran-saran**

Dari hasil proses penyusunan Tugas Akhir ini, yakni mulai dari perencanaan dan pembuatan alat sampai ada penyusunan laporan, penulis dapat memberikan saran-saran umumnya untuk seluruh masyarakat lebih khusus kepada pengguna air conditioner (AC) sebagai berikut :

1. Dalam pemakaian AC, seyogyanya kita memperhatikan petunjuk dan cara kerja AC yang telah diberikan oleh pihak pabrik pembuatnya.
2. Jangan sekali-sekali memperbaiki AC sendiri tanpa didasari ketrampilan servis yang memadai, karena akan berakibat munculnya kerusakan yang lebih parah.
3. Untuk mengantisipasi terjadinya gangguan atau kerusakan, kita perlu melakukan perawatan secara rutin dan teratur, guna mendapatkan kinerja AC yang baik dan awet.

4. Bersihkan kotoran-kotoran atau debu yang biasa menempel pada kompresor, kondensor maupun evaporator, karena hal ini biasanya dianggap sepele oleh para pengguna AC. Hal ini penting agar kinerja AC tidak terhambat oleh kotoran-kotoran tersebut, yang bila dibiakan terus-menerus akan mengakibatkan kerusakan pada seluruh komponen AC.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Arismunandar. W and Saito. H, *Penyegaran Udara*, Pradnya Paramita, Bandung, 2002
2. Stoecker, W. F and Jones, J. W, *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*, Erlangga, Jakarta, 1996
3. Holman, J. P, *Heat Transfer*, Erlangga, Jakarta, 1994
4. Harris, Norman C, *Modern Air Conditioning Practice*, Third Edition

# LAMPIRAN

**Tabel 1.1**

**Jenis dan penggunaan Refrigerant**

Refrigerant	Titik Didih (°C)	Jenis Kompresor	Temperatur Penguapan	Temperatur Pengembunan	Penggunaan
R 11	23,8	Sentrifugal	Tinggi (pendinginan udara)	Biasa (pendinginan air,pendinginan udara)	Pendinginan air sentrifugal
R 12	-29,8	Torak;putar	Tinggi-rendah (pembekuan,pendinginan ruangan)	-	Penyegar udara, refrigerasi, dan pendinginan
		Sentrifugal	-	-	Pendinginan air sentrifugal ukuran besar
R 13	-81,4	Torak;putar	Temperatur sangat rendah	( pendinginan biner )	Refrigerasi temperatur sangat rendah
R 21	8,9	-	Tinggi (pendinginan)	Tinggi (pendinginan udara)	Pendinginan kabin alat pengangkat
R 22	-40,8	-	Tinggi-rendah (refrigerasi pendinginan)	Biasa (pendinginan air,pendinginan udara)	Penyegar udara,pendinginan,unit temperatur rendah
		Sentrifugal	-	-	Pendinginan air sentrifugal temperatur rendah
R 113	47,6	Sentrifugal	Tinggi (pendinginan)	-	Pendinginan air sentrifugal ukuran kecil
R 114	3,6	Torak;putar	-	Tinggi (pendinginan udara)	Pendinginan kabin alat pengangkat
		Sentrifugal	-	Biasa (pendingin air,pendinginan udara )	Pendinginan air sentrifugal
R 500	-33,3	Torak;putar	Tinggi-rendah (refrigerasi pendinginan)	-	Refrigerasi pada umumnya dan pendinginan
		Sentrifugal	-	-	Pendingin air sentrifugal temperatur rendah
R 502	-45,6	Torak;putar	-	-	Lemari pamer,unit temperatur rendah, pendinginan pada umumnya
Ammonia	-33,3	Torak	Rendah (refrigerasi)	Biasa (pendinginan udara)	Unit pembuat es, ruang dingin,pendingin larutan garam, peti es, pendingin pabrik kimia
		Sentrifugal	Rendah(refrigerasi)	-	Ring es, pendingin larutan garam, pendingin pabrik kimia

Table 1.2

Jenis dan karakteristik beberapa refrigerant

Penggolongan	Halogen-fluorokarbon									Ammonia
	Metan					Etan		azotrop		
Jenis refrigerant	R 11	R 12	R 13	R 21	R 22	R 113	R 114	R 500	R 502	R 717
Rumusan kimia	CCl <sub>3</sub> F	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	CClF <sub>3</sub>	CHCl <sub>2</sub> F	CHClF <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> Cl <sub>3</sub> F <sub>3</sub>	C <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub> F <sub>4</sub>	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub> (73,8%) C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> F <sub>2</sub> (26,2%)	CHClF <sub>2</sub> (48,8%) C <sub>2</sub> ClF <sub>3</sub> (51,2%)	NH <sub>3</sub>
Berat molekul	137,37	120,92	104,46	102,92	86,47	187,39	170,93	99,31	111,6	17,03
Titik didih (°C)	23,77	-29,8	-81,4	8,92	-40,8	47,57	3,55	-33,3	-45,6	-33,3
Titik pembekuan (°C)	-111	-158	-181	-135	-160	-35	-94	-158,9	-	-77,7
Temperatur kritis (°C)	198,0	112,0	28,9	178,5	96,0	214,1	145,7	105,1	90,1	133,0
Tekanan kritis (kg/cm <sup>2</sup> ) abs	43,2	40,6	38,2	51	49,12	34,8	33,2	44,4	42,1	116,5
Berat jenis cair 30°C; (g/cc)	1,476 (25°C)	1,294	1,298 -30°C	1,366	1,1175	1,55	1,440	1,141	1,242	0,595
Berat jenis pada titik didih; (g/l)	5,86	6,33	7,01	4,57	4,82	7,38	7,82	5,22	6,05	0,905
Kalor spesifik cair 30°C; (cal/g°C)	0,208	0,24	0,25 -30°C	0,256	0,335	0,218	0,238	0,290	0,30	1,143
Kalor spesifik uap C <sub>p</sub> (30°C pada tekanan atmosfer)(cal/g°C)	0,135	0,147	0,158 25°C	0,140	0,152	0,161 (60°C)	0,160	-	0,168	0,52
Perbandingan kalor spesifik, C <sub>p</sub> /C <sub>v</sub> (30°C pada tekanan atmosfer)	1,136	1,136	1,145	1,175	1,184	1,080 (60°C)	1,088	1,127	1,132	1,31
Kalor laten penguapan pada titik didih (cal/g)	43,51	39,47	35,47	57,86	55,92	35,07	32,78	48,61	42,48	32,7
Kekuatan dielektrika; 23°C pada tekanan atmosfer (nitrogen=1)	3,7	2,4	1,65	1,85	1,3	2,6 0,4 atm	2,8	-	2,34	0,83
Kelarutan Freon dalam air pada 30°C; (g/100g)	0,011	0,009	-	0,13	0,15	0,013	0,011	0,035	0,056 (25,6°C)	89,9 (0,°C)
Kemudahan terbakar	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	Tidak	16-25 <sup>o</sup> (volume) 1,14-1,77 kg
Sifat racun	5A	6	6	4-5	5A	4-5	6	5A	5A	2

Tabel 1.3

Sifat-sifat cairan dan uap jenuh R12

t, °C	P, kPa	Enthalpi, kJ/kg		Entropi, kJ/kg °K		Volume spesifik, L/kg	
		h <sub>f</sub>	h <sub>g</sub>	s <sub>f</sub>	s <sub>g</sub>	v <sub>f</sub>	v <sub>g</sub>
-60	72,62	146,453	324,236	0,77577	1,41373	0,62589	637,911
-55	29,98	150,836	326,557	0,79990	1,60552	0,64226	491,002
-50	39,15	155,189	328,927	0,81964	1,79910	0,64782	783,364
-45	50,44	159,549	331,227	0,83901	1,99141	0,65353	302,693
-40	64,17	163,948	333,541	0,85803	1,58539	0,65949	741,910
-35	80,71	168,369	335,849	0,86776	1,27996	0,66563	193,398
-30	100,41	172,810	338,143	0,89516	1,57507	0,67210	111,379
-28	109,27	174,593	338,632	0,90244	1,59126	0,67461	147,375
-26	118,72	176,380	339,958	0,91067	1,57152	0,67776	135,256
-24	128,33	178,177	341,670	0,91686	1,56583	0,67996	125,252
-22	139,53	179,965	343,720	0,92400	1,56929	0,68209	117,167
-20	150,94	181,764	346,004	0,93110	1,56672	0,68447	108,547
-18	163,04	183,567	348,580	0,93816	1,56526	0,686829	101,242
-16	175,89	185,374	349,474	0,94518	1,56181	0,69113	94,2788
-14	189,58	187,185	349,751	0,95216	1,56250	0,69407	87,8758
-12	203,98	189,001	349,232	0,95910	1,56121	0,69701	82,0764
-10	219,12	190,822	347,134	0,96601	1,55991	0,70004	75,8844
-8	237,04	192,647	347,274	0,96545	1,55878	0,70157	74,1133
-6	255,19	192,647	348,012	0,97287	1,55897	0,70110	71,6484
-4	273,53	192,582	348,450	0,97629	1,55822	0,70463	69,3543
-2	292,14	194,477	348,646	0,97971	1,55763	0,70622	67,1146
0	310,96	195,395	348,323	0,98213	1,55710	0,70780	64,9629
2	329,01	196,313	349,723	0,98455	1,55661	0,70939	62,8952
4	347,30	197,213	350,167	0,98697	1,55604	0,71099	60,9775
6	365,82	198,114	350,619	0,98927	1,55552	0,71261	59,2763
8	384,59	199,016	351,049	0,99164	1,55507	0,71423	57,7379
10	403,61	200,000	351,477	1,00000	1,55452	0,71590	55,3592
12	418,84	200,925	351,505	1,00233	1,55400	0,71758	53,0509
14	432,40	201,832	352,321	1,00467	1,55346	0,71924	50,8481
16	445,19	202,730	352,923	1,00704	1,55291	0,72094	48,7400
18	457,21	203,612	353,320	1,00941	1,55236	0,72265	46,7269
20	468,46	204,487	353,600	1,01177	1,55179	0,72437	44,8080
22	478,94	205,355	353,866	1,01413	1,55123	0,72610	42,9836
24	488,65	206,216	354,119	1,01648	1,55066	0,72785	41,2540
26	497,59	207,070	354,360	1,01883	1,55009	0,72966	39,6206
28	505,76	207,918	354,589	1,02117	1,54952	0,73146	38,0839
30	513,17	208,760	354,808	1,02351	1,54895	0,73326	36,6457
32	519,82	209,596	355,018	1,02584	1,54837	0,73510	35,3072
34	525,71	210,427	355,219	1,02817	1,54779	0,73695	34,0691
36	530,84	211,252	355,412	1,03049	1,54721	0,73882	32,9320
38	536,21	212,072	355,598	1,03281	1,54663	0,74071	31,8954
40	541,82	212,887	355,777	1,03512	1,54605	0,74267	30,9588
42	547,67	213,697	355,949	1,03743	1,54547	0,74463	30,1219
44	553,76	214,502	356,115	1,03973	1,54489	0,74667	29,3843
46	559,99	215,302	356,275	1,04203	1,54431	0,74869	28,7457
48	566,36	216,097	356,429	1,04432	1,54373	0,75069	28,2057
50	572,87	216,887	356,578	1,04660	1,54315	0,75267	27,7647
52	579,52	217,672	356,722	1,04887	1,54257	0,75463	27,4222
54	586,31	218,452	356,861	1,05113	1,54199	0,75657	27,1788
56	593,24	219,227	356,995	1,05338	1,54141	0,75849	27,0349
58	600,31	220,000	357,124	1,05562	1,54083	0,76039	26,9900
60	607,52	220,769	357,248	1,05785	1,54025	0,76226	27,0447
62	614,87	221,534	357,367	1,06007	1,53967	0,76411	27,1984
64	622,36	222,295	357,481	1,06228	1,53909	0,76593	27,3504
66	629,99	223,052	357,590	1,06448	1,53851	0,76773	27,5009
68	637,76	223,805	357,694	1,06667	1,53793	0,76951	27,6494
70	645,67	224,554	357,793	1,06885	1,53735	0,77127	27,8054
72	653,72	225,300	357,887	1,07102	1,53677	0,77301	27,9584
74	661,91	226,042	357,976	1,07318	1,53619	0,77473	28,1089
76	670,24	226,781	358,060	1,07533	1,53561	0,77643	28,2564
78	678,71	227,517	358,139	1,07747	1,53503	0,77811	28,4014
80	687,32	228,250	358,213	1,07960	1,53445	0,77977	28,5434
82	696,07	228,980	358,283	1,08172	1,53387	0,78141	28,6829
84	704,96	229,707	358,348	1,08383	1,53329	0,78303	28,8194
86	713,99	230,431	358,409	1,08593	1,53271	0,78463	28,9534
88	723,16	231,152	358,465	1,08802	1,53213	0,78621	29,0844
90	732,47	231,870	358,517	1,09010	1,53155	0,78777	29,2119
92	741,92	232,585	358,565	1,09217	1,53097	0,78931	29,3364
94	751,51	233,297	358,609	1,09423	1,53039	0,79083	29,4584
96	761,24	234,007	358,649	1,09628	1,52981	0,79233	29,5784
98	771,11	234,714	358,685	1,09832	1,52923	0,79381	29,6959
100	781,12	235,418	358,717	1,10035	1,52865	0,79527	29,8104

Sifat-sifat cairan dan uap jenuh R12 (lanjutan)

t, °C	P, kPa	Entalpi, kJ/kg		Entropi, kJ/kg · K		Volume spesifik, L/kg	
		$h_f$	$h_g$	$s_f$	$s_g$	$v_f$	$v_g$
29	723,50	227,557	363,193	1,09473	1,54363	0,77161	24,1362
30	744,90	228,540	363,566	1,09793	1,54334	0,77386	23,5082
31	764,68	229,526	363,937	1,10115	1,54305	0,77614	22,8993
32	784,85	230,513	364,303	1,10434	1,54276	0,77845	22,3088
33	805,41	231,506	364,670	1,10753	1,54247	0,78079	21,7359
34	826,36	232,501	365,033	1,11072	1,54219	0,78316	21,1802
35	847,72	233,498	365,392	1,11391	1,54191	0,78556	20,6408
36	869,48	234,499	365,749	1,11710	1,54163	0,78799	20,1173
37	891,64	235,503	366,103	1,12028	1,54135	0,79045	19,6091
38	914,23	236,510	366,454	1,12347	1,54107	0,79294	19,1156
39	937,23	237,521	366,802	1,12663	1,54079	0,79546	18,6362
40	960,65	238,535	367,146	1,12984	1,54051	0,79802	18,1706
41	984,51	239,552	367,487	1,13302	1,54024	0,80062	17,7182
42	1008,8	240,574	367,825	1,13620	1,53996	0,80325	17,2785
43	1033,5	241,598	368,160	1,13938	1,53968	0,80592	16,8511
44	1058,7	242,627	368,491	1,14257	1,53941	0,80863	16,4356
45	1084,3	243,659	368,818	1,14575	1,53913	0,81137	16,0316
46	1110,4	244,696	369,141	1,14894	1,53885	0,81416	15,6386
47	1136,9	245,736	369,461	1,15213	1,53856	0,81698	15,2563
48	1163,9	246,781	369,777	1,15532	1,53828	0,81985	14,8844
49	1191,4	247,830	370,088	1,15851	1,53799	0,82277	14,5224
50	1219,3	248,884	370,396	1,16170	1,53770	0,82573	14,1701
52	1276,6	251,004	370,997	1,16810	1,53712	0,83179	13,4931
54	1335,9	253,144	371,581	1,17451	1,53651	0,83804	12,8509
56	1397,2	255,304	372,145	1,18093	1,53589	0,84451	12,2412
58	1460,5	257,486	372,688	1,18738	1,53524	0,85121	11,6620
60	1525,9	259,690	373,210	1,19384	1,53457	0,85814	11,1113
62	1593,5	261,918	373,707	1,20034	1,53387	0,86534	10,5872
64	1663,2	264,172	374,180	1,20686	1,53313	0,87282	10,0881
66	1735,1	266,452	374,625	1,21342	1,53235	0,88059	9,61234
68	1809,3	268,762	375,042	1,22001	1,53153	0,88870	9,15844
70	1885,8	271,102	375,427	1,22665	1,53066	0,89716	8,72502
73	2087,5	277,100	376,234	1,24347	1,52821	0,92009	7,72250
80	2304,6	283,341	376,777	1,26069	1,52526	0,94612	6,82143
83	2538,0	289,879	376,985	1,27845	1,52164	0,97621	6,00494
90	2788,5	296,788	376,748	1,29691	1,51708	1,01190	5,25759
95	3056,9	304,181	375,887	1,31637	1,51113	1,05581	4,56341
100	3344,1	312,261	374,070	1,33732	1,50296	1,11311	3,90280

**Table 1.4**

**Karakteristik termodinamika**

Bekerja pada suatu dasar ulang kompresi uap dengan suhu evaporator – 15 °C dan suhu kondensor 30 °C

Refrigerant	Tekanan evaporator kpa	Tekanan kondensor kpa	Perbandingan tekanan	Dampak refrigerasi kJ/kg	Aliran uap Hisap per kW Refrigerasi, L/det	COP
11	204	125,5	6,15	155,4	4,90	,03
12	182,7	744,6	4,08	116,3	0,782	4,70
22	295,8	1192,1	4,03	162,8	0,476	4,66
502	349,6	1308,6	3,74	106,2	0,484	4,37
717	236,5	1166,6	4,93	1103,4	0,462	4,76

**Tabel 1.5**

**Sifat-sifat logam zat cair jenuh (CCL<sub>2</sub>F<sub>2</sub>)**

T °C	ρ kg/m <sup>3</sup>	Cp kJ/kg	V M <sup>2</sup> /s	k W/m. °C	a m <sup>2</sup> /s	Pr	β K <sup>-1</sup>
<i>Diklorofluorometana, (freon), CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub></i>							
-50	1,546.75	0,8750	0,310 x 10 <sup>-6</sup>	0,067	0,501 x 10 <sup>-7</sup>	6,2	2,63 x 10 <sup>-3</sup>
-40	1,518.71	0,8847	0,279	0,069	0,514	5,4	
-30	1,489.56	0,8956	0,253	0,069	0,526	4,8	
-20	1,460.57	0,9073	0,235	0,071	0,539	4,4	
-10	1,429.49	0,9203	0,221	0,073	0,550	4,0	
0	1,397.45	0,9345	0,214 x 10 <sup>-6</sup>	0,073	0,501 x 10 <sup>-7</sup>	3,8	
10	1,364.30	0,9496	0,203	0,073	0,560	3,6	
20	1,330.18	0,9659	0,198	0,073	0,560	3,5	
30	1,295.10	0,9835	0,194	0,071	0,560	3,5	
40	1,257.13	1,0019	0,191	0,069	0,555	3,5	
50	1,215.96	1,0216	0,190	0,067	0,545	3,5	

Tabel 1.6

## Nilai-nilai sifat bukan logam

Bahan	Suhu °C	k W/m . °C	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	C kJ/kg . °C	$\alpha$ m/s <sup>2</sup> x 10 <sup>7</sup>
<i>Bahan-bahan bangunan dan penahan kalor</i>					
Aspal	20 - 55	0,74 - 0,76			
Bata :					
Bata bangunan	20		1600	0,84	5,2
Biasa		0,69			
Muka		1,32	2000		
Bata karburundum	600	18,5			
	1400	11,1			
Bata khrom	200	2,32	3000	0,84	9,2
	550	2,47			9,8
	900	1,99			7,9
Tanah diatomena					
dicetak dan	200	0,24			
dibakar	870	0,31			
Bata tahan api	500	1,04	2000	0,96	5,4
Dibakar 2426 <sup>o</sup> F	800	1,07			
	1100	1,09			
Dibakar 2624 <sup>o</sup> F	500	1,28	2300	0,96	5,8
	800	1,37			
	1100	1,40			
Missouri	200	1,00	2600	0,96	4,0
	600	1,47			
	1400	1,77			
Magnesit	200	3,81		1,13	
	650	2,77			
	1200	1,90			
Semen portland		0,29	1500		
Moster	23	1,16			
Beton silinder	23	0,76			
Batu, 1-2-4 campur	20	1,37	1900-2300	0,88	8,2 - 6,8
Gelas, jendela	20	0,78 (avg)	2700	0,84	3,4
Korosilikat	30-75	1,09	2200		
Plaster, gips	20	0,48	1440	0,84	4,0
Lat logam	20	0,47			
Lat kayu	20	0,28			
Batu :					
Granit		1,73 - 3,98	2640	0,82	8 - 18
Batu kapur	100-300	1,26 - 1,33	2500	0,90	5,6 - 5,9
Marmer		2,07 - 2,94	2500 - 2700	0,80	10 - 13,6
Batu pasir	40	1,83	2160 - 2300	0,71	11,2 - 11,9
Kayu (melintas serat)					
Balsa, 8,8 lb/ft <sup>3</sup>	30	0,055	140		
Sipres	30	0,097	450		
Fir	23	0,11	420	2,72	0,96
Maple atau oak	30	0,166	540	2,4	1,28
Pinus kuning	23	0,147	640	2,8	0,82
Pinus putih	30	0,112	430		
Asbes :					
Ditetal longgar	-45	0,149			
	0	0,154	470 - 570	0,816	3,3 - 4
	100	0,161			
Papan asbes semen	20	0,74			
Lembaran	51	0,166			
Lakan, 40 laminasi / in	38	0,057			
	150	0,069			
	260	0,083			
20 laminasi / in	38	0,078			
	150	0,095			
	260	0,112			

Nilai-nilai sifat-sifat bukan logam (lanjutan)

Bahan	Suhu °C	k W/m . °C	ρ kg/m <sup>3</sup>	C kJ/kg . °C	α m/s <sup>2</sup> x 10 <sup>7</sup>
<i>Bahan-bahan bangunan dan penahan kalor</i>					
Gelombang, laminasi / in		0,087 0,100 0,119			
Asbes semen	-	2,08			
Wol balsam, 2,2 lb/ft <sup>3</sup>	32	0,04	35		
Karton, gelombang	-	0,064			
Celotex	32	0,048			
Papan gabus, 10 lb/ ft <sup>3</sup>	30	0,043	160		
Gabus butiran ulang	32	0,045	45 - 120	1,88	2 - 5,3
Giling halus	32	0,043	150		
Tanah diatone (Sil-o-cel)	0	0,061	320		
Lakan, Rambut	30	0,036	130 - 200		
Wol	30	0,052	330		
Serat, papan isolasi	20	0,048	240		
Wol, gelas, 1.5 lb/ft <sup>3</sup>	23	0,038	24	0,7	22,6
Insulex, kering	32	0,064 0,144			
Kapuk	30	0,035			
Magnesia, 85%	38	0,067	270		
	93	0,071			
	150	0,074			
	204	0,080			
Wol batuan, 10 lb/ft <sup>3</sup>	32	0,040	160		
Ditetal longgar	150	0,067	64		
	260	0,087			
Serbuk gergaji	23	0,059			
Silika aerogel	32	0,024	140		
Serutan kayu	23	0,059			

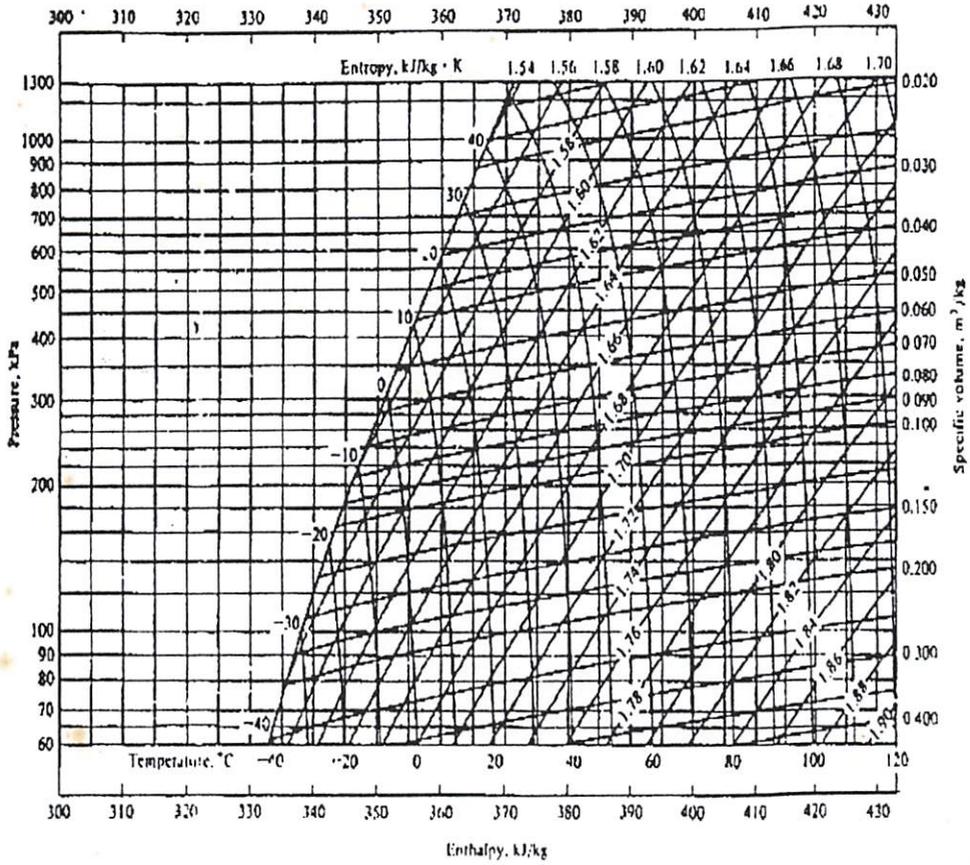


Nilai sifat-sifat logam (lanjutan)

Logam	Sifat-sifat pada 2 °C				Konduktifitas thermal, k, W / m °C									
	ρ kg/m <sup>3</sup>	Cp kJ/kg °C	k W/m °C	α m <sup>2</sup> /sx10 <sup>5</sup>	-100 °C -148 °F	0 °C 32 °F	100 °C 212 °F	200 °C 392 °F	300 °C 572 °F	400 °C 752 °F	600 °C 1112 °F	800 °C 1472 °F	1000 °C 1832 °F	1200 °C 2192 °F
Cr-Ni (krom-nikel):15% Cr, 10% Ni	7,865	0,46	19	0,527										
18 % Cr, 8 % Ni (V2A) 20 % Cr, 15 % Ni	7,817	0,46	16,3	0,444		16,3	17	17	19	19	22	27	31	
25 % Cr, 20 % Ni	7,865	0,46	12,8	0,361										
Baja wolfram														
W = 0 %	7,897	0,452	73	2,026										
1 %	7,913	0,448	66	1,858										
5 %	8,073	0,435	54	1,525										
10 %	8,314	0,419	48	1,391										
Cooper :														
Murni	8,954	0,3831	386	11,234	407	386	379	374	369	363	353			
Perunggu aluminium														
95 % Cu, 5 % Al	8,666	0,410	83	2,330										
Perunggu 75 % Cu, 25 % Sn	8,666	0,343	26	0,859										
Kuningan merah 85 % Cu, 9 % Sn, 6% Zn	8,714	0,385	61	1,804		59	71							
Kuningan 70 % Cu, 30 % Zn	8,522	0,385	111	3,412	88		128	144	147	147				
Perak Jerman 62 % Cu, 15 % Ni, 22 % Zn	8,618	0,394	24,9	0,733	19,2		31	40	45	48				
Konstanta 60 % Cu, 40 % Ni	8,922	0,410	22,7	0,612	21		22,2	26						
Magnesium :														
Murni	1,746	1,013	171	9,708	178	171	168	163	157					
Mg-Al (elektrolitrik) 6-8 % Al, 1-2 % Zn	1,810	1,00	66	3,605		52	62	74	83					
Molybdenum Nikel														
Murni (99,9 %)	10,220	0,251	123	4,790	138	125	118	114	111	109	106	102	99	92
Ni-Cr 90 % Ni, 10 % Cr	8,906	0,4459	90	2,266	104	93	83	73	64	59				
80 % Ni, 20 % Cr	8,666	0,444	17	0,444		17,1	18,9	20,9	22,8	24,6				
Perak :														
Sangat murni	8,314	0,444	12,6	0,343		12,3	13,8	15,6	17,1	18,0	22,5			
Murni (99,9 %)	10,524	0,2340	419	17,004	419	417	415	412						
Timah, murni	10,525	0,2340	407	16,563	419	410	415	374	362	360				
Wolfram	7,34	0,2265	64	3,884	74	65,9	59	57						
Seng, murni	19,350	0,4344	163	6,271		166	151	142	133	126	112	76		
	7,144	0,3843	112,2	4,106	114	112	109	106	100	93				

Tabel 1.8

Diagram Tekanan Enthalpi Panas Lanjut R12



**Tabel 1.9**  
**Nilai konversi satuan**

Besaran	Simbol	Konversi dari SI ke Sistem Inggris	
Panjang	L	1 m	= 3,2808 ft
Luas	A	1 m <sup>2</sup>	= 10,7639 ft <sup>2</sup>
Volume	V	1 m <sup>3</sup>	= 35,3134 ft <sup>3</sup>
Kecepatan	V	1 m/s	= 3,2808 ft/s
Densitas	P	1 kg/m <sup>3</sup>	= 0,06243 lb/ft <sup>3</sup>
Gaya	F	1 N	= 0,2248 lb
Massa	m	1 kg	= 2,20462 lb
Kalor	q	1 kJ	= 0,94783 Btu
Aliran kalor	q	1 W	= 3,4121 Btu/jam
Konduktifitas termal	k	1 W/m. °C	= 0,5778 Btu/jam.ft. °F
Koefisien perpindahan kalor	h	1 W/m <sup>2</sup> . °C	= 0,1761 Btu/jam.ft <sup>2</sup> . °F

# PERENCANAAN MESIN PENDINGIN

