

# TUGAS AKHIR

## REDESAINS MESIN PENGAWET DAGING IKAN DENGAN KAPASITAS 50 KG



*Disusun Oleh :*

**NAMA : ARIFIN NURZAT MULYO**

**NIM : 00. 51. 033**

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

MILIK  
PERPUSTAKAAN  
ITN MALANG

2002

INSTRUKSI TEKNOLOGI INFORMATIKA  
KEMENTERIAN TEKNOLOGI INFORMATIKA  
REPUBLIC OF INDONESIA



Waktu : 00' 21" 033

Tempat : ...

...



DEPARTemen KEMENTERIAN RI  
KEMENTERIAN TEKNOLOGI INFORMATIKA

...

# LEMBAR PERSETUJUAN

## REDESAINS MESIN PENDINGIN DAGING IKAN DENGAN KAPASITAS 50 KG/ JAM

### TUGAS AKHIR

Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan  
Mencapai Gelar Diploma Tiga (III) Teknik

*Disusun Oleh :*

NAMA : ARIFIN NURZAT. M

NIM : 00. 51. 033

*Mengetahui*

Diterima dan Disetujui :

Kajur Teknik Mesin D - III  
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

P.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**

Nama Mahasiswa : Arifin Nurzat Mulyo  
N. I. M : 00. 51. 033  
Jurusan : Teknik Mesin  
Program Studi : Teknik Mesin Diploma Tiga ( D – III )  
Judul Tugas Akhir : **Redesains Mesin Pengawet Daging Ikan  
Dengan Kapasitas 50 Kg**  
Pengajuan Tugas Akhir : 30 Nopember 2004  
Selesai Menulis Tugas Akhir : 06 Januari 2005  
Keterangan Nilai Bimbingan : 85

Malang, Maret 2005

*Mengetahui*

**Dekan Fakultas Teknologi Industri**



**(Ir. Mochtar Asroni, MS ME)**

N. I. P : 101 810 0056

*Disetujui*

**Dosen Pembimbing**

**(Ir. Teguh Rahardjo, MT)**

N. I. P : 131 991 184.





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

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

P.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

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

Nama Mahasiswa : Arifin Nurzat Mulyo  
N. I. M. : 00. 51. 033  
Jurusan : Teknik Mesin  
Judul Tugas Akhir : **Redesains Mesin Pengawet Daging  
Ikan Dengan Kapasitas 50 kg**

Dipertahankan Dihadapan Tim Penguji Tugas Akhir Jenjang Program Diploma  
Tiga ( D – III ) pada :

Hari/ Tanggal : Sabtu/ 05 Maret 2005

Telah Dievaluasi/ Di Uji Dengan Nilai : 70

**PANITIA UJIAN TUGAS AKHIR**



(Ir. Mochtar Asroni, MS ME.)

Sekretaris

(Ir. Teguh Rahardjo, MT.)

**ANGGOTA**

Majelis Penguji I

(Ir. Drs. Soedjat, MSi.)

Majelis Penguji II

(Sibut, ST.)

# Great Thank's To...

Gusti Allah

Atas segala limpahan nikmat dan karunia-Nya yang tiada tara, yang tidak dapat diucapkan hanya dengan kata-kata....  
(Syukurku pada Mu....)

Ayahhanda dan ibunda tercinta yang telah membesarkan, mendidik dan mendoakan penulis dari kecil hingga kini sampai nanti

Adikku FIRMAN dan BAYU serta semua keluargaku yang telah memberi dorongan dan kasih sayangnya

Special Thank to My Girl Friend (SRI ISMAWATI) yang aku cintai, kusayangi yang selalu setia menemani disaat aku sedih, susah, bahagia suka dan duka yang kita lalui bersama. Atas dorongan dan motifasinya yang telah diberikan pada penulis

Dan tidak lupa juga kami ucapkan terima kasih pada sobatku PENTHUL, KAMPRET dan rekan-rekan senasib seperjuangan yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini dan semua teman Kontrakan/Keluarga CEMARA, diantaranya WAWAN, BINTANG, BOIM, BD, NYAMBOK, ADI, BOGEL, GONDRONG, SOKRIM, JABRIK, EMEN, DIDIT

Serta semua pihak yang tak mampu penulis sebutkan satu persatu sampai terselasainya penulisan Tugas Akhir ini

(MATUR NUWUN SUANGET....!!!)

Mbah, Ayahhanda, Ibunda serta Pak De, Bu De, Pak Lek dan Bu Lek terima kasih banyak atas motivasi dan semangat yang telah Anda berikan selama ini.

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum, Wr. Wb.

Dengan mengucapkan Syukur Alhamdulillah Kehadirat ALLOH SWT. Atas limpahnya rahmat dan hidayah, sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang merupakan salah satu mata kuliah yang wajib diselesaikan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya (AMD) oleh setiap mahasiswa Fakultas Teknik Industri jurusan Teknik Mesin D – III Institut Teknologi Nasional Malang. Adapun judul dari tugas akhir ini adalah **REDESAIN FREEZER BOX DENGAN KAPASITAS 50 KG/ JAM**.

Dalam penyusunannya, penulis melakukan pengamatan lapangan, disamping menggunakan literature pendukung yang berkaitan dengan tema bahasan pada tugas akhir ini. Penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan ini masih memiliki beberapa kekurangan, sehingga saran dan kritik yang memberikan masukan sangatlah dibutuhkan oleh penyusun.

Dalam kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada:


1. Bapak DR. Ir Abraham Lomi, MSEE. selaku Rektor Institut teknologi Nasional Malang.
2. Bapak Ir. Wayan Sujana, MT. selaku Dekan Institut Teknologi Nasional Malang.
3. Bapak IR. Teguh Rshadjo, MT. selaku ketua jurusan Teknik Mesin D – III dan sekaligus dosen pembimbing Institut Teknologi Nasional Malang.

4. Ayah handa dan Ibunda tercinta yang telah membesarkan, mendidik dan mendo'akan penulis dari kecil hingga kini sampai nanti.
5. Seluruh keluargaku yang telah memberikan dorongan dan kasih sayang.
6. Semua rekan – rekan senasib seperjuangan dalam menempuh studi, terutama angkatan 2000 dan 2001, "99, "98, "97.

Semua pihak manusia adalah tidak terlepas dari kesalahan dan ketidak sempurnaan, karena sifat sempurna hanya milik DIA semata. Untuk itu penulis harapkan kritik dan saran dari pembaca sekalian demi perubahan dan perbaikan bagi penulis sendiri dan pembaca sekalian.

Wassalamu'alaikum Wr. WB.

Penulis



Arifin Nurzat Mulyo



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b>	
<b>LEMBAR ASISTENSI</b>	
<b>LEMBAR PERSEMBAHAN .....</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>ii</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>v</b>
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Tujuan Perencanaan.....	3
1.5. Manfaat Perencanaan.....	3
1.6. Metode Penyusunan.....	4
1.7. Sistematika Penulisan .....	4
 <b>BAB 11 TEORI DASAR</b>	
2.1. Klasifikasi Sistim Pendingin .....	6
2.1.1. Absorbation Refrigeration Sistem .....	6
2.1.2. Steam Jet Refrigeration Unit.....	7
2.1.3. Air Refrigeration Sistem.....	7

2.1.4. Vapor Compression Refrigeration Sistem.....	7
2.2. Cara Kerja Sistem Pendingin .....	10
2.3. Dasar Pemilihan Refrigeran .....	12
2.3.1. Sifat Termodinamika Dari Beberapa Refrigeran .....	13
2.3.2. Sifat Kimia .....	14
2.3.3. Sifat Fisika .....	14
2.4. Klasifikasi Refrigeran.....	18
2.4.1. Refrigeran Primer.....	18
2.4.2. Refrigeran Sekunder.....	20
2.4.3. Syarat – Syarat refrigerant untuk Unit Refrigerasi .....	20
2.4.4. Jenis Refrigeran Yang Sering Di Gunakan .....	21
2.4.4.1. Refrigeran R-12 .....	21
2.4.4.2. Refrigeran R-22 .....	22
2.4.4.3. Refrigeran R-502 .....	23
2.5. Sistem Refrigerasi Yang Di Rencanakan .....	23
2.6. Jenis Refrigerasi yang Di Gunakan.....	25
2.7. Macam – Macam Beban Pendingin .....	25
2.7.1. Beban Panas Melalui Dinding.....	26
2.7.2. Beban Panas Dari Produk .....	26
2.7.3. Beban Panas Ddari Pergantian Udara.....	27
2.8. Bagian – Bagian utama Dari Pergantian Udara .....	27
2.8.1. Kompresor.....	27
2.8.1.1. Macam – Macam Kompresor.....	28

2.8.2. Kondensor .....	30
2.8.3. Katub Ekspansi .....	32
2.8.4. Evaporator .....	34

### **BAB III PERHITUNGAN**

3.1. Beban Pendingin .....	37
3.1.1. Perhitungan Beban Internal.....	37
3.1.1.1. Beban Dari Produk.....	37
3.1.1.1.1. Panas Sensible Masuk Ruangan.....	38
3.1.1.1.2. Panas Laten Dari Produk Yang Di Serap	39
3.1.2. Perhitungan Beban Eksternal .....	40
3.1.2.1. Beban Panas Dari Dinding.....	40
3.1.3. Beban Pendingin Karena Infiltrasi .....	46
3.2. Perhitungan Komponen Utama Freezer .....	48
3.2.1. Kompresor.....	48
3.2.1.1 Refrigeran Efek.....	49
3.2.1.2. Laju Aliran Refrigeran .....	49
3.2.1.3. Kerja Kompresor .....	50
3.2.1.4. Daya Kompresor .....	50
3.2.1.5. Koefisien Prestasi .....	50
3.2.2. Kondensor .....	51
3.2.2.1. Panas Yang Dipindahkan Kondensor .....	51
3.2.2.2. Koefisien Perpindahan Panas Rata – rata sisi	
52Refrigeran.....	52

3.2.2.3. Koefisien Perpindahan Panas Sisi Udara .....	53
3.2.2.4. Koefisien Perpindahan Panas Total.....	54
3.2.2.5. Log Mean Temperatur Difference.....	54
3.2.2.6. Luas Total Perpindahan Panas .....	55
3.2.3. Pipa Kapiler .....	56
3.2.3.1. Posisi 1 (satu) .....	58
3.2.3.2. Posisi 2 (dua).....	59
3.2.4. Evaporator .....	63

#### **BAB IV REKAPITULASI PERHITUNGAN**

4.1. Perhitungan Beban Pendingin .....	66
4.2. Perhitungan Perencanaan .....	66
4.2.1. Kompresor.....	66
4.2.2. Kondensor .....	67
4.2.3. Pipa Kapiler.....	67
4.2.4. Evaporator .....	68

#### **BAB V PENUTUP**

5.1. Kesimpulan .....	69
5.2. Saran.....	72

#### **LAMPIRAN**

#### **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar : 2 – 1. Diagram Alir Sistem Kompresi Uap.....	8
Gambar : 2 – 2. Daur Kompresi Uap Standart .....	9
Gambar : 2 – 3. Diagram Skematik Sistem Pendingin Pada Freezer .....	12
Gambar : 2 – 4. Diagram Aliran Sistem Refrigerasi yang Direncanakan.....	24
Gambar : 2 – 5. Kompresor Torak .....	24
Gambar : 2 – 6. Kompresor Hermatik .....	28
Gambar : 2 – 7. Kompresor Sentrifugal.....	30
Gambar : 2 – 8. Kondensor Pendingin Udara .....	31
Gambar : 2 – 9. Katup Ekspansi.....	32
Gambar : 2 – 10. Evaporator.....	34
Gambar : 3 – 1. Diagram P – H Pada Kompresor.....	48
Gambar : 3 – 2. Analisa LMTD.....	55



## DAFTAR TABEL

Tabel : 2 – 1 . Jenis Dan Penggunaan Refrigeran .....	16
Tabel : 2 – 2 . Jenis Dan Karakteristik Beberapa Refrigeran.....	17
Tabel : 2 – 3 . Beberapa Refrigeran Holokarbon .....	18
Tabel : 2 – 4 . Beberapa Refrigeran Anorganik.....	19
Tabel : 2 – 5 . Beberapa Refrigeran Hidrokarbon.....	19

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pada era globalisasi ini dapat dikatakan sebagai era persaingan, dan nampaknya semakin ketat seiring dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, kita dituntut untuk dapat lebih berpartisipasi dalam berproduksi baik kualitas maupun kuantitasnya. Hal ini dapat dicapai apabila alat – alat produksi dan penunjangnya mempunyai produktifitas dan efisiensi yang tinggi. Zaman dahulu manusia menggunakan alat – alat yang sederhana untuk memenuhi kebutuhannya, namun dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi sekarang ini manusia dapat menciptakan alat – alat yang lebih canggih untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga.

Sejak dahulu manusia berusaha untuk mengawetkan makanan ataupun minuman agar tahan lama sehingga tidak mengalami perubahan rasa, warna, dan bau. Dengan dasar pemikiran tersebut para ahli melakukan penelitian – penelitian untuk menciptakan alat pengawet makanan.

Para ahli teknik menemukan cara pengawetan makanan dan minuman dengan cara *Refrigerasi*, sehingga manusia dapat melakukan pengawetan makanan dan minuman. Dulu makanan cepat rusak karena adanya Mikrobiologi, maka dengan adanya teknik *Refrigerasi* atau teknik pendinginan makanan dan minuman dapat diawetkan dengan tanpa mengalami perubahan rasa, warna aroma dan kandungan gizi.

Mengingat negara Indonesia adalah negara maritim tentunya banyak sektor – sektor yang bisa dipakai untuk meningkatkan pendapatan masyarakat maupun negara. Misalnya disektor perikanan yang mengguynakan air laut dan air tawar. Suksesnya usaha dalam perikanan tidak hanya dalam Produksinya saja, akan tetapi juga bagaimana cara menyimpan barang – barang perikanan tersebut dengan aman, efisien dan dengan kerusakan kualitas produk yang minim. Telah diperkirakan seperempat produk dari perikanan di negara kita umumnya tidak termakan atau terjual, dikarenakan sistem penyimpanan yang tidak efisien dan efektif mulai dari petani ikan sampai konsumen yang mengakibatkan produk perikanan tersebut rusak.

Sesuai dengan produksi ikan di negara kita yang sangat banyak, maka diperlukan adanya alat yang bisa untuk mengawetkan daging ikan agar tidak mengalami pembusukan yang dapat merugikan para petani ikan khususnya ikan Bandeng dan ikan Tongkol, sehingga sangat cocok untuk melakukan perencanaan dan pembuatan alat pengawet daging ikan. Dari uraian diatas maka sangat diperlukan perencanaan ulang instalasi “ **Box Refrigeration Unit** “ (Redesains Freezer Box) untuk mendapatkan hasil yang optimal.

## 1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang maka permasalahannya adalah bagaimana menganalisa variabel – variabel yang digunakan sehingga dapat mendinginkan daging sebanyak 50 kg pada suhu – 2,25 °C.

### **1.3. Batasan Masalah**

Dalam penulisan laporan akhir ini penulis membatasi permasalahan yang akan dibahas, yaitu mengenai :

- Komponen dan jenis refrigerasi yang digunakan pada mesin Freezer Box pengawet daging ikan.
- Menganalisa
- Perencanaan komponen – komponen yang penting dalam system refrigerasi.

Sedangkan perencanaan, listrik, control otomatisasi dari elemen – elemen pendukung lain tidak di bahas karena keterbatasan ilmu penulis.

### **1.4. Tujuan Perencanaan**

Berdasarkan rumusan masalah diatas adapun tujuan perencanaan ini adalah :

- Menghitung beban pendingin untuk memperoleh hasil yang optimal.
- Memilih komponen yang akan dipilih.

### **1.5. Manfaat Perencanaan**

Adapun manfaat dari Redesains Mesin Freezer Box ini, adalah :

- Dapat menyimpan produk daging ikan lebih lama dan produksi daging ikan memiliki kualitas kerusakan yang minim sampai pada konsumen, serta tanpa mengalami perubahan rasa, warna, aroma dan kandungan gizi.

## 1.6. Metode Penyusunan

Dalam penyusunan laporan akhir ini penulis mengambil cara – cara dalam penyelesaiannya yaitu :

- **Study Literatur atau Kepustakaan**

Dengan metode ini penyusun memperoleh data – data dari membaca, meneliti dan memahami literature serta berbagai macam penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan judul dan membandingkan dengan pokok permasalahan yang dihadapi.

- **Metode Obsevasi**

Melakukan pengamatan agar dapat mengetahui cara kerja mesin pengawet dan pencarian data – data yang berhubungan dengan perencanaan redesain Freezer Box didaerah Probolinggo.

- **Metode Uji Coba ( Try and Error )**

Dengan memilih bahan dan dimensi system yang sesuai.

## 1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan akhir ini adalah:

### BAB I : PENDAHULUAN

Hal-hal yang diuraikan pada bab ini meliputi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, manfaat perencanaan, metode penulisan dan sistematika penulisan.

### BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini akan membahas teori yang berhubungan dengan topik dari tugas akhir ini.



### BAB III : PERHITUNGAN

Pada bab ini menguraikan akan dibahas perhitungan beban pendingin, perpindahan panas, perencanaan dan perhitungan komponen – komponen Freezer Box meliputi kompresor, kondensor, avaporator dan pipa kapiler.

### BAB IV : REKAPITULASI HASIL PERHITUNGAN

Dalam bab ini penulis memberikan rekapitulasi hasil perhitungan Freezer Box secara keseluruhan, baik perhitungan beban pendingin, maupun perhitungan perencanaan komponen utama Freezer Box.

### BAB V : PENUTUP

Pada bab ini penulis memberikan kesimpulan dari hasil perencanaan Freezer Box ini, dan dicantumkan pula saran – saran yang bisa nantinya dapat menambah kesempurnaan dalam penyusunan tugas akhir ini.

### DAFTAR PUSTAKA DAN LAMPIRAN :

Berisikan referensi dari penulisan TA ini serta tabel-tabel sebagai bahan utama dalam perencanaan Freezer Box ini.

Dengan adanya sistematika penulisan ini, penyusun berharap agar pembaca mendapatkan gambaran garis besar tentang laporan akhir ini.

## **BAB II**

### **TEORI DASAR**

System pendingin udara adalah suatu system yang berfungsi menyerap kalor pada benda atau udara yang akan diturunkan temperaturnya, serta melepaskannya pada media lain, sehingga didapat tingkat keadaan yang diinginkan. Suatu mesin pendingin akan berjalan sesuai yang diinginkan apabila ditunjang tiga hal yang utama :

- Siklus pendingin

Berfungsi untuk memindahkan kalor dari produk yang akan dipindahkan ke medi lain.

- Refrigerant

Yaitu sebagai media pemindah kalor siklus pendingin.

- Produk yang akan diinginkan

#### **2.1. Klasifikasi Sistem Pendingin**

Ditinjau dari system kerjanya maka mesin pendingin dapat digolongkan sebagai berikut:

##### **2.1.1. Absorbtion Refrigeration Sistem.**

Panas dari udara ruang diserap oleh refrigerant di dalam evaporator, kemudian refrigerant dialirkan ke absorber dan membentuk larutan aqua ammonia atau lithium bromida, setelah itu larutan dipompakan masuk ke generator untuk dipanaskan. Karena sifat refrigerant yang muda menguap maka refrigerant akan bergerak menuju kondensor sedangkan aqua ammonia atau lithium bromide

jatuh kembali ke absorber didalam kondensor dan panas tersebut dibuang keluar.

### **2.1.2. Steam Jet Refrigeration System.**

Steam ini menggunakan aliran sebagai refrigeran, dimana refrigerant yang menguap dari evaporator akan dialirkan ke pemancar (diffuser) untuk dinaikkan tekanan dengan bantuan uap air dari ketel uap air yang dialirkan melalui nosel agar diperoleh kecepatan uap yang tinggi. Kemudian panas refrigerant dibuang melalui kondensor dan selanjutnya refrigerant dibuang melalui kondensor dialirkan ke katup ekspansi untuk diteruskan ke evaporator dan sebagai dipompakan kembali ke ketel uap.

### **2.1.3. Air Refrigeration System.**

Dalam system ini udara digunakan sebagai refrigerant. Udara yang bertemperatur rendah masuk kedalam evaporator kemudian menyerap panas kedalam sehingga temperature naik, selanjutnya dikompresikan ke dalam kompresor dan menyebabkan tekanannya menjadi naikkemudian dialirkan ke heat exchange untuk didinginkan sebelum di ekspresikan melalui turbin untuk menurunkan temperature. Selanjutnya didistribusikan ke dalam evaporator, begitu seterusnya untuk proses penyerapan system.

### **2.1.4. Vapor Compression Refrigeration System.**

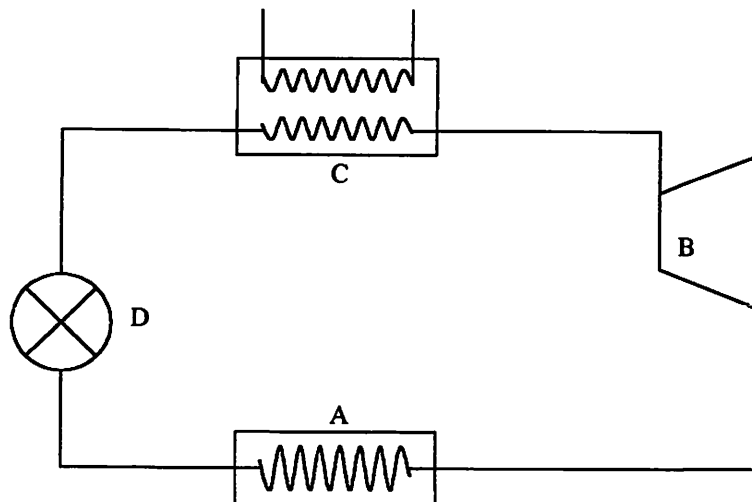
Pada system ini dialirkan refrigerant menyerap panas dari udara ruangan melalui evaporator pada temperature dan tekanan

rendah, sehingga akan merubah fasanya menjadi uap, kemudian uap refrigerant dilewatkan dalam kompresor sehingga berubah fase menjadi cairan jenuh. Lalu refrigerant cair dialirkan kedalam katup ekspansi untuk diturunkan tekanan dan temperaturnya. Setelah itu aliran refrigerant tersebut masuk kedalam evaporator untuk menyerap panas ruangan.

Pada umumnya system pendingin dengan berbagai kapasitas pendinginan menggunakan system ini.

Gambar : 2 – 1

Diagram alir system kompresi uap

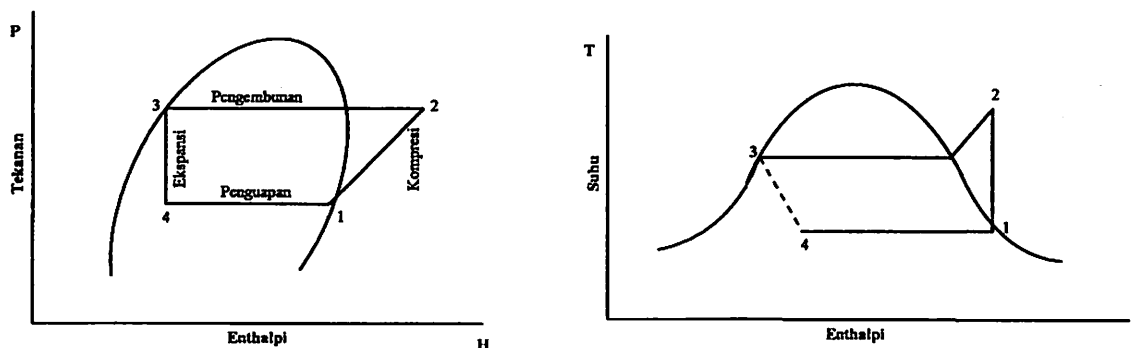


Keterangan :

- A = Evaporator
- B = Kompresor
- C = Condensor
- D = Katup Ekspansi

Untuk memudahkan perhitungan dalam suatu perencanaan mesin pendingin, maka kita menggunakan daur standarnya atau lebih dikenal dengan daur kompresi uap standart, dimana dapat dijelaskan dalam diagram tekanan – enthalpy spesifik (P - H) dan diagram suhu – entropi spesifik (T - S) sebagai berikut:

Gambar : 2 – 2  
Daur Kompresi Uap Standart ( Diagram P – H & T – S )



Sumber : W. F. Stooecker – S. Hara, Refrigerasi dan pengkodisian udara, Erlangga. 1989, hal. 185.

Proses kerja dari siklus:

- 1 – 2 : merupakan proses kompresi di dalam kompresor yang berlangsung secara isentropik. Uap refrigerant setelah keluar dari evaporator akan menguap. Selanjutnya uap tersebut masuk kedalam kondensor untuk dikompresikan sehingga tekanan dan temperaturnya naik
- 2 – 3 : Merupakan proses dalam kondensor. Berlangsung secara isobaric. Uap refrigerant yang keluar dari kompresor yang mempunyai tekanan dan temperature yang tinggi kedalam kondensor yang diinginkan maka refrigerant berubah dari fase uap ke fase air.



- 3 – 4 : Merupakan proses penurunan tekanan pada entalpi konstan, yang terjadi pada waktu refrigerant melalui katup ekspansi.
- 4 – 1 : Proses penyerapan kalor atau penguapan di evaporator yang berlangsung secara isobarik. Disini refrigeran berfungsi menyerap panas udara dalam ruangan, sehingga refrigerant tersebut akan berubah fasenya dari fase cair menjadi uap yang mempunyai tekanan dan temperature yang rendah, dan selanjutnya masuk kedalam kompresor.

## **2.2. Cara Kerja Sistem Pendingin Freezer**

Kompresor sebagai tenaga penggerak, menghisap beban pendinginan gas dari evaporator dengan suhu dan tekanan rendah. Kemudian gas dimanfaatkan menjadi gas yang bersuhu dan bertekanan tinggi, gas mengalir pada pipa tekan yang langsung menuju kondensor.

Kondensor didinginkan oleh udara luar, pada waktu gas refrigerant dengan suhu dan tekanan tinggi mengalir didalam pipa sepanjang kondensor, setelah suhunya mencapai kondensasi, gas akan mengembun yang mana wujudnya sedikit demi sedikit akan berubah menjadi cair, tetapi tekanannya masih tetap tinggi. Pada saat bahan pendingin/ refrigeran keluar dari bagian bawah kondensor, cairan tersebut akhirnya mengalir ke pengering.

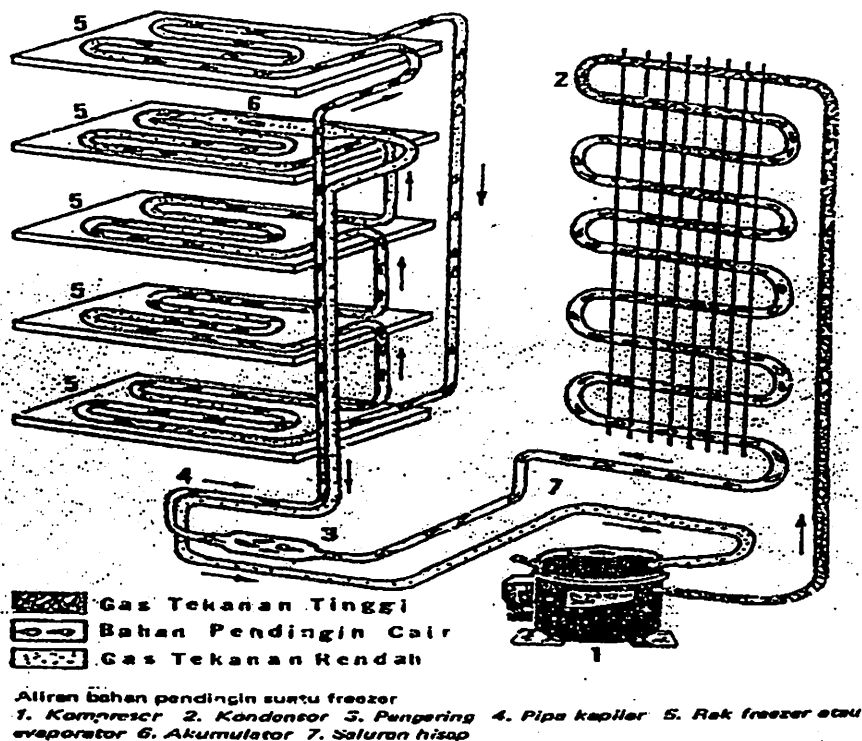
Pengering (drier) berisi elemen pengering (silica gel) diantara dua buah kawat saringan, disini bahan pendingin dibersihkan dari hal – hal yang di saring. Setelah itu bahan pendingin yang bertekanan tinggi mengalir masuk ke pipa kapiler.

Pipa kapiler mempunyai diameter dalam yang kecil. Bahan pendingin cair pada waktu mengalir mendapat tahanan dan hambatan yang besar, sehingga tekanannya menurun. Bahan pendingin yang keluar dari pipa kapiler berwujud cair dengan suhu ruang, tekanan turun menjadi rendah sekali, lalu masuk ke Evaporator.

Evaporator (penguap) yang pada saat bahan pendingin cair itu masuk, cairan tersebut segera menguap berubah wujud dari fase cair ke fase gas diperlukan kalor (heat) yang mana kalor tersebut diambil dari bahan/beban pendingin didalam ruang freezer. Dari evaporator bahan pendingin mengalir melalui salurann hisap ke tabung pemisah oil pendingin.

Tabung pemisah oil ini akan memisahkan minyak pendingin dengan cara menutup katup yang menuju ke kompresor. Hal ini untuk mengatuhi massa dari refrigerant yang mengalir melalui flow meter yang terlekat diatas tabung tersebut. Pembukaan katub dilakukan jika oil pendingin sudah cukup. Setelah itu bahan pendingin mengalir kesaluran isap kompresor dan mengalir secara berulang – ulang

Gambar : 2 – 3  
Diagram Skematik Sistim Pendingin Pada Freezer



Sumber : Handoko. K, *Teknik Lemari Es*

### 2.3. Dasar Pemilihan Refrigeran

Refrigeran atau bahan pendingin adalah zat yang mudah menguap dan berfungsi sebagai media pendingin dengan menyerap panas dari zat lain pada temperature dan tekanan rendah (terjadi pada evaporator ) dan melepaskan panas pada temperature dan tekanan yang tinggi (terjadi pada kondensor)

dalam pemilihan refrigerant yang akan digunakan pada freezer box ini, yang perlu kita perhatikan adalah jenis refrigerant yang sesuai dengan kompresor yang kita pergunakan serta sifat terhadap bahan – bahan lain (baik konstruksi, pelumas, produk dan sebagainya) dan karakteristik dari

termodinamika refrigerant tersebut, yang meliputi : temperature, tekanan penguapan, serta temperature dan tekanan pengembunannya. Adapun sifat – sifat refrigerant dapat dikelompokkan sebagai berikut :

### **2.3.1. Sifat Termodinamika Dari Beberapa Refrigerant**

sebaiknya refrigerant menguap pada tekanan lebih tinggi dari tekanan atmosfer. Sehingga dengan demikian dapat dicegah terjadinya kebocoran udara luar yang masuk dalam system refrigerasi. Sangatlah perlu diperhatikan tentang titik didih refrigerant yang merupakan salah satu factor yang penting. Boleh dikatakan bahwa refrigerant yang memiliki titik didih yang rendah biasanya dipakai untuk keperluan operasional mesin pendingin dengan temperature refrigerasi yang rendah. Sedangkan untuk refrigerant yang memiliki titik didih yang tinggi dapat digunakan untuk keperluan pendinginan temperature yang tinggi (Pendingin Udara). Jadi titik didih refrigerant merupakan indicator yang menyatakan apakah refrigerant padat menguap pada temperature rendah yang diinginkan, tetapi berada pada tekanan yang tidak terlalu rendah. Dari segi termodinamika, R12, R22, R500, R502, ammonia dan sebagainya dapat dipakai untuk daerah temperature yang luas dari keperluan pendinginan udara sampai kerefrigerasi.

Koefisien prestasi dan daya per kilowatt refrigerant adalah salah satu sifat yang paling penting untuk memilih refrigerant. Dengan koefisien prestasi yang besar biaya operasi menjadi lebih rendah. Laju aliran volume pada seksi masuk kompresor merupakan laju aliran

volume pada uap refrigerant yang harus dipompa oleh kompresor merupakan petunjuk dari besar kecilnya kompresor.

### **2.3.2. Sifat Kimia**

- Kemungkinan mudah terbakar

Bahaya dan resiko dalam pemilihan refrigerasi terhadap kemungkinan meledakdan terbakar

- Kemungkinan beracun

Refrigerasi dikatakan beracun apabila ia bersifat merusak terhadap kesehatan manusia jika tercampur sedikit saja dengan udara.

Semua refrigeran kecuali udara dapat menyebabkan orang mati lemas jika konsentrasinya tinggi.

- Reaksi dari bahan konstruksi

Reaksi tersebut berupa korosi pada material konstruksi jadi harus diperhatikan pemilihan refrigeran terhadap material konstruksi yang menampung refrigerant.

- Merusak terhadap produk

Hal ini terutama harus diperhatikan apabila terjadinya kebocoran refrigerant . jadi dipilih refrigerant yang tepat terhadap bahaya kebocoran tersebut.

### **2.3.3. Sifat Fisika**

- Mudah bocor

Tendensi terjadinya kebocoran refrigerant harus kecil dan mudah untuk dideteksi. Hal ini untuk mengatasi seandainya terjadi kebocoran sehingga memperkecil biaya

- Viskositas dan daya hantar panas

Sangat mempengaruhi sifat perpindahan kalor (heat transfer) pada refrigerant. Agar perpindahan kalor baik, maka viskositas harus rendah dalam fase cair maupun gas dan daya hantar panas harus tinggi.

- Pengaruh terhadap pelumas

Diusahakan refrigerant dapat bercampur dengan minyak pelumasan, tetapi diharapkan keduanya tidak bereaksi.

- Harga dan biaya

Harga refrigerant dan biaya perawatan mesin terhadap refrigerant harus serendah - rendahnya.

Tabel : 2-1

## Beberapa Aplikasi Refrigeran Yang Umum Dipergunakan

Domestic refrigerator . . . . .	R-12, R-22	
Domestic food freezers . . . . .	R-12, R-22, R-502	
✓ Automobile air conditioning . . . . .	R-12 ✓	
Cryogenic applications . . . . .	R-13, R-503	
Home air conditioning . . . . .	R-22, R-500	
Public building air conditioning:		
Low capacity . . . . .	R-12, R-22	
Medium capacity . . . . .	R-11, R-12, R-22	
High capacity . . . . .	R-11, R-12	
Ship-board air conditioning . . . . .	R-11, R-12, R-22	
Frozen food delivery service . . . . .	R-22, Solid carbon dioxide	
Metal shrinking . . . . .	Nitrogen	
Industrial process . . . . .	R-11	
Food freezers . . . . .	Carbon dioxide, Nitrogen	CO <sub>2</sub> N
Cleaning, absorbing moisture . . . . .	R-11	

Sumber : Modern Refrigeration and Air Conditioning, Andrew D. Althouse, Bs. MA, hal. 298.

Tabel : 2-2

## Aplikasi Refrigeran Terhadap Pemilihan Jenis Kompresor

REFRIGERANT	COMPRESSOR TYPE	APPLICATION
R-11	Centrifugal	Large air conditioning systems ranging from 200 to 2000 tons in capacity. Refrigerating systems for industrial process water and brines.
R-12	Reciprocating Centrifugal Rotary	Large air conditioning and refrigeration systems. Small household refrigerators including frozen food and ice cream cabinets, food locker plants, water coolers, room and window air conditioners and others. Principal refrigerant in automobile air conditioning.
R-22	Reciprocating Centrifugal	Residential and commercial air conditioning. Food-freezing plants, frozen-food storage and display cases and many other medium and low-temperature applications.
R-500	Reciprocating	Small home and commercial air conditioning equipment and in household refrigeration - especially in areas where 50 cycle current is common.
R-502	Reciprocating	Frozen food and ice cream display cases, warehouses and food freezing plants. Medium-temperature display cases, truck refrigeration and heat pumps.
R-503	Reciprocating	Low-temperature systems down to about -130 F. (-90 C.).
R-13	Reciprocating	Low-temperature systems down to about -130 F. (-90 C.) in cascade systems.
R-113	Centrifugal	Small to medium air conditioning systems and industrial cooling.

Sumber : Modern Refrigeration And Air Conditioning, By Andrew D. Althaus, Bs. MA. hal. 289.



## 2.4. Klasifikasi Refrigeran

Pada dasarnya refrigeran dapat kita golongkan dalam dua kelompok yaitu :

### 2.4.1. Refrigeran Primer

Adalah refrigeran yang digunakan dalam system kompresi uap refrigeran ini kita bedakan menjadi dua kelompok :

#### a. Senyawa Holo Karbon

refrigeran yang termasuk dalam senyawa holokarbon mempunyai satu atau lebih atom dari salah satu halogen ini ( flourin, bromine, dan klorin ). Ketentuan bilangan, nama kimia dan rumus kimia dari anggota holokarbon adalah :

Tabel : 2 - .3 Beberapa Refrigeran Holokarbon

Ketentuan penomoran	Nama kimia	Rumus kimia
11	Trikloromonofluorometana	$\text{CCL}_3\text{F}$
12	Diklorodifluorometana	$\text{CCL}_2\text{F}_2$
13	Monoklorotrifluorometana	$\text{CCLF}_3$
22	Monoklorodifluorometana	$\text{CHCLF}_2$
40	Metalklorida	$\text{CH}_3\text{CL}$
113	Trikolotrifluoroetana	$\text{CCL}_2\text{FCCLF}_2$
114	Diklorotetrafluoroetana	$\text{CCLF}_2\text{CCLF}_2$

b. Senyawa Anorganik

Senyawa ini banyak digunakan pada awal terciptanya mesin pendingin. Yang termasuk senyawa anorganik dapat dilihat di table berikut ini:

Tabel : 2 - 4 Beberapa Refrigerant Anorganik

Ketentuan penomoran	Nama kimia	Rumus kimia
717	Ammonia	$\text{NH}_3$
718	Aor	$\text{H}_2\text{O}$
729	Udara	$\text{O}_2$
744	Carbondioksida	$\text{CO}_2$
764	sulfurdioksida	$\text{SO}_2$

c. Senyawa Hidrokarbon.

Senyawa ini banyak digunakan dalam industri perminyakan dan petrokimia, macam-macamnya adalah :

Tabel : 2 - 5 Beberapa Refrigerant Hidrokarbon

Ketentuan penomoran	Nama kimia	Rumus kimia
50	Metana	$\text{CH}_4$
170	Etana	$\text{C}_2\text{H}_6$
290	Propana	$\text{C}_3\text{H}_8$

d. Azeotrop.

Suatu campuran azeotrop dua substansi adalah campuran yang dapat dipisahkan menjadi komponen-komponen dengan cara distilasi.

Azeotrop menguap dan mengembun adalah sebagai suatu substansi tunggal yang sifat-sifatnya berbeda dengan sifat unsure pembentuknya. Azeotrop yang paling banyak dikenal adalah refrigerant 502, yang merupakan campuran antara 48,8% dari R22 dan R115 dari 51,2%.

#### **2.4.2. Refrigeran Sekunder**

Adalah fluida yang mengangkat kalor dari bahan yang sedang diinginkan ke evaporator pada system refrigerasi. Refrigerant sekunder mengalami perubahan suhu bila menyerap kalor dan membebaskan pada evaporator, tetapi tidak mengalami fase. Yang termasuk refrigerant sekunder adalah : Air, larutanh garam (brines), dan larutan anti beku (anti Freezer)lainnya.

#### **2.4.3. Syarat – Syarat Refrigerant Untuk Unit Refrigerasi**

1. tekanan penguapannya harus tinggi
2. tekanan pengembunan tidak terlalu tinggi
3. kalor penguapan laten harus tinggi
4. voleme specific (terutama dalam fase gas) yang cukup kecil
5. koefisien prestasinya (COP) harus tinggi
6. konduktifitas thermal tinggi
7. viskositas yang rendah dalam fase cair maupun gas
8. konstanta dielektrika dari refrigerant yang kecil, tahanan listrik yang besar, serta tidak menyebabkan korosi pada material isolator listrik

9. refrigerasi hendaknya stabil dan tidak bereaksi dengan refrigerant yang dipakai
10. refrigerant harus mudah terdeteksi jika terjadi kebocoran
11. refrigerasi tidak boleh terbakar dan mudah meledak
12. refrigerant tidak boleh racun dan berbau merangsang
13. diusahakan dengan harga yang murah dan mudah diperoleh.

#### **2.4.4. Jenis Refrigeran Yang Sering Digunakan/ rencanakan**

Bahan – bahan pendingin yang banyak sekali macamnya, tetapi tidak langsung kita memilih refrigerant tersebut yang mana kita harus melihat kerugian dan keuntungan dari refrigerant tersebut.

Jenis refrigerant yang digunakan antara lain :

##### **2.4.4.1. Refrigeran R 12 (CCL<sub>2</sub>F<sub>2</sub>)**

Refrigerant ini pemakaiannya sangat meluas mulai dari pemakaian untuk lemari es sampai Air Conditioning (AC).

Yang mana sifat – sifatnya adalah :

- Titik didih = - 29,8<sup>0</sup> C
- Titik beku = - 158<sup>0</sup> C
- Kalor uap laten = - 39,97 kkal/ kg

Keuntungan dari refrigeran 12 (CCL<sub>2</sub>F<sub>2</sub>)

- Tidak berbau dan berwarna
- Tidak beracun
- Tidak mudah terbakar

- Tidak korosif pada logam
- Tidak berpengaruh terhadap bahan yang diinginkan baik bau, rasa, maupun warna.
- Kerugian dari refrigerant 12 ( $\text{CCL}_2\text{F}_2$ )
- Dapat merusak karet alami
- Bila terkena panas dari pemanas listrik akan menimbulkan gas yang beracun dan berbahaya.
- Bila didalam system ada air, maka pada suhu yang tinggi bersifat korosif karena ada asam nitrogen.

#### 2.4.4.2. Refrigeran 22 ( $\text{CHClF}_2$ )

refrigerant 22 ( $\text{CHClF}_2$ ) saat ini sering digunakan terutama dalam industri, pabrik – pabrik, dan peniagaan karena mempunyai temperature yang rendah. Sifat – sifat dari refrigerant 22 adalah :

- titik didih =  $-40,8^{\circ}\text{C}$
- Titik beku =  $-160^{\circ}\text{C}$
- Kalor uap laen =  $55,92\text{ kkal/ kg}$

Keuntungan Refrigeran 22 dari pada refrigerant 12 adalah :

- Ukuran pipa pendingin relative kecil
- Untuk kapasitas yang sama bentuk kompresornya relative lebih kecil
- Kemampuan dalam menyerap uap lebih lebih besar dibandingkan refrigerant 12

- Kerugian dari refrigerant 22 adalah :
- Terjadinya uap yang berlebihan pada system pendingin

#### 2.4.4.3. Refrigeran 502 (CHCLF<sub>2</sub>)

Jenis Refrigeran ini merupakan campuran antara 48,8 % dari R22, dengan 52,1 % dari R115. refrigerant ini cocok untuk evaporator yang mempunyai temperatur rendah, yang mana sifat – sifatnya adalah :

- Titik didih = - 45,4<sup>0</sup> C
- Titik beku = 91,78<sup>0</sup> C
- Kalor uap laten = 42,48 kkal/ kg

Keuntungan Refrigeran 502 adalah :

- Tidak bercun dan tidak korosif
- Komresor akan bekerja pada suhu rendah sehingga memperpanjang daya tahan dari umur kompresor.

Kerugian dari refrigerant 22 adalah :

- Volume kerja dari kompresor lebih besar
- Harga yang mahal.

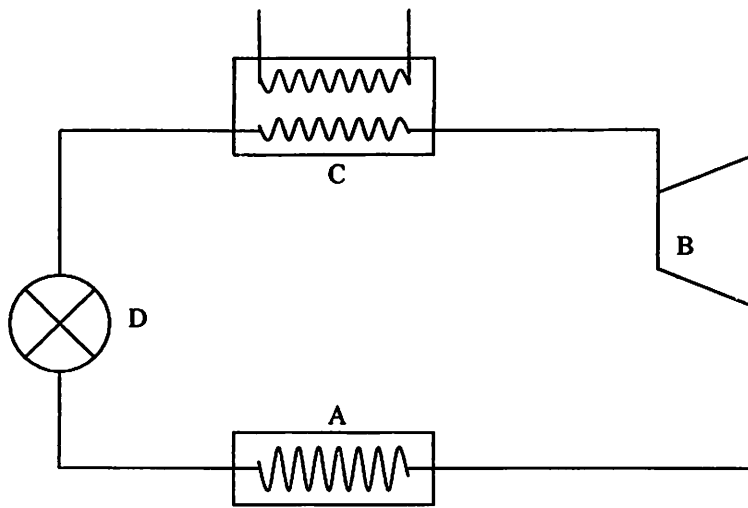
### 2.5. Sistem Refrigerasi Yang Direncanakan

Sistem refrigerasi yang akan direncanakan adalah sistem refrigerasi kompresi uap (Vapor Compression Refrigeration system), yaitu terjadinya perubahan fase dari refrigerant yang digunakan dari uap kecairan dan sebaliknya didalam siklus. karena mempunyai beberapa keuntungan :

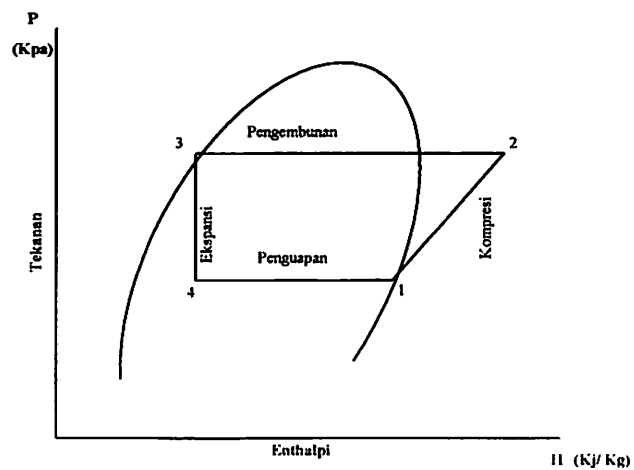
- Dampak refrigerasi dapat ditingkatkan

- Agar tidak ada cairan refrigeran yang terbawa masuk kedalam kompresor.
- Mencegah terjadinya gelembung uap yang mengganggu aliran refrigeran melewati katup ekspansi.

Gambar :2 – 4  
Diagram Aliran system refrigerasi yang direncanakan



Gambar : 2 – 5  
Diagram P – H system refrigerasi yang direncanakan



## 2.6. Jenis Refrigeran Yang Digunakan

Dengan melihat beberapa alternative dari macam – macam refrigerant diatas, maka dalam perencanaan Freezer Box ini akan digunakan refrigerant 12 (Freon 12) sebagai fluida kerjanya, dengan beberapa dasar pertimbangan yaitu :

- Banyak digunakan sebagai media pendingin pada proses penyimpanan daging untuk system Freezer box
- Mudah terdeteksi jika terjadi kebocoran disbanding refrigerant lainnya
- Sesuai dengan kompresor yang dipakai
- Kalor laten penguapan tinggi
- Tidak mudah terbakar dan tidak mudah meledak
- Tidak beracun dan berbau serta tidak berwarna dalam semua keadaan
- Mudah didapat
- Suhu penguapan sampai  $-30^{\circ}\text{C}$
- Tidak korosif terhadap logam yang digunakan dalam sistim pendingin.

## 2.7. Macamm – Macam Beban Pendingin

Beban pendingin merupakan salah satu factor yang perlu diperhatikan dalam perencanaan mesin pendingin bisa terjadi karena adanya:

- Panas yang berasal dari dinding berisolasi.
- Panas yang dibawa oleh udara dari luar ruangan
- Panas yang berasal dari produk atau benda-benda yang didinginkan
- Panas yang berasal dari operator atau pekerja



- Panas yang berasal dari peralatan yang disimpan didalam ruang pendingin.
- Panas yang masuk dari kaca atau bahan transparan

Pada kenyataannya tidak semua unsur-unsur dari beban pendingin yang tertera diatas merupakan beban pendingin atau semua mesin pendingin, tergantung dari perencanaan mesin pendingin itu sendiri.

### **2.7.1. Beban Panas Melalui Dinding**

Beban panas ini juga disebut beban panas bocoran, karena adanya perbedaan dalam ruangan karena temperature luar ruangan, walaupun perencanaan dinding bagian dalam diberi isolasi, karena tidak adanya isolasi yang sempurna, maka terjadi perpindahan panas dari dinding tersebut.

### **2.7.2. Beban Panas Dari Produk**

Panas dari produk yang didinginkan sampai temperature yang didinginkan merupakan beban yang harus diatasi oleh mesin pendingin itu sendiri, beban prodak merupakan bagian dari beban pendingin total yang hanya pada saat penurunan temperature produk ke temperatur ruangan pendingin yang digunakan setelah tercapai temperature ruangan pendingin maka tidak ada lagi beban produk.

Satu hal yang dikecualikan untuk produk sayur-sayuran dan buah-buahan masih tetap mengeluarkan beban panas meskipun telah dicapai temperature ruangan.

### **2.7.3. Beban Panas Dari Pergantian Udara**

pada saat pintu freezer box terbuka, udara panas yang berasal dari luar ruangan freezer akan masuk ke ruangan freezer yang menggantikan sebagian udara dingin yang ada dalam ruangan Freezer tersebut. Tentunya hal ini akan mempengaruhi kondisi temperatur didalam ruangan freezer. Pada setiap mesin pendingin pintu - pintu dan celah yang ada diberi perekat yang baik. Sehingga walaupun ada kebocoran udara hanya dalam jumlah relative kecil. Dengan demikian pada system pendingin yang harus diperhitungkan adalah adanya beban panas dari udara luar saat pintu terbuka.

## **2.8. Bagian – Bagian Utama Dari Sitem Pendingin**

Bagian atau komponen – komponen utama yang terdapat dalam system pendingin adalah :

- Kompresor
- Kondensor
- Katup ekspansi
- Evaporator

Komponen – komponen diatas tersebut dihubungkan dengan pipa kapiler dari logam (tembaga) sehingga membentuk suatu sistem.

### **2.8.1. Kompresor**

Pada sistem refrigerasi, komponen bekerja membuat perbedaan tekanan sehingga refrigeran dapat mengalir dari suatu bagian lain dari suatu sistem.

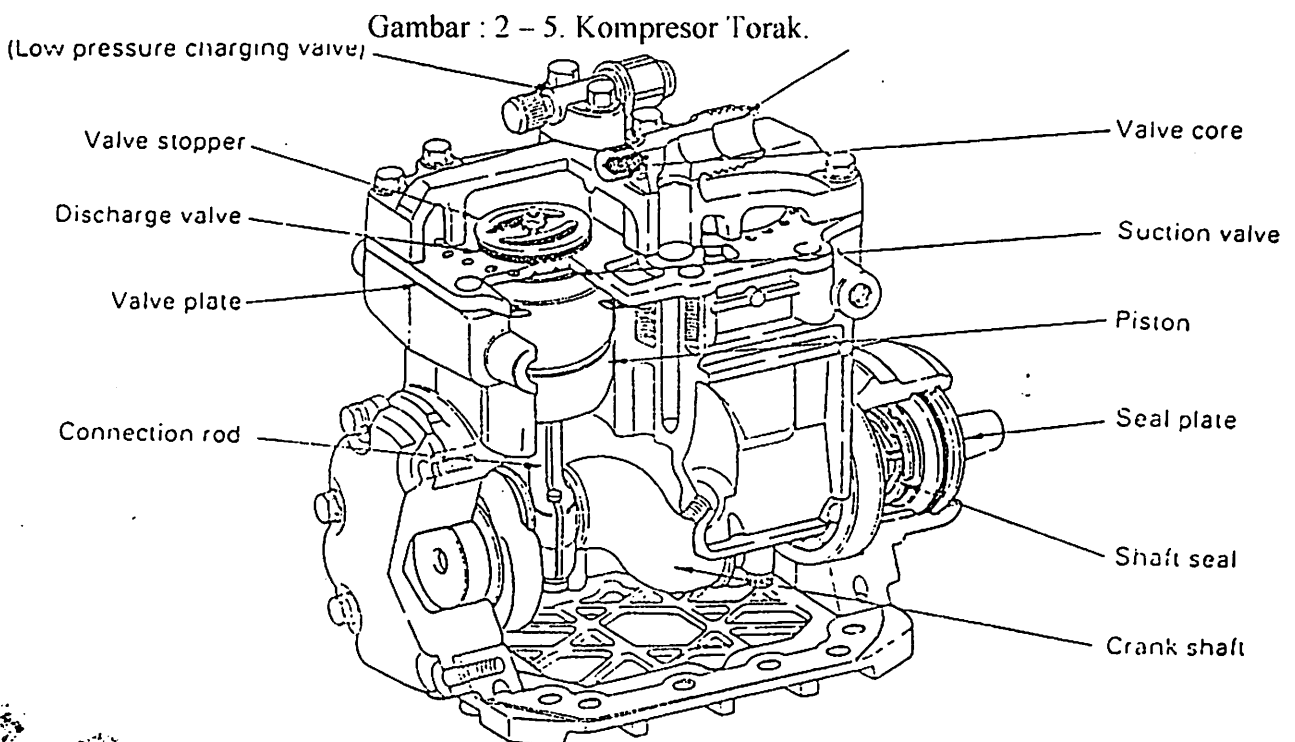
Adapun kegunaan kompresor dalam sistem refrigerasi :

- a. Untuk mengalirkan uap refrigeran yang mengandung sejumlah panas dari evaporator atau dalam kata lain menghisap refrigeran dari evaporator.
- b. Uap dari evaporator yang mempunyai suhu rendah dan tekanan rendah masuk ke kompresor yang mana akan dimanfaatkan uap tersebut menjadi uap yang bersuhu tinggi, dan bertekanan tinggi.

### 2.8.1.1. Macam – macam kompresor

#### 1. kompresor torak

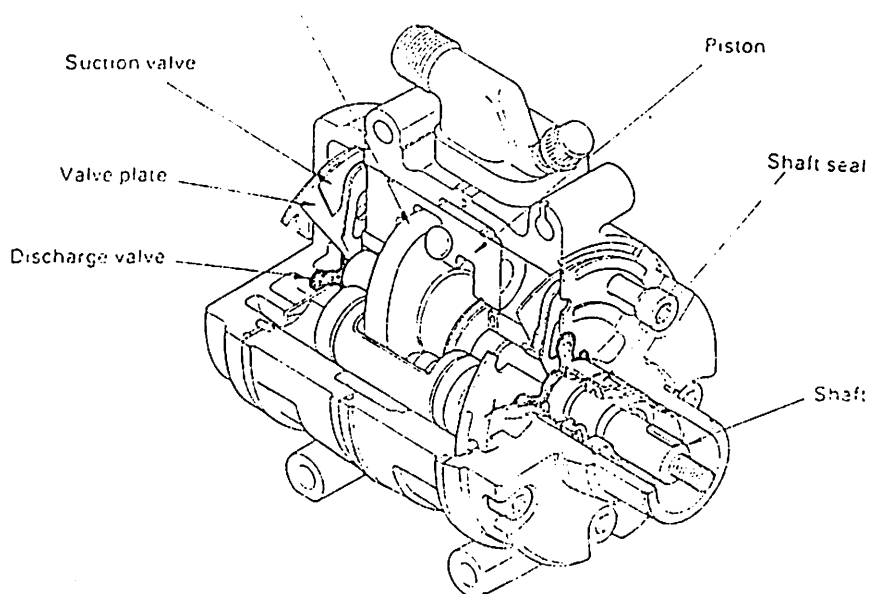
Jenis kompresor ini digunakan untuk refrigeran yang mempunyai volume rendah dengan perbedaan temperatur yang besar. Amonia, Freon 12, dan Methil Clorida adalah beberapa contoh refrigeran yang cocok dengan kompresor torak.



## 2. Kompresor Hermetik

Adalah kompresor yang langsung digerakkan oleh motor listrik secara langsung digerakkan oleh motor listrik secara langsung. Kompresor jenis ini mempunyai poros yang sama dipasang satu rumah. Hampir semua kombinasi dari sistem kompresor ini dapat digunakan untuk kulkas, Freezer, sistem pengondisian dirumah – rumah atau ditempat – tempat lain. Kandungan yang ada didalam sistem kompresor ini dapat merusak motor maka sangatlah penting kita melakukan dihidrasi (pembebasan air).

Gambar : 2 – 6. Kompresor Hermetik



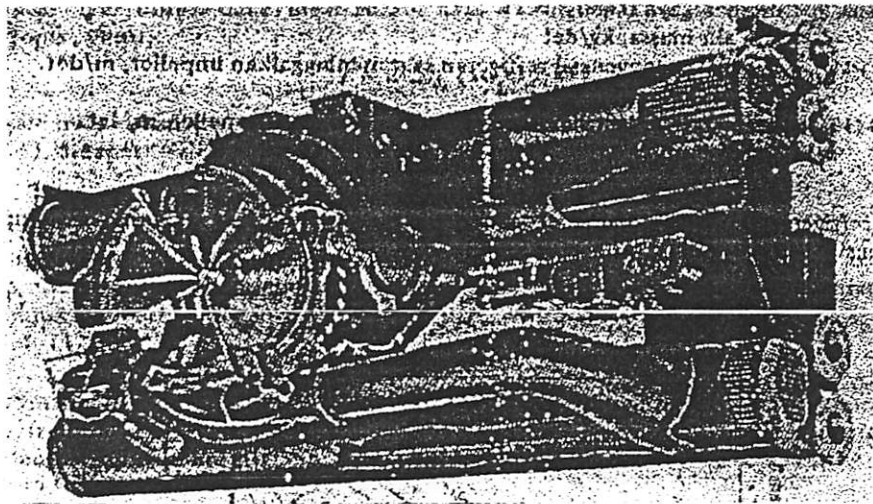
Sumber : WF. Stoecker, *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*  
Penerbit erlangga 1996

## 3. Kompresor Sentrifugal

Seperti namanya kompresor jenis ini mengkompresikan up/ gas refrigeran dengan impeler berputar secara ber ulang –

ulang, sehingga menyebabkan uap terhisap masuk kedalam kompresor dan mengeluarkan lagi dengan kecepatan yang tinggi, kecepatan yang tinggi biasanya diikuti perubahan tekanan. kompresor jenis ini dapat menangani jumlah uap/ gas refrigeran yang besar pada tingkatan efisiensi yang tinggi. Jika perbedaan temperatur refrigeran rendah, maka jumlah tingkatannya akan berkurang pula. Biasanya kompresorsentrifugal digunakan untuk keperluan instalasi yang berkala besar.

Gambar : 2 – 7. Kompresor Sentrifugal



Sumber : WF. Stoecker *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*.

### 2.8.2. Kondensor

Kondensor merupakan alat penukar kalor, dimana fungsinya adalah melepaskan kalor fase refrigeran dari fase gas menjadi fase cair. Untuk mencairkan uap/ gas refriaran yang

bertekanan dan bertemperatur tinggi diperlukan usaha untuk mengeluarkan kalor sebanyak kalor laten penguapan. Dimana untuk menghitung banyaknya kalor laten penguapan terlebih dahulu harus kita hitung besarnya kapasitas dan refrigeran yang kita gunakan (kkal/ jam).

Daya kompresi ( $K_w$ ) berdasarkan temperatur penguapan dan temperatur penguapan yang ditetapkan dengan menggunakan data spesifikasi kompresor yang ada. Besarnya kalor laten penguapan adalah :  $K_p = K_R - (P_k \times 860)$

Dimana :

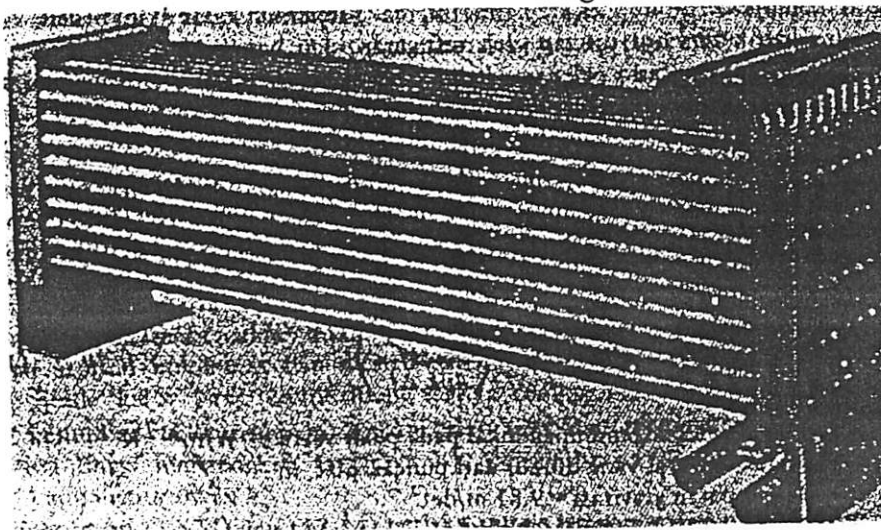
$K_p$  = Kalor penguapan (kkal/ Jam)

$K_r$  = Kapasitas refrigeran (kkal/ jam)

$P_k$  = Daya kompresor (Kw)

Pada waktu mesin pendingin bekerja, temperatur benda yang harus didinginkan masih tinggi, oleh karena itu kalor penguapannya bertambah besar, hal ini juga kita perhitungan dalam pemilihan kondensor.

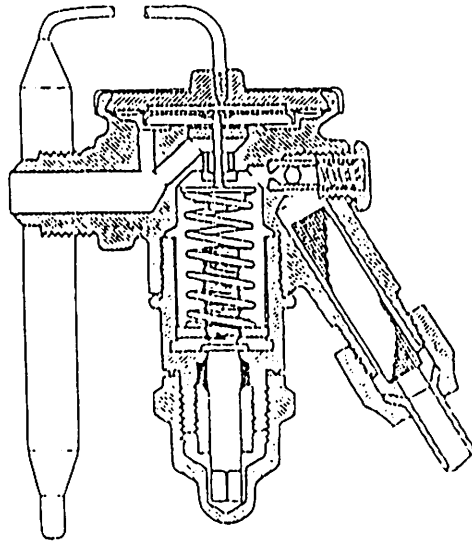
Gambar : 2 – 8 .Kondensor Pendingin Udara



Sumber : W. F. Stoecker *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*

### 2.8.3. Katup Ekspansi

Gambar : 2 – 9. Katup Ekspansi



Sumber : Roy. J. Dossat, Principles of Refrigeration, Secon Edition, John Willey & Sons, Nem York, Hal. 419.

Katup ekspansi digunakan untuk mengekspansikan adiabatik cairan dari refrigeran yang bertekanan dan bertemperatur tinggi sampai tingkat keadaan temperatur dan tekanan yang rendah. Selain itu katup ekspansi mengatur pemasukan refrigeran sesuai dengan beban pendingin yang harus dilayani oleh evaporator jadi katup ekspansi mengatur supaya evaporator dapat selalu bekerja sehingga dapat diperoleh siklus refrigeran yang maksimal.

Macam -macam katup ekspansi :

- Katup ekspansi otomatis thermostatik

- Katup ekspansi manual
- Katup ekspansi tekanan konstan
- Pipa kapiler

Salah satu jenis ekspansi yang banyak digunakan pada mesin pendingin adalah :

❖ Pipa kapiler

Pipa kapiler biasanya dipakai pada mesin pendingin berkapasitas kecil. Pipa kapiler adalah pipa kecil yang berdiameter dalam 0,8 mm sampai 2,0 mm, dengan panjang kurang lebih 1 (satu) meter. Alat ini terbuat dari tembaga.

Pipa kapiler di pasang sebagai tahanan, yang dipergunakan untuk menurunkan tekanan. Diameter dan panjang pipa berdasarkan kapasitas pendingin, kondisi operasi dan jumlah refrigerasi.

Konstruksi pipa kapiler sangat sederhana, sehingga sering terjadi gangguan. Tetapi bila sekali pipa ini dipilih dan dipasang, maka pipa tersebut tidak dapat distel lagi untuk mengatasi Perubahan – perubahan beban yang terjadi.

Keuntungan pemakaian pipa kapiler :

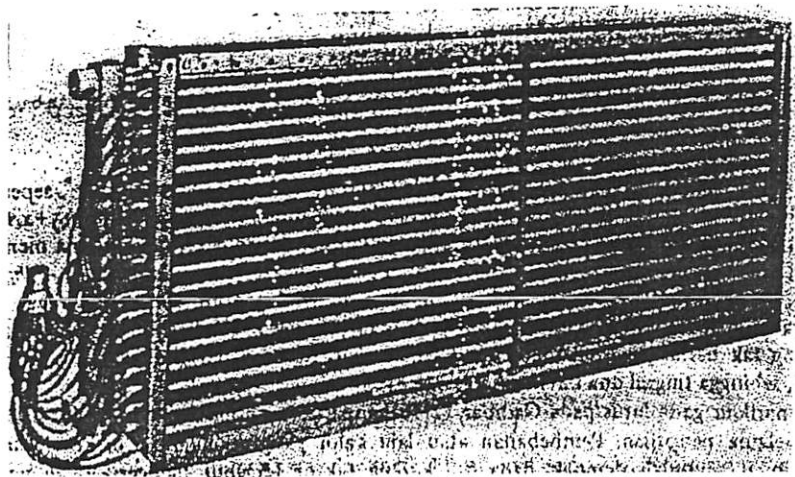
- Harga murah dan mudah dicari
- Pada saat beroperasi kompresor dapat bekerja lebih ringan karena gaya yang diperlukan kecil



#### Kerugian Pemakaian Pipa Kapiler :

- Pipa kapiler tidak mampu mengatur jumlah aliran refrigeran kedalam evaporator, maka dengan demikian jika terjadi perubahan beban dievaporator kapasitas pendinginan tidak efektif lagi.
- Pipa kapiler tidak dapat menghentikan aliran refrigeran pada saat kompresor tidak bekerja, sehingga usia kompresor akan lebih pendek karena bisa saja refrigeran cair masuk kedalam kompresor.

#### 2.8.4. Evaporator



Gambar : 2 – 10. Evaporator

Sumber : M. Necati, Ozisik, *Heat Transfer A. Basic Approach*, New Delhi

Tekanan cairan refrigeran yang diturunkan pada katup ekspansi akan didistribusikan secara merata kedalam pipa evaporator. Refrigeran tersebut akan menguap karena menyerap kalor dari udara yang mengalir melalui permukaan luar dari evaporator. Udara yang

didinginkan dibawah titik embun mengakibatkan uap air yang ada di udara akan mengembun pada permukaan evaporator tersebut, kemudian ditampung dan dialirkan pada ruang/ tempat lain.

Berdasarkan konstruksinya, evaporator dapat dibedakan menjadi 3 (tiga) bentuk yaitu :

1. Bare Tube (tabung polos)
2. Plat surface (pelat rata)
3. finned (tabung bersirip)

Sedangkan menurut prinsip kerjanya Evaporator dapat dibagi menjadi 3 golongan sesuai dengan keadaan refrigeran yang ada didalamnya yaitu :

1. Evaporator Kering

Jenis ini, cairan refrigeran yang diekspansikan melalui pipa kapiler, pada masuk kedalam evaporator, refrigeran sudah dalam keadaan campuran antara fase cair dan fase uap, sehingga keluar dari evaporator dalam keadaan uap kering.

2. Evaporator Setengah Basah

Evaporator jenis setengah basah ini adalah evaporator dengan kondisi refrigeran diantara evaporator jenis evaporator kering dan jenis evaporator basah. Dalam evaporator ini selalu terdapat refrigeran cair dalam pipa penguapannya, oleh karena itu laju perpindahan kalor dalam evaporator jenis setengah basah ini lebih

tinggi dari pada yang dapat diperoleh pada jenis ekspansi kering dan lebih rendah dari pada yang diperoleh evaporator jenis basah

### 3. Evaporator Basah

Evaporator jenis basah sebagian besar dari evaporatornya terisi oleh cairan refrigeran. Cairan refrigeran tersebut menyerap kalor dari fluida yang hendak didinginkan (air, larutan garam dan lain - lain) yang mengalir didalam pipa, uap refrigeran yang terjadi dikumpulkan dibagian atas dari evaporator saebelum masuk ke kondensor.

Jadi kalor yang diserap oleh refrigeran dari benda atau fluida yang diinginkan dapat dihitung sebagai berikut :

$$Q = K \cdot A \cdot \Delta_{TM}$$

Dimana ;

$Q$  = Jumlah kalor yang diserap refrigeran dalam evaporator  
(kkal/ Jam)

$K$  = Koefisien perpindahan panas (kkal/ m<sup>2</sup>. Jam. °C)

$A$  = Luas bidang perpindahan kalor (m<sup>2</sup>)

$\Delta_{TM}$  = Perpindahan temperature rata – rata (°C)

## BAB III

### PERHITUNGAN

#### 3.1. Beban Pendingin

Adalah suatu beban yang berupa benda – benda sumber energi panas yang bisa menghasilkan kalor pada suatu sistem pendingin. Banyaknya kalor yang diserap oleh sistem pendingin atau menentukan besarnya kapasitas beban pendingin yang kita cari mempunyai satuan KW atau KJ/ Detik.

Dalam perhitungan beban pendingin Refrigeran Freezer Box ini dibagi dalam (dua) kelompok yaitu :

1. Perhitungan beban internal.
2. Perhitungan beban eksternal.

##### 3.1.1. Perhitungan Beban Internal.

Pada perencanaan ini yang termasuk dalam beban internal yaitu :

1. Beban dari produk (product load).
2. Peralatan ruangan yang dapat menimbulkan panas.

##### 3.1.1.1. Beban dari produk (Product Load)

Pada perencanaan Freezer Box ini diharapkan agar mesin mampu menerima beban sampai kapasitas 50 kg ikan, temperatur ikan sebelum masuk kedalam Freezer Box adalah  $29^{\circ}\text{C}$  dan diharapkan terjadi penurunan sampai  $-2,25^{\circ}\text{C}$ .

Sumber utama dari beban pendinginan yang diakibatkan oleh produk adalah :

- a).Energi yang diperlukan untuk menurunkan temperatur produk dari awal ke temperatur akhir.
- b).Panas dari produk yang terus menerus ada dalam ruangan pendingin jika produk dimasukkan kedalam ruangan pendingin dimana temperatur lebih rendah dari temperatur awal produk, maka produk tersebut akan melepaskan panas, dan panas yang diserap oleh sistem secara terus menerus adalah :

o Panas Sensible

Panas yang diserap selama pendinginan dari temperatur masuk sampai temperatur beku.

o Panas Laten

Panas dari prosuk yang diserap selama pendinginan dari temperatur beku sampai temperatur akhir.

- 3.1.1.1.1. Panas sensible yang masuk ruang pendinginan pada temperatur beku dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_s = m \cdot C_p \cdot (T_1 - T_0) \dots\dots\dots 1)$$

Dimana :

$Q_s$  = Panas sensible (KJ)

$M$  = Massa Produk (Kg)

$C_p$  = Spesifik Heat of produk (KJ/Kg<sup>0</sup>k)

= 3,18 KJ/ Kg<sup>0</sup>k (Tabel 10-8 R.J Dossat)

-----  
<sup>1)</sup> Principle Of Refrigeran, R. J. DossatHal. 25

$$T_1 = \text{Temperatur produk masuk } (^{\circ}\text{k})$$

$$= 29^{\circ}\text{C} = 302^{\circ}\text{k}$$

$$T_o = \text{Temperatur beku produk } (^{\circ}\text{k})$$

$$= -2,25^{\circ}\text{C} = 270,75^{\circ}\text{k}$$

Jadi panas sensible :

$$Q_s = 50 \text{ Kg} \cdot 3,18 \text{ kJ/kg}^{\circ}\text{k} \cdot (302 - 270,75)^{\circ}\text{k}$$

$$= 4968,75 \text{ KJ}$$

3.1.1.1.2. Panas laten dari produk yang diserap selama pendingin dapat dicari dengan persamaan :

$$Q_L = m \cdot L \dots\dots\dots 2)$$

Dimana :

$$Q_L = \text{Panas laten ( KJ )}$$

$$M = \text{masa produk ( kg )}$$

$$L = 235 \text{ KJ/kg}^{\circ}\text{k ( table 10-18 RJ Dossat )}$$

Jadi panas laten :

$$Q_L = 50 \cdot 235 \text{ KJ/kg}$$

$$= 11750 \text{ KJ}$$

Sehingga total beban pendingin karena produk tiap detik adalah :

$$Q_{\text{Tot}}(1) = \frac{Q_s + Q_L}{T}$$

Dimana :

$$Q_{\text{Tot}}(1) = \text{panas total dari produk (KJ/detik)}$$

$$Q_s = \text{panas sensible ( KJ )}$$

-----  
<sup>2)</sup> Principle Of Refrigeran, R. J. Dossat Hal. 24

$Q_L$  = Panas laten ( KJ )

T = Waktu pendinginan 10 jam (detik )

= 36000 detik

Maka panas total :

$$Q_{Tot} ( 1 ) = \frac{4968,75 + 11750}{36000}$$

= 0,4644 KJ/detik

### 3.1.2. Perhitungan Beban Eksternal

Perhitungan beban eksternal disini dimaksudkan sebagai dasar perhitungan dalam pemilihan peralatan dan komponen – komponen utama dari mesin pendingin sehingga nantinya akan diperoleh peralatan yang tepat dan dapat dicapai sesuai dengan kondisi ruang yang diharapkan. Beban pendinginan ini juga merupakan suatu beban kalor yang harus diatasi oleh mesin pendingin untuk memperoleh dan mempertahankan kondisi perencanaan yang dikehendaki. Sedangkan beban eksternal adalah beban pendingin yang disebabkan pengaruh dari luar Freezer Box Yaitu :

1. Beban panas dari dinding (woll load)
2. Beban akibat infiltrasi atau ventilasi

#### 3.1.2.1. Beban panas dari dinding ( Woll Load )

- a). Dinding kanan dan kiri
- b). Dinding depan dan belakang
- c). Dinding atas (pintu) dan bawah.

Ikan yang didinginkan ini masih segar yang mempunyai suhu  $29^{\circ}\text{C}$  yang mana untuk satu kilogram ikan memerlukan tempat : (10 x 10 x 25) Cm, sehingga untuk 50 Kg ikan kita memerlukan tempat :

$$= 50 \times (10 \times 10 \times 25)$$

$$= 100.000 \text{ Cm}^3 = 0,1 \text{ m}^3 = 100 \text{ Liter}$$

Sehingga kita mengambil dimensi ruang Freezer Box ditambah untuk kelonggaran sirkulasi adalah :

$$\text{Panjang} = 60 \text{ Cm}$$

$$\text{Lebar} = 60 \text{ Cm}$$

$$\text{Tinggi} = 80 \text{ Cm}$$

Dalam perencanaan ini kita bisa memilih dan mencoba – coba mencari nilai harga konduktivitas pada bahan – bahan dibawah ini :

- Zeng
- Baja karbon
- Almunium

Untuk mengetahui besarnya beban pendingin dari bahan – bahan tersebut diatas, kita dapat mencari dan membandingkannya dengan cara sebagai berikut :

Bahan dinding

$$\text{- Zeng murni} \quad K_1 = 112,2 \text{ W/m}^{\circ}\text{C}$$

$$X_1 = 0,0025 \text{ m}$$



- Papan gabus             $K_2 = 0,048 \text{ W/m}^0\text{C}$   
     $X_2 = 0,03 \text{ m}$
- Aluminium             $K_3 = 204 \text{ W/m}^0\text{C}$   
     $X_3 = 0,005 \text{ M}$

[ Datar A2 & A3. Perpindahan panas, J. P. Holman ]

Uraian diatas adalah secara berurutan dari lapisan penyekat, lapisan dalam, sehingga laju perpindahan panas dapat dihitung melalui persamaan dibawah ini :

$$Q_2 = U \cdot A ( T_0 - T_1 ) \dots\dots\dots 3)$$

Rumus diatas yang digunakan untuk mengetahui perpindahan panas yang terjadi pada dinding harus disesuaikan dengan dinding yang dipakai, sehingga :

$$Q = A_1 \cdot H_1 \cdot ( T - T_1 )$$

$$Q = A_2 \cdot K_1 \cdot ( T_1 - T_2 )$$

$$Q = A_3 \cdot K_2 \cdot ( T_2 - T_3 )$$

$$Q = A_4 \cdot K_3 \cdot ( T_3 - T_4 )$$

$$Q = A_0 \cdot H_0 \cdot ( T_4 - T_0 )$$

Maka didapat :

$$\frac{Q}{A_2 \cdot H_1} = T - T_1$$

$$\frac{Q \cdot X_1}{A_2 \cdot K_1} = T_1 - T_1$$

$$\frac{Q \cdot X_2}{A_3 \cdot K_2} = T_2 - T_3$$

-----  
<sup>3)</sup> Perpindahan Kalor J. P Holman, Hal 25

$$\frac{Q \times X_3}{A_4 \times K_3} = T_3 - T_4$$

$$\frac{Q}{A_0 \times H_0} = T_4 - T_0$$

Dari kelima parameter diatas kita jumlahkan dan kita dapatkan :

$$Q_{2a} = \left[ \frac{1}{A_1 \times h_1} + \frac{X_1}{A_2 \times K_1} + \frac{X_2}{A_3 \times K_2} + \frac{X_3}{A_4 \times K_3} + \frac{1}{A_0 \times h_0} \right] = [T - T_0]$$

Sehingga total perpindahan panas dengan menggunakan luasan [  $A_1$  ] adalah :

$$\left[ \frac{A_1}{\frac{1}{h_1} + \frac{X_1}{K_1} + \frac{X_2}{K_2} + \frac{X_3}{K_3} + \frac{A_1}{A_0 \times h_0}} \right] \times [T - T_0]$$

Dimana :

Q = Beban pendingin.

$h_1$  = Konveksi kecepatan udara.

$X_1$  = Tebal lapisan luar (0,0025m), konduktivitas

$$(K_1) = 112,2 \text{ W/ m}^0\text{C}$$

$X_2$  = Tebal lapisan penyekat (0,03m), konduktivitas

$$(K_2) = 0,048 \text{ W/ m}^0\text{C}$$

$X_3$  = Tebal lapisan dalam (0,005m), konduktivitas

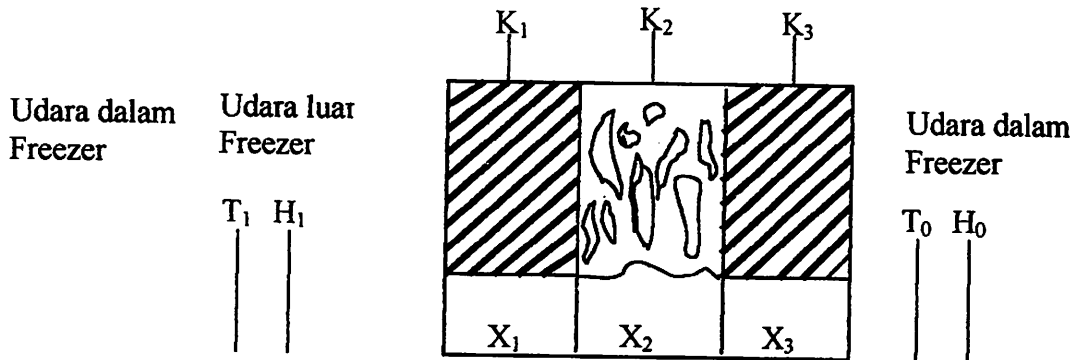
$$(K_3) = 204 \text{ W/ m}^0\text{C}$$

T = Temperatur udara luar ruangan 29<sup>0</sup>C

$$T_0 = \text{Temperatur udara dalam ruangan} = -2,25^{\circ}\text{C}$$

Untuk konveksi kecepatan udara luar tergantung dari kecepatan angin yang ada kecepatan udara yang ada adalah 4 m/ dt (Tabel 10. 1 Ashrae data book fundamental Volume) didapat harga konveksi kecepatan udara luar ( $h_1$ ) adalah 22,7  $\text{W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$  dan konveksi kecepatan udara dalam freezer adalah ( $h_0$ ) adalah 9,37  $\text{W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

a). Perpindahan panas melalui dinding kiri dan kanan



Dimensi :

Panjang : 0,66 m                      panjang : 0,60 m

Lebar : 0,66 m                      lebar : 0,60 m

Luas : 0,4356  $\text{m}^2$                       Luas : 0,36  $\text{m}^2$

Sehingga perpindahan panas :

$$Q_{2a} = \left[ \frac{0,4356}{\frac{1}{9,37} + \frac{0,0025}{112,2} + \frac{0,03}{0,048} + \frac{0,005}{204} + \frac{0,4356}{0,36 \times 22,7}} \right] \times [29 - (-2,25)]$$

$$Q = 17,338 \times 2 \text{ (ada empat dinding yang sama)}$$

$$= 34,677 \text{ watt}$$

### 3.1.3. Beban Pendingin karena infiltrasi

Infiltrasi adalah suatu pengembunan udara yang masuk langsung kedalam ruangan pendingin tanpa melalui mesin pendingin, sedangkan ventilasi adalah suatu peredaran udara luar yang masuk kedalam ruang pendingin dengan terlebih dahulu mengalami proses pendinginan didalam mesin pendingin.

Pada perencanaan ini ventilasi tidak ada, karena ruangan terisolasi dari lingkungan sekitarnya. Sedangkan infiltrasi dapat terjadi karena adanya pintu freezer box yang sering dibuka atau ditutup selama satu jam untuk memasukkan dan mengeluarkan produk dari kotak pendingin yang menyebabkan udara luar masuk atau terjadinya beban pergantian udara (Air Change Load).

Sesuai dengan data perencanaan ukuran box cool storage adalah sebagai berikut:

$$\text{Panjang (P)} = 0,86 \text{ m}$$

$$\text{Lebar (L)} = 0,66 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi (T)} = 0,66 \text{ m}$$

box cool:

Tebal dinding kiri/ kanan, depan/ belakang, serta atap adalah (t) = 0,03 meter sedangkan tebal lantai adalah (t) = 0,05 meter

Perhitungan beban infiltrasi ini didapat dengan memakai rumus sebagai berikut :

$$Q_3 = V \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_0 - T_1) \dots \dots \dots 4)$$

-----  
<sup>4)</sup>R. J. Dossat, Hal 24

Dimana :

$$Q_3 = \text{Beban pendinginan karena infiltrasi} \quad [\text{Kw}]$$

$$V = \text{Jumlah udara infiltrasi} \quad [\text{m}^3/\text{detik}]$$

= kapasitas udara

$$= 0,000174 \quad [\text{m}^3/\text{detik}]$$

$$\rho = \text{Masa jenis udara pada } T_0 = 29^\circ\text{C} \quad [\text{kg}/\text{m}^3]$$

$$= 1,1547 \text{ kg}/\text{m}^3 \text{ [Tabel nilai – nilai panas } Z_{15}, \text{K. Gieck, hal 315]}$$

$$C_p = \text{Spesifikasi udara pada } T_0 = 29^\circ\text{C} \quad [\text{kJ}/\text{kg } ^\circ\text{k}]$$

$$= 1,007 \text{ kJ}/\text{kg } ^\circ\text{k} \text{ [Tabel nilai – nilai panas } Z_{15}, \text{K. Gieck, hal 315]}$$

$$T_0 = 29^\circ\text{C} = 320^\circ\text{k}$$

$$T_1 = -2,25^\circ\text{C} = 270,75^\circ\text{k}$$

Sehingga :

$$Q_3 = 0,000174 \times 1,1547 \times 1,007 \times (320 - 270,75)$$

$$= 0,006 \text{ kJ}/\text{detik}$$

$$= 0,006 \text{ Kw}$$

Dengan demikian maka jumlah beban pendingin yang di terima oleh system di tambah factor keamanan 5% adalah :

$$Q_{\text{total}} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$= 0,4644 + 0,12597 + 0,006$$

$$= 0,59637 + (5\% \cdot 0,59637)$$

$$= 0,626 \text{ Kw}$$

### 3.2. Perhitungan Komponen Utama Freezer

Yang akan dibahas pada perhitungan dari perencanaan peralatan – peralatan yang sangat berpengaruh pada sistem pendingin ini, adapun peralatan tersebut antara lain :

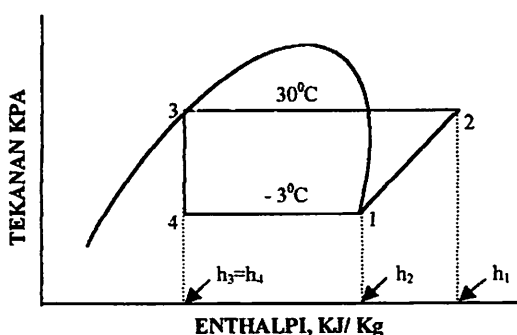
1. Kompresor
2. Kondensor
3. Pipa kapiler
4. Evaporator

#### 3.2.1. Kompresor

Kompresor merupakan salah satu bagian utama dari peralatan mesin pendingin yang berfungsi untuk menaikkan tekanan refrigeran dan membuat agar refrigeran memiliki kecepatan.

Adapun data – data yang direncanakan adalah :

- ❖ Temperatur di kondensor (kondensasi) =  $30^{\circ}\text{C}$
- ❖ Temperatur di Evaporator (Penguapan) =  $-3^{\circ}\text{C}$
- ❖ Refrigeran yang digunakan = R – 12



Gambar: 3 – 1. Diagram P – H

Dari diagram P – H maka didapat :

- $h_1 = 350,2 \text{ Kj/ Kg}$
- $h_2 = 375,1 \text{ Kj/ Kg}$
- $h_3 = 228,5 \text{ Kj/ Kg}$

### 3.2.1.1. Refrigeran Efek (RE)

Refrigeran efek merupakan kemampuan dari evaporator untuk memberikan pendinginan pada sekitar ruangan yang dikehendakinya dengan menggunakan P – H diagram maka besarnya RE adalah dapat dihitung :

$$\begin{aligned} RE &= h_1 - h_4 \dots\dots\dots 5) \\ &= 350,2 - 228,5 \\ &= 121,7 \text{ Kj/ Kg} \end{aligned}$$

### 3.2.1.2. Laju Aliran Refrigeran (m)

Laju aliran refrigeran adalah jumlah masa refrigeran yang mengalir dalam suatu saluran, besarnya laju aliran refrigeran yang mengalir dapat dihitung dengan cara :

$$m = \frac{Q_{tot}}{RE} \dots\dots\dots 6)$$

Dimana :

$m$  = Laju aliran refrigeran (Kg/ detik)

$Q$  = Beban pendingin total (Kw)

$RE$  = Refrigeran efek (Kj/ Kg)

Sehingga :

-----  
<sup>5)</sup> Refrigerant dan Pengkondisian udara W. F. Stoecker, Hal 188

<sup>6)</sup> Refrigerant dan Pengkondisian udara W. F. Stoecker, Hal 189

$$m = \frac{0,626}{121,7}$$

$$= 0,0052 \text{ Kg/ detik}$$

### 3.2.1.3. Kerja Kompresor

Kerja kompresor adalah panas yang dipindahkan dari siklus 1 ke siklus 2 pada diagram P – H dan besarnya kompresor adalah :

$$WP = h_2 - h_1 \dots\dots\dots 7)$$

$$= 375,1 - 350,2$$

$$= 24,9 \text{ Kj/ Kg}$$

### 3.2.1.4. Daya Kompresor

Daya kompresor adalah sebanding dengan perkalian antara laju aliran refrigeran dengan kenaikan enthalpi selama proses kompresi.

Adapaun pun besarnya daya kompresi :

$$WT = m \cdot (h_2 - h_1) \dots\dots\dots 8)$$

$$= 0,0052 (375,1 - 350,2)$$

$$= 0,1295 \text{ Kw}$$

### 3.2.1.5. Koefisien Prestasi

Koefisien prestasi adalah merupakan perbandingan antara panas yang diserap oleh evaporator dengan kerja yang digunakan untuk mengerjakan kompresor, besarnya harga dari COP adalah :

-----  
<sup>7)</sup> Principle dan Refrigerant, Roy. J. Dossat, Hal 126  
<sup>8)</sup> Ibid, Hal 127



$$\begin{aligned}
 COP &= \frac{RE}{W_{Komp}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \dots\dots\dots 9) \\
 &= \frac{350,2 - 228,5}{375,1 - 350,2} \\
 &= 4,89
 \end{aligned}$$

### 3.2.2. Kondensor

Dalam sistem refrigerasi kondensor membuang panas yang dibawa oleh refrigeran tersebut menyerap panas dari sistem pendingin. Kondensor ini dengan pendingin udara bentuk atau konstruksi kondensor, terbuat dari pipa dengan jari – jari penguat ( wire and tube kondensor )

Adapaun data – data yang direncanakan adalah :

- Temperatur refrigeran masuk kondensor = 45 °C
- Temperatur refrigeran keluar dari kondensor = 30 °C
- Temperatur udara masuk kondensor = 27 °C
- Temperatur udara keluar kondensor = 30 °C

Data pipa – pipa :

- Jumlah pipa = 28 buah
- Bahan pipa = Besi
- Diameter luar pipa = 0,405 inc = 0,0102 m

#### 3.2.2.1. Panas yang di Pindahkan Kondensor

$$Q_k = \text{Kapasitas pendinginan X ratio pelepas panas} \dots\dots\dots 10)$$

Dimana :

$$\text{Kapasitas pendinginan (QP)} = 0,626 \text{ Kw}$$

-----  
 9) Refrigerasi dan pengkondisian Udara W. F. Stoecker, Hal 187

10) Ibid, Hal 235

- Ratio pelepasan kalor = 1,21 (Tabel 14. IA. R.J. Dossat)

Sehingga :

$$\begin{aligned} Q_k &= Q_p \times \text{Ratio pelepasan kalor} \\ &= 0,626 \cdot 1,21 \\ &= 0,76 \text{ Kw} \end{aligned}$$

### 3.2.2.2. Koefisien Perpindahan Panas Rata – Rata Sisi Refrigeran ( $h_i$ )

$$h_i = 0,023 \left[ \frac{k}{d_1} \right] \left[ \frac{V \cdot D \cdot \rho}{\mu} \right]^{0,8} \left[ \frac{CP \cdot u}{k} \right]^{0,4} \dots\dots\dots 11)$$

Dimana :

$h_i$  = Koefisien Konfeksi Refrigerasi ( $W/ m^2 \text{ } ^0k$ )

$k$  = Konduktifitas thermal R – 12 pada  $30 \text{ } ^0C$  ( $W/ m^2 \text{ } ^0k$ )  
 $= 0,0674 \text{ } W/ m^2 \text{ } ^0k$  (Tabel 15 – 5 W.F. Stoker. Hal. 283)

$\rho$  = Rapat masa R – 12 pada suhu  $30 \text{ } ^0C$  ( $Kg/ m^3$ )  
 $= 1,295$  (Tabel C. 3 William C. Reynold. Hal. 599)

$\mu$  = Viskositas R – 12 pada suhu  $30 \text{ } ^0C$  (Pa. det)  
 $= 0,000209 \text{ Pa. det}$  (Tabel 15 – 5 W. F. Stoker. Hal. 283)

$C_p$  = Kalor spesifik R – 12 pada suhu  $30 \text{ } ^0C$  ( $j/ Kg \text{ } ^0k$ )  
 $= 0,9835 \text{ } j/ Kg \text{ } ^0k$  ( Tabel C. 3 William C. Reynold. Hal. 599 )

$D$  = Diameter dalam (DD) Pipa  
 $= 0,269 \text{ inc} = 0,0069 \text{ m}$  (Tabel A – 11 J. P. Holman. Hal 557 )

$V$  = Kecepatan rata – rata refrigeran di dalam pipa ( $m/ \text{det}$ )

-----  
<sup>11)</sup> Ibid, Hal 223

$$= \frac{\text{Laju aliran refrigeran} \times \text{Volume spesifik}}{\text{Jumlah pipa} \times \text{Luas penampang pipa}}$$

$$\begin{aligned} V_g &= \text{Volume spesifik R - 12 pada suhu } 30 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (m/ Kg)} \\ &= 0,0235 \text{ m}^3/\text{ Kg} \text{ (Tabel A - 5 W.F. Stoker. Hal. 397)} \\ &= \frac{0,0052 \times 0,0235}{28 \times \frac{\pi}{4} (0,0069)^2} \\ &= 0,1168 \text{ m/ detik} \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} h_i &= 0,023 \left[ \frac{0,0674}{0,0069} \right] \left[ \frac{0,1168 \times 0,0069 \times 1,295}{0,000209} \right]^{0,8} \left[ \frac{0,9835 \times 0,000209}{0,0674} \right]^{0,4} \\ &= 21,65 \text{ W/ m}^2 \text{ } ^\circ\text{k} \end{aligned}$$

### 3.2.2.3. Koefisien perpindahan panas sisi udara ( $h_0$ )

$$h_0 = 0,725 \left[ \frac{g \rho^2 \cdot h_{fg} \cdot k^3}{\mu \cdot \Delta i \cdot N \cdot D} \right]^{1/4} \dots\dots\dots 12)$$

Rapat masa  $\rho$  dan kalor penguapan laten  $h_{fg}$   $30 \text{ } ^\circ\text{C}$  dapat diperoleh dari tabel .

$$P = 1,1770 \text{ Kg/ m}^3 \quad (\text{Tabel A - 5, J. P. Holman, Hal 550})$$

$$h_{fg} = 99,977 \text{ Kj/ Kg} = 99,977 \text{ j/ Kg} \quad (\text{A - 2, W. F. Stoecker, Hal391})$$

Daya hantar  $K$  dan Viskositas  $\mu$  udara pada  $30 \text{ } ^\circ\text{C}$  diperoleh dari tabel

$$K = 0,02624 \text{ W/ m}^0\text{k} \quad (\text{Tabel C 56, William C. Reynolds, Hal 603})$$

$$\mu = 0,0000198 \text{ Kg/ (m } ^\circ\text{C)}$$

-----  
12) Ibid, Hal 237

$$N = 28$$

$$h_0 = 0,725 \left[ \frac{9,81 \cdot (1,1770^2) (99,97) (0,02624^3)}{0,0000198(3)(28)(0,0102)} \right]^{1/4}$$

$$= 25,145 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{k}$$

Tahanan (resistansi) logam baja hantar besi adalah  $73 \text{ W/m}^2$

$^\circ\text{k}$  tahanan pipa adalah :

$$\frac{x A_0}{k_{Am}} = \frac{(0,0102 - 0,0069) \frac{1}{2}}{73 (6,94 + 10,2)/2} = 0,000026964 \text{ m}^2 \text{ } ^\circ\text{k/w}$$

### 3.2.2.4. Koefisien Perpindahan Panas Total ( $U_0$ )

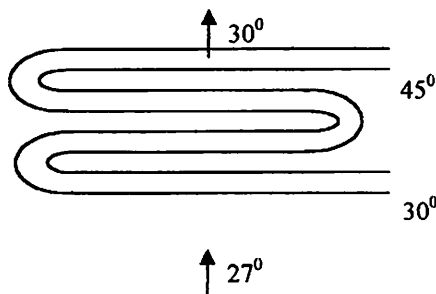
$$\frac{1}{u_0} = \frac{1}{h_0} + \frac{x A_0}{k_{Am}} + \frac{A_0}{h_1 A_0} \dots\dots\dots 13)$$

$$= \frac{1}{25,145} + 0,000026964 + \frac{0,0102}{0,0069} \frac{1}{21,65} = 0,071484$$

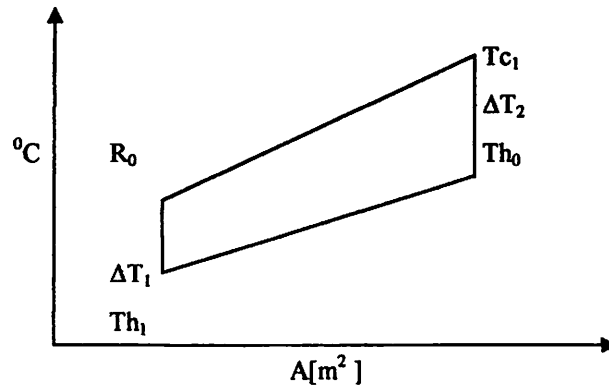
$$U_0 = 7,989 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{k}$$

### 3.2.2.5. Log Mean Temperatur Difference [LMTD]

$$LMTD = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}}$$



13) Ibid, Hal 237



Gambar: 3 – 2. Analisa LTMD

$$\Delta T_1 = T_{c0} - T_{H1}$$

$$\Delta T_2 = T_{c1} - T_{H0}$$

Dimana :

$T_{H1}$  = Temperatur udara masuk

$T_{H0}$  = Temperatur udara yang telah melewati kondensor

$T_{c1}$  = Temperatur Freon masuk pipa kondensor

$T_{c0}$  = Temperatur Freon keluar kondensor

$$\Delta T_1 = [303 - 300] = 3 \text{ } ^\circ\text{k}$$

$$\Delta T_2 = [318 - 300] = 15 \text{ } ^\circ\text{k}$$

Sehingga LMTD :

$$LMTD = LMTD = \frac{3-15}{\ln \frac{3}{15}}$$

$$= \frac{-12}{-1,609}$$

$$= 7,46 \text{ } ^\circ\text{k}$$

### 3.2.2.6. Luas Total Perpindahan Panas

$$A_0 = \frac{Qk \times 10^3}{U_0 \times LMTD}$$

$$= \frac{0,76 \times 10^3}{7,989 \times 7,46}$$

$$= 12,75 \text{ m}^2$$

Sehingga panjang pipa :

$$L = \frac{12,75}{(28)(0,0102\pi)} = 14,22 \text{ m}$$

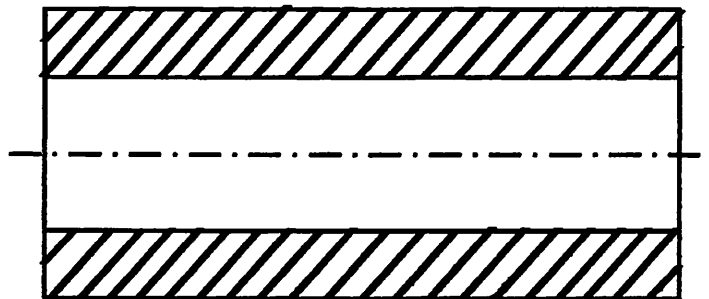
### 3.2.3. Pipa Kapiler

Menentukan panjang pipa kapiler :

- Diameter pipa dalam = 0,00071 m
- Laju aliran refrigeran = 0,052 Kg/ dt
- Temperatur masuk pipa = 30 °C
- Temperatur keluar pipa = - 3 °C
- Bahan pipa = Tembaga

Persamaan yang digunakan :

$$\left[ (P_1 - P_2) - f_m \frac{\Delta L (V_m)^2}{D \cdot 2 v_m} \right] \cdot A = m (V_2 - V_1) \dots\dots\dots^{14)}$$



Dimana :

$P_1$  = Tekanan pertama

$P_2$  = Tekanan kedua

-----  
<sup>14)</sup> Refrigerasi dan penakondisian Udara, W. F. Stoecker, Hal 250

$f_m$  = Faktor gesek rata – rata

$\Delta L$  = Panjang ruas pipa kapiler

$D$  = Diameter dalam pipa

$V_m$  = Kecepatan rata – rata

$V_m$  = Volume spesifik rata – rata

$m$  = laju aliran refrigeran

$V_2$  = Kecepatan aliran pada titik dua (2)

$V_1$  = Kecepatan aliran pada titik satu (1)

Jadi :

- Kecepatan Aliran :

$$V = \frac{m \cdot v}{A}$$

- Volume Spesifik :

$$V = (1 - x) \cdot \mu_f + \mu_g \cdot x$$

- Viscositas :

$$\mu = (1 - x) \cdot \mu_f + \mu_g \cdot x$$

- Reynold Number :

$$Re = \frac{V \cdot D}{v \cdot \mu}$$

- Faktor Gesek :

$$f = \frac{0,33}{Re^{0,25}}$$

Dimana :

$v_f$  = Volume spesifik cairan (m<sup>3</sup>/ Kg)

$v_f$  = Volume spesifik gas (m<sup>3</sup>/ Kg)

$\mu_f$  = Viscositas cairan (Pa. Det)

$\mu_g$  = Viscositas gas (Pa. Det)

### 3.2.3.1. Posisi 1 (satu)

- Temperatur refrigeran = 30 °C
- Tekanan = 774,9 Kpa
- Kualitas = 0,00

[Tabel A – 5, W. F. Stocke, Hal 397]

#### A. Volume Spesifik

$$V = (1 - x) \cdot \mu_f + \mu_g \cdot x$$

Dimana :

$$V_f = 0,0007738 \quad \text{m}^3/\text{Kg}$$

$$v_g = 0,023508 \quad \text{m}^3/\text{Kg}$$

[Tabel A – 5, W. F. Stocke, Hal 397]

Sehingga :

$$\begin{aligned} V_{f1} &= (1 - 0) \cdot 0,0007738 + 0,023508 \cdot 0 \\ &= 0,0007738 \text{ m}^3/\text{Kg} \end{aligned}$$

#### B. Kecepatan Aliran Refrigeran

$$\begin{aligned} V_1 &= \frac{m \cdot v}{\frac{\pi}{4} (0,00071)^2} \\ &= \frac{0,0052 \cdot 0,0007738}{\frac{\pi}{4} (0,00071)^2} \\ &= 10,17 \text{ m/ det} \end{aligned}$$



**C. Viscositas**

$$\mu = 0,000209 \text{ m}^2 \text{ Pa. Det}$$

[Tabel 15 – 5, W. F. Stocke]

**D. Angka Reynold**

$$\begin{aligned} \text{Re} &= \frac{V \cdot D}{v \cdot \mu} \\ &= \frac{10,17 \times 0,00071}{7738 \times 0,000209} \\ &= 0,004465 \end{aligned}$$

**E. Faktor Gesek**

$$\begin{aligned} f &= \frac{0,33}{\text{Re}^{0,25}} \\ &= \frac{0,33}{(0,004465)^{0,25}} \\ &= 0,00000498 \end{aligned}$$

**3.2.3.2. Posisi 2 (dua)**

- Temperatur refrigeran = - 3 °C
- Tekanan = 279,30 Kpa
- Kualitas = ...

Untuk mengetahui Harga kualitas [fraksi uap] pada titik dua kita gunakan persamaan :

$$1000 hf_2 + 1000 [hf_2 - hf_1] \cdot x + \left[ \frac{v_{f2} + (v_{g2} - v_{f2}) \cdot x}{2} \right]^2 \left[ \frac{m}{A} \right]^2 =$$

$$1000 h_1 + \frac{v_1^2}{2} \dots\dots\dots 15)$$

Dimana :

$$h_{f2} = 197,233 \text{ Kj/ kg}$$

$$h_{g2} = 350,187 \text{ Kj/ kg}$$

$$v_{f2} = 0,00071099 \text{ m}^3/\text{ kg}$$

$$v_{g2} = 0,060907 \text{ m}^3/\text{ kg}$$

$$\left[ \frac{m}{A} \right]^2 = \left[ \frac{0,0052}{[0,00071]^2} \right]^2$$

$$= 10315,41$$

$$h_1 = 228,540 \text{ Kj/ kg}$$

$$V_1 = 10,17 \text{ m/ det}$$

Dari data diatas maka di dapat harga fraksi uap  $[X_2]$

$$X_2 = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4a \cdot c}}{2 \cdot a}$$

Dimana :

$$\text{a).} = [v_{g2} - v_{f2}]^2 \left[ \frac{m}{A} \right]^2 \frac{1}{2}$$

$$= [0,060907 - 0,00071099]^2 \cdot [10315,4]^2 \cdot \frac{1}{2}$$

$$= 191533,46$$

$$\text{b).} = 1000 [h_{g2} - h_{f2}] + v_{f2} [v_{g2} - v_{f2}] \cdot \left[ \frac{m}{A} \right]^2$$

$$= 1000 [350,187 - 197,233] + 0,00009 [0,0609 - 0,0001099] \cdot [10315,4]^2$$

$$= 214441,9$$

$$\begin{aligned}
 \text{c).} &= 1000 [h_2 - h_2] + \left[ \frac{m}{A} \right]^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot [v_{12}]^2 - \frac{V_1^2}{2} \\
 &= 1000 [197,233 - 228,540] + [37905,7]^2 \cdot \frac{1}{2} \cdot \\
 &\quad [37905,5]^2 - \left[ \frac{29,3}{2} \right]^2 \\
 &= 31374,08
 \end{aligned}$$

Sehingga :

$$\begin{aligned}
 X_2 &= \frac{-214441,9 \pm \sqrt{214441,9^2 - 4 \cdot 191533,46 \cdot 31374,08}}{2 \cdot 191533,46} \\
 &= \frac{396032,5912}{5206428} \\
 &= 0,076
 \end{aligned}$$

#### A. Volume Spesifik

$$\begin{aligned}
 V_{12} &= (1 - x) \cdot v_f + v_g \cdot x \\
 &= (1 - 0,076) \cdot 0,71099 + 60,9075 \cdot 0,076 \\
 &= 0,007345 \text{ m}^3/\text{Kg} \\
 &= 5,286 \text{ L/kg} = 0,005286 \text{ m}^3/\text{Kg}
 \end{aligned}$$

[Tabel A - 5, W. F. Stocke]

Dimana :

$$\begin{aligned}
 v_f &= 0,71099 & \text{m}^3/\text{Kg} \\
 v_g &= 60,9075 & \text{m}^3/\text{Kg}
 \end{aligned}$$

#### B. Kecepatan Aliran Refrigeran

$$\begin{aligned}
 V_1 &= \frac{m \cdot v}{\frac{\pi}{4} (0,00071)^2} \\
 &= \frac{0,0052 \times 0,005286}{\frac{\pi}{4} (0,00071)^2} \\
 &= 54,53 \text{ m/det}
 \end{aligned}$$

**C. Viscositas**

$$\mu = 0,000275 \text{ m}^2 \text{ Pa. Det}$$

[Inter polasi Tabel 15 – 5, W. F. Stocke]

**D. Angka Reynold**

$$\begin{aligned}
 \text{Re} &= \frac{V \cdot D}{v \cdot \mu} \\
 &= \frac{54,53 \times 0,00071}{0,005286 \times 0,000275} \\
 &= 26622,64
 \end{aligned}$$

**E. Faktor Gesek**

$$\begin{aligned}
 f &= \frac{0,33}{\text{Re}^{0,25}} \\
 &= \frac{0,33}{(26622,64)^{0,25}} \\
 &= 1,86
 \end{aligned}$$

Sehingga kecepatan rata – rata :

$$\begin{aligned}
 V_m &= \frac{V_1 + V_2}{2} \\
 &= \frac{10,17 + 54,53}{2}
 \end{aligned}$$

$$= 32,35 \text{ m/ det}$$

Volume spesifik rata – rata :

$$\begin{aligned} V_m &= \frac{V_1 + V_2}{2} \\ &= \frac{0,0007738 + 0,005286}{2} \\ &= 6,512 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg} \end{aligned}$$

Faktor gesek rata – rata :

$$\begin{aligned} V_m &= \frac{f_1 + f_2}{2} \\ &= \frac{0,00000498 + 1,86}{2} \\ &= 0,93 \end{aligned}$$

Maka panjang ruas pipa kapiler :

$$\begin{aligned} &\left[ (P_1 + P_2) - f_m \cdot \frac{\Delta L \cdot (V_m)^2}{D \cdot 2 \cdot V_m} \right] \cdot A = m((V_2 - V_1)) \\ &\left[ (774,9 - 279,30) - 0,93 \cdot \frac{\Delta L \cdot (32,35)^2}{0,00071 \cdot 2 \cdot (6,512 \cdot 10^{-3})} \right] \cdot \frac{\pi}{4} (0,00071)^2 \\ &= 0,0052(54,53 - 10,17) \end{aligned}$$

$$\Delta L = 1,2 \text{ m}$$

### 3.2.4. Evaporator

Evaporator adalah suatu alat penguapan dimana dalam evaporator fluida di beri panas atau kalor sehingga berubah menjadi uap.

Di dalam mesin pendingin, pada bidang permukaan heat transfer refrigeran di uapkan dengan mengambil panas dari ruang yang didinginkan.

Dalam perencanaan ini akan digunakan evaporator type fan coil, serta akan meninjau kembali tentang kapasitas yang ada. Yang mana faktor – faktor yang berpengaruh pada kapasitas pendingin adalah :

U, A,  $\Delta T$ , yang mana dari ketiga parameter itu akan di dapat harga Q dari persamaan di bawah ini :

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta T$$

Dimana :

Q = Kapasitas pendinginan

A = luasan

U = Koefisien perpindahan panas

$\Delta T$  = Selisih temperatur [ $T_2 - T_1$ ]

Harga koefisien perpindahan panas (u) sangat tergantung dari produk yang di dinginkan, luasan sisi luar evaporator dan luasan dalam evaporator

Dalam perencanaan evaporator yang menggunakan pipa – pipa dan konstruksi yang sederhana, maka persamaan di atas sangat diperlukan nantinya mengetahui dimensi – dimensi yang perlu dipakai dalam perencanaan untuk evaporator type Fan Coil yang

membuatnya (pabriknya) telah memberikan spesifikasi dari kipas Fan Coil yang di dapat dari analisa yang teliti.

Untuk pemilihan evaporator ini kapasitas pendingin yang ada adalah 1,55 kw dan temperatur refrigeran yang digunakan pada refrigeran  $-3^{\circ}\text{C}$  sehingga dari tabel R-6, RJ. Dossat, dapat harga TD- 8.

Dari tabel R-7, RJ. Dossat

$$= \text{Kw} / \text{TD} = Q / \text{TD} = 1,55 / 8 = 0,19$$

sehingga dari data diatas didapat evaporator

- Type = UC 185

- Motor input = 0,098 Kw

## BAB IV

### REKAPITULASI HASIL PERHITUNGAN

#### 4.1. Perhitungan Beban Pendingin

1. Beban pendinginan karena produk
  - a. Besarnya panas sensible dari produk  $Q_s = 19875 \text{ Kj}$
  - b. Besarnya panas alaten dari produk  $Q_L = 47000 \text{ Kj}$
  - c. Besarnya pendinginan karena produk tiap detik =  $1,55 \text{ Kj/Detik}$
2. Beban pendinginan melalui dinding Frezeer Box
  - a. Beban perpindahan panas dinding kiri dan kanan  $Q_{2a} = 52,34 \text{ watt}$
  - b. Beban perpindahan panas dinding depan, belakang, atas dan bawah  
 $Q = 137,24 \text{ watt}$
  - c. Total perpindahan panas yang melalui keenasm dinding  $Q_{tot2} = 0,29058 \text{ Kw}$
3. Beban pendinginan karena infiltrasi  $Q_3 = 0,006 \text{ Kwatt}$
4. Jumlah beban pendinginan yang diterima dan sisteam ditambah faktor keamanan 5% :  $Q_{tot} = 1,83 \text{ Kwatt}$

#### 4.2. Perhitungan Perencanaan Komponen

##### 4.2.1 Kompresor

1. Refrigeran efek (Re)  $121,7 \text{ kj/kg}$
2. Laju alaran refrigeran (m)  $= 0,015 \text{ kg/detik}$
3. Kerja kompresor  $W_e = 25,9 \text{ Kj}$
4. Daya kompresor  $W_T = 0,374 \text{ Kw}$
5. Koefisien Prestasi (Cop)  $= 4,89$



#### 4.2.2 Kondensor

1. Panas yang dipindahkan kondensor  $Q_k = 0,76 \text{ Kw}$
2. Koefisien perpindahan panas rata-rata refrigeran  $h_i = 21,65 \text{ w/m}^2 \text{ } ^\circ\text{k}$
3. Koefisien perpindahan panas sisi udara ( $h_o$ ) =  $25,145 \text{ w/m}^2 \text{ } ^\circ\text{k}$
4. Koefisien perpindahan panas total ( $U_o$ ) =  $7,989 \text{ w/m}^2 \text{ } ^\circ\text{k}$
5. Perbedaan rata-rata temperatur logaritma (LMTD) =  $7,46^\circ\text{k}$
6. Luas total perpindahan panas  $A_o = 12,75 \text{ m}^2$
7. Panjang pipa =  $14,22 \text{ m}$

#### 4.2.3 Pipa kapiler

##### 1. Posisi I

- a. Volume spesifik ( $V_{\rho}$ ) =  $0,0007738 \text{ m}^3/\text{kg}$
- b. Kecepatan aliran refrigeran ( $V_1$ ) =  $10,17 \text{ m/det}$
- c. Viscositas ( $\mu$ ) =  $0,000209 \text{ Pa} \cdot \text{det}$
- d. Angka Reynold ( $Re$ ) =  $0,004465$
- e. Faktor gesek ( $f_1$ ) =  $0,00000498$

##### 2. Posisi II

- a. Volume spesifik ( $V_{12}$ ) =  $0,0007738 \text{ m}^3/\text{kg}$
- b. Kecepatan aliran refrigeran ( $V_2$ ) =  $54,53 \text{ m/ det}$
- c. Viscositas ( $\mu$ ) =  $0,000275 \text{ Pa} \cdot \text{Det}$
- d. Angka Reynold ( $Re$ ) =  $26622,64$
- e. Faktor gesek ( $f_2$ ) =  $1,86$

##### 3.

- a. Volume spesifik rata-rata ( $V_m$ ) =  $6,512 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$

- b. Kecepatan rata – rata aliran refrigeran ( $v_m$ ) = 114,9 m/ det
- c. Faktor gesek rata – rata ( $f_m$ ) = 0,018
- d. Panjang pipa kapiler  $\Delta L = 2,8$  m

#### 4.2.4. Evaporator

1. Kapasitas pendinginan = 0,5964 Kw
2. Temperatur refrigeran yang digunakan
3. Evaporator Type UC 185

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan bagian – bagian peralatan dan sistem pendingin Freezer Box ini, maka didapat beberapa karakteristik – karakteristik sebagai berikut.

##### A. Produk Yang Di Dinginkan

Ikan segar kapasitas 50 kg

##### B. Konstruksi Ruangan

- Suhu ruangan freezer box = 30<sup>0</sup>C
- Bahan dinding luar = Zeng
- Bahan penyekat = Papan gabus
- Bahan dinding dalam = Almunium
- Dimensi Panjang = 86 cm
- Lebar = 66 cm
- Tinggi = 66 cm

##### C. Kompresor

- Jenis = Kompresor Hermetik
- Fluida = R – 12
- Daya kompresor = 0,1295 watt
- Tekanan sisi isap = 279,30 Kpa
- Tekanan sisi buang = 744,90 Kpa

D. Kondensor :

- Media pendingin = Udara
- Jenis konstruksi = pipa dengan jari – jari penguat
- Bahan pipa = Besi
- Diameter dalam pipa = 0,0069 m
- Diameter luar pipa = 0,0102 m

E. Pipa kapiler :

- Panjang = 14,22 m
- Diameter dalam = 0,00071 m = 0,071 cm
- Bahan pipa = Tembaga

F. Evaporator :

- Model = UC 185
- Input = 0,098 Kw

G. Proses pendinginan ikan dimulai dari kompresor menghisap bahan pendingin gas dari evaporator dengan suhu dan tekanan yang rendah kemudian gas dimampatkan menjadi gas yang bersuhu dan bertekanan tinggi, gas mengalir pada pipa tekanan yang langsung menuju kondensor. Kondensor di dinginkan oleh udara pada waktu gas refrigeran dengan suhu dan tekanan tinggi mengalir di dalam pipa sepanjang kondensor setelah suhunya mencapai suhu kondensasi, gas akan mengembun karena sedikit demi sedikit akan berubah menjadi cair, tetapi tekanannya masih tetap tinggi. Pada saat bahan pendingin/ refrigeran keluar ke pengering disini bahan pendingin di bersihkan setelah itu bahan pendingin yang bertekanan

tinggi masuk ke pipa kapiler. Pipa kapiler mempunyai diameter dalam yang kecil. Bahan pendingin cair pada waktu mengalir mendapat tahanan dan hambatan yang besar, sehingga tekanan menurun. Bahan pendingin yang keluar dari pipa kapiler berwujud cair dengan suhu ruang, tekanan turun menjadi rendah sekali lalu masuk ke evaporator (penguapan) yang pada saat bahan pendingin itu masuk cairan tersebut segera menguap berubah wujud dari fase cair menjadi gas pada saat tekanan rendah. Untuk merubah refrigeran cair menjadi gas diperlukan kalor (heat) yang mana kalor tersebut diambil dari bahan/ beban pendingin didalam ruang freezer dari evaporator bahan pendingin mengalir melalui saluran hisap ke tabung pemisah oil pendingin. Proses ini berlangsung terus menerus selama proses pendinginan.

## **5.2. Saran**

1. dalam perencanaan suatu sistem mesin pendingin faktor keamanan harus di perhatikan.
2. Dalam menentukan komponen mesin pendingin yang akan direncanakan apakah sesuai dengan kebutuhan, efisiensi pada waktu operasional dan pemeliharaan.
3. Melalui studi literatur khusus yang dapat menunjang perencanaan.
4. Melakukan observasi sehingga dapat mengetahui dengan jelas objek yang direncanakan.

### **5.3. Penutup**

Dengan selesainya bab ini, maka selesai pulalah perencanaan mesin pendingin Freezer Box untuk pengawetan daging Ikan segar. Akan tetapi bukan berarti proses belajar bagi penyusun sudah berakhir, melainkan merupakan awal dari persiapan untuk menghadapi keadaan yang nyata dalam lapangan di waktu yang akan datang.

1. dalam perencanaan suatu sistem mesin pendingin faktor keamanan harus di perhatikan.
2. Dalam menentukan komponen mesin pendingin yang akan direncanakan apakah sesuai dengan kebutuhan, efisiensi pada waktu operasional dan pemeliharaan.
3. Melalui studi literatur khusus yang dapat menunjang perencanaan.
4. Melakukan observasi sehingga dapat mengetahui dengan jelas objek yang direncanakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Roy. J. Dossat, “ *Principles of Refrigeran* “, Second Edition.
- J. P. Holman, “ *Perpindahan kalor* “, Penerbit Erlangga 1984.
- W. F. Stoecker, “ *Refrigerasi dan pengkondisian Udara*“, Penerbit Erlangga1996.
- William. C. Reynold & Henry. C. Perkins, “ *Thermo Dinamika Teknik* “,  
Penerbit Erlangga 1991
- Drs. Sumanto, MA. “*Dasar – dasar Mesin Pendingin*”, Penerbit Andy  
Yogyakarta 2000.
- Handoko, “*Teknik Lemari Es*”
- M. Necati, Ozisik, *Heat Transfer A. Basic Approach*, New Delhi1985.

# Lampiran I

TABLE 10-8 Design Data For Meat Storage

Meats	Type of Storage	Design Room Conditions					Max. Meat Storage Period	Chilling Data				Sensible Heat		Latent Heat of Fusion kJ/kg	Water Content %	Freezing Point °C	Maximum Room Air Motion m/s	Type of Unit Preferred				
		Temperature		Relative Humidity		g/kg At Recommended Conditions		Product Temp. °C	Time, hours	Pack Factor	Heat, kJ/kg	kJ/kg										
		Recommended	Permissible Range	Recommended	Permissible							Before Freezing	After Freezing									
		°C	°C	%	%	°C		°C	°C	°C	°C	°C										
Bacon	Short Hardening Slicing room	12.75 - 2.25 10.00	10-15.5 (-2.25)-(-1.0) 10-12.75	65 75 40	55-65 70-80 55-65	5.95 7.34 6.14	15 days				5.81 7.79	2.09	1.26	69	20		0.75 0.45 0.30	S or B S or B S or B				
Beef	Combined chill and holding	Chill start Chill finish	3.25 0.5		85 <sup>a</sup> 85 <sup>a</sup>	4.11 3.31					11.75 11.61	3.14	1.67	226	72	-0.5	1.25 0.45 <sup>a</sup>	B B				
Beef-dried	Long	12.75	12.75-15.5	65	65-70	5.95	6 mos				1.23	0.92-1.42	0.79-1.09	16-51	5-15		0.75	S or B				
Beef—fresh	Short Long Chill start Chill finish	1.75 - 1.0 - 1.0	1.75-4.50 (-1.00)-0	87 <sup>a</sup> 87 <sup>a</sup> 87 <sup>a</sup>	85-90 85-90 87	3.71 2.97 2.97	3 wks				11.61 3.95 3.95	3.14	1.67	226	72	-0.5	0.30 0.30 1.25 0.75 <sup>a</sup>	S or B B B B				
Brined Meat	Short Long	4.5 - 0.5	4.5-7.25 (0.5)-0	85 85	80-85 80-85	4.42 3.04	6 mos				2.32 1.66	3.14					0.75 0.75	S or B B				
Cut meat	Short	1.0	1.0-3.25	87 <sup>a</sup>	85-90	3.14	5 mos				11.90	3.14	1.67	221	65	-1.75	0.30	S				
Fish frozen	Long Short Long	-18.0 1.0 -1.0	1.0-3.25 (-1.0)-0	85 <sup>a</sup> 85 <sup>a</sup> 85 <sup>a</sup>	20-85 80-85 87-85	5.64 3.47 2.91	6 mos 15 days				0.23 13.25 0.93	3.14	1.72	235	70	-2.25	1.25 0.45 0.45	S or B S or B S or B				
Hams and loins	Short Long Short Chill starts Chill finish	1.0 - 2.0 12.75 15.5 12.75	1.0-3.25 (-2.25)-(-1.0) 10-15.0	85 <sup>a</sup> 85 <sup>a</sup> 65 70 70	85-87 85-87 55-65 70 70	3.47 2.64 5.95 7.70 6.40	3 wks				7.90 4.18 3.02 11.60 0.70	2.65	1.59	201	52 57	0.5	0.30 0.30 0.75 0.75 0.45 <sup>a</sup>	S or B B S or B S or B B				
Hk j 18 h	Chilling 4 H	Chill start Chill finish Chill start Chill finish	7.25 - 1.0 3.25 - 2.25		85 85 90 90	5.35 2.91 4.36 2.81					40.5 43.5	1.75 1.75	18 14	0.67 0.67	55.80 4.42 53.50 4.42	2.85	1.59	201	60	-2.75	1.25 0.75 1.25 0.75 <sup>a</sup>	B B B B
Lamb	Short Long Chill start Chill finish	1.0 - 2.25 7.25 - 1.0	1.0-3.25 (-2.25)-(-1.0)	90 90 <sup>b</sup> 90 90	85-90 85-90	3.68 2.81 5.65 3.08	2 wks				7.90 3.02 44.20 3.02	2.80	1.26	194	58	-1.75	0.30 0.30 1.25 0.45 <sup>a</sup>	S or B B B B				



Metal	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	$c_p$ , kJ/kg·°C	$k$ , W/m·°C	$\alpha$ , m <sup>2</sup> /s × 10 <sup>6</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
<b>Aluminum:</b>														
Pure	2,707	0.896	204	8.418	215	202	206	215	228	249				
Al-Cu (Duralumin), 94-96% Al, 3-5% Cu, trace Mg	2,797	0.883	164	6.676	126	159	182	194						
Al-Si (Silumin, copper-bearing), 86.5% Al, 1% Cu	2,659	0.867	137	5.933	119	137	144	152	161					
Al-Si (Alusil), 78- 80% Al, 20-22% Si	2,627	0.854	161	7.172	144	157	168	175	178					
Al-Mg-Si, 97% Al, 1% Mg, 1% Si, 1% Mn	2,707	0.892	177	7.311		175	189	204						
Bronze 75% Cu, 25% Sn	8,666	0.343	26	3.859										
Red brass 85% Cu, 9% Sn, 6% Zn	8,714	0.385	61	1.804		59	71							
Brass 70% Cu, 30% Zn	8,522	0.385	111	3.412	88		128	141	147	147				
German silver 62% Cu, 15% Ni, 22% Zn	8,618	0.394	24.9	0.733	13.7		31	40	45	18				
Constantan 60% Cu, 40% Ni	8,922	0.410	22.7	0.612	21		22.2	26						
<b>Magnesium:</b>														
Pure	1,746	1.013	171	9.708	178	171	168	163	157					
Mg-Al (electroly- tic) 6-8% Al, 1-2% Zn	1,810	1.00	66	3.605		52	62	74	83					
<b>Molybdenum</b>	10,220	0.251	123	4.790	138	125	118	114	111	109	106	102	99	92
<b>Nickel:</b>														
Pure (99.9%)	8,906	0.4459	90	2.266	104	93	83	73	64	59				
Ni-Cr 90% Ni, 10% Cr	8,666	0.444	17	0.444		17.1	18.9	20.9	22.8	24.6				
80% Ni, 20% Cr	8,314	0.444	12.6	0.343		12.3	13.8	15.6	17.1	18.0	22.5			
<b>Silver:</b>														
Purest	10,524	0.2340	419	17.004	419	417	415	412						
Pure (99.9%)	10,525	0.2340	407	16.563	419	410	415	374	362	360				
<b>Tin, pure</b>	7,304	0.2265	64	3.884	74	65.9	59	57						
<b>Tungsten</b>	19,350	0.1344	163	6.271		166	151	142	133	126	112	76		
<b>Zinc, pure</b>	7,144	0.3843	112.2	4.106	114	112	109	106	100	93				

† Adapted to SI units from E. R. G. Eckert and R. M. Drake, "Heat and Mass Transfer," 2d ed., McGraw-Hill Book Company, New York, 1959.

Table A-3 Properties of nonmetals (continued)

Substance	Temperature, °C	$k$ , W/m·°C	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	$C$ , kJ/kg·°C	$\alpha$ , m <sup>2</sup> /s $\times 10^7$
Insulating material					
Asbestos:					
Loosely packed	-45	0.149			
	0	0.154	470-570	0.816	3.3-4
	100	0.161			
Asbestos-cement boards	20	0.74			
Sheets	51	0.166			
Felt, 40 laminations/in	38	0.057			
	150	0.069			
	260	0.083			
20 laminations/in	38	0.078			
	150	0.095			
	260	0.112			
Corrugated, 4 plies/in	38	0.087			
	93	0.100			
	150	0.119			
Asbestos cement	—	2.08			
Balsam wool, 2.2 lb/ft <sup>3</sup>	32	0.04	35		
Cardboard, corrugated	—	0.064			
Celotex	32	0.048			
Corkboard, 10 lb/ft <sup>3</sup>	30	0.043	160		
Cork, regranulated	32	0.045	45-120	1.88	2-5.3
Ground	32	0.043	150		
Diatomaceous earth (Sil-o-cel)	0	0.061	320		
Felt, hair	30	0.036	130-200		
Wool	30	0.052	330		
Fiber, insulating board	20	0.048	240		
Glass wool, 1.5 lb/ft <sup>3</sup>	23	0.038	24	0.7	22.6
Insulex, dry	32	0.064			
		0.144			
Kapok	30	0.035			
Magnesia, 85%	38	0.067	270		
	93	0.071			
	150	0.074			
	204	0.080			
Rock wool, 10 lb/ft <sup>3</sup>	32	0.040	160		
Loosely packed	150	0.067	64		
	260	0.087			
Sawdust	23	0.059			
Silica aerogel	32	0.024	140		
Wood shavings	23	0.059			

† Adapted to SI units from A. I. Brown and S. M. Marco, "Introduction to Heat Transfer," 3d ed., McGraw-Hill Book Company, New York, 1958.

TABLE 10-1 Thermal Conductivity of Materials Used in Cold Storage Walls

Material	Description	Thermal Conductivity (k) W/m K	Thermal Conductance (C) W/m <sup>2</sup> K
Masonry	Brick, common	0.72	
	Brick, face	1.30	
	Concrete, mortar or plaster	0.72	
	Concrete, sand aggregate	1.73	
	Concrete block		7.95
	Sand aggregate 100 mm		5.11
	Sand aggregate 200 mm		4.43
	Sand aggregate 300 mm		5.11
	Cinder aggregate 100 mm		3.29
	Cinder aggregate 200 mm		3.01
	Cinder aggregate 300 mm		17.72
	Gypsum plaster 13 mm		5.11
	Tile, hollow clay 100 mm		3.75
	Tile, hollow clay 150 mm		3.07
Woods	Maple, oak, similar hardwoods	0.16	
	Fir, pine, similar softwoods	0.12	
	Plywood 13 mm		9.09
	Plywood 19 mm		6.06
Roofing	Asphalt roll roofing		36.91
	Built-up roofing 9 mm		17.03
Insulating materials	Blanket or batt, mineral or glass fiber	0.039	
	Board or slab:		
	Cellular glass	0.058	
	Corkboard	0.043	
	Glass fiber	0.036	
	Expanded polystyrene (smooth)	0.029	
	Expanded polystyrene (cut cell)	0.036	
	Expanded polyurethane	0.025	
	Loose fill:		
	Milled paper or wood pulp	0.039	
	Sawdust or shavings	0.065	
Mineral wool (rock, glass, slag)	0.039		
Redwood bark	0.037		
Wood fiber (soft woods)	0.043		
Surface conductance (convection coefficient)	Still air		9.37
	Moving air (3.35 m/s or 12 km/h)		22.70
	Moving air (6.7 m/s or 24 km/h)		34.10
Glass	Single pane		6.42
	Two pane		2.61
	Three pane		1.65
	Four pane		1.19

Adapted from *ASHRAE Handbook, Fundamentals*, Volume 1, 1975 Edition, by permission of the American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers.

TABEL  
Nilai-nilai panas **Z 15**

Substansi	Gas (pada 1000 mbr) *)					
	t °C	ρ kg m <sup>3</sup>	c <sub>p</sub> kJ kg K	λ W m K	10 <sup>4</sup> η Pa s	Pr -
udara, kering	-20	1.377	1.006	0.023	16.15	0.71
	0	1.275	1.006	0.025	17.10	0.70
	20	1.188	1.007	0.025	17.98	0.70
	100	0.933	1.012	0.032	21.60	0.69
	200	0.736	1.026	0.039	25.70	0.68
karbon dioksida CO <sub>2</sub>	400	0.517	1.069	0.053	32.55	0.66
	-30	2.199	0.800	0.013	12.28	0.78
	0	1.951	0.827	0.015	13.75	0.78
	25	1.784	0.850	0.016	14.98	0.78
	100	1.422	0.919	0.022	18.99	0.77
Klorin Cl	200	1.120	0.997	0.030	26.02	0.76
	0	3.13	0.473	0.0081	12.3	0.72
	25	2.87	0.477	0.0093	13.4	0.69
	100	2.29	0.494	0.012	16.8	0.69
	0	0.76	2.056	0.022	9.30	0.87
ammonia NH <sub>3</sub>	25	0.70	2.093	0.024	10.0	0.87
	100	0.56	2.219	0.033	12.8	0.86
	200	0.44	2.366	0.047	16.5	0.83
	-50	1.73	0.903	-	16.3	-
	0	1.41	0.909	0.024	19.2	0.73
oksigen O <sub>2</sub>	25	1.29	0.913	0.026	20.3	0.71
	100	1.03	0.934	0.032	24.3	0.71
	200	0.81	0.963	0.039	28.8	0.71
	0	2.88	0.585	0.0086	11.7	0.80
	25	2.64	0.607	0.0099	12.8	0.78
sulfur dioksida O <sub>2</sub>	100	2.11	0.662	0.014	16.3	0.77
	0	1.23	1.038	0.024	16.6	0.72
	25	1.13	1.038	0.026	17.8	0.71
	100	0.90	1.036	0.031	20.9	0.70
	200	0.71	1.047	0.037	24.7	0.70
nitrogen N <sub>2</sub>	-50	0.11	13.50	0.141	7.34	0.70
	0	0.09	14.05	0.171	8.41	0.69
	25	0.08	14.34	0.181	8.92	0.71
	100	0.07	14.41	0.211	10.4	0.71
	200	0.05	14.41	0.248	12.2	0.71
hidrogen H <sub>2</sub>	0	0.0049	1.864	0.0165	9.22	1.041
	50	0.0030	1.807	0.0203	10.62	1.099
	100	0.5974	2.034	0.0248	12.28	1.007
	200	7.865	2.883	0.0391	15.78	1.163
	300	46.255	6.144	0.0718	19.74	1.688

\*) Keterangan simbol lihat O 11

Daftar A-5 Sifat-sifat udara pada tekanan atmosfer†  
 Nilai  $\mu$ ,  $k$ ,  $C_p$ , dan Pr tidak terlalu bergantung pada tekanan dan dapat digunakan untuk  
 jangkau tekanan yang cukup luas.

T, K	$\rho$ kg/m <sup>3</sup>	$C_p$ kJ/kg·°C	$\mu$ kg/m·s $\times 10^{-4}$	$\nu$ m <sup>2</sup> /s $\times 10^{-6}$	$k$ W/m·°C	$\alpha$ m <sup>2</sup> /s $\times 10^{-6}$	Pr
100	3,6010	1,0266	0,6924	1,923	0,009246	0,02501	0,770
160	2,3676	1,0099	1,0283	4,343	0,013736	0,05746	0,783
200	1,7684	1,0061	1,3289	7,490	0,01809	0,10165	0,789
250	1,4128	1,0043	1,468	9,48	0,02227	0,13161	0,772
300	1,1774	1,0067	1,983	16,94	0,02624	0,22160	0,708
350	0,9980	1,0080	2,076	24,76	0,03033	0,21883	0,697
400	0,8828	1,0140	2,286	26,90	0,03366	0,3760	0,689
450	0,7833	1,0207	2,484	31,71	0,03707	0,4222	0,683
500	0,7048	1,0296	2,671	37,90	0,04038	0,4664	0,680
550	0,6423	1,0392	2,848	44,34	0,04360	0,6632	0,680
600	0,5879	1,0551	3,018	51,34	0,04659	0,7612	0,680
650	0,5430	1,0636	3,177	58,61	0,04953	0,8578	0,682
700	0,5030	1,0762	3,332	66,26	0,05230	0,9672	0,684
750	0,4709	1,0856	3,481	73,91	0,05509	1,0774	0,686
800	0,4406	1,0978	3,626	82,29	0,05779	1,1961	0,689
850	0,4149	1,1096	3,765	94,76	0,06028	1,3087	0,692
900	0,3926	1,1212	3,839	99,3	0,06279	1,4271	0,696
950	0,3716	1,1321	4,023	108,2	0,06525	1,5510	0,699
1000	0,3524	1,1417	4,162	117,8	0,06762	1,6779	0,702
1100	0,3204	1,160	4,44	136,6	0,0732	1,969	0,704
1200	0,2947	1,179	4,69	159,1	0,0782	2,251	0,707
1300	0,2707	1,197	4,93	182,1	0,0837	2,683	0,708
1400	0,2516	1,214	5,17	205,6	0,0891	2,920	0,705
1500	0,2366	1,230	5,40	229,1	0,0946	3,262	0,705
1600	0,2211	1,248	5,63	254,6	0,100	3,609	0,705
1700	0,2082	1,267	5,85	280,6	0,105	3,977	0,705
1800	0,1970	1,287	6,07	308,1	0,111	4,378	0,704
1900	0,1868	1,308	6,29	338,6	0,117	4,811	0,704
2000	0,1782	1,338	6,50	369,0	0,124	5,261	0,702
2100	0,1682	1,372	6,93	432,6	0,131	5,735	0,700
2200	0,1602	1,419	7,14	464,0	0,149	6,340	0,710
2300	0,1538	1,482	7,36	604,0	0,161	7,020	0,718
2400	0,1468	1,574	7,57	643,6	0,176	7,441	0,730
2500	0,1394	1,698					

† Dari *Natl. Bur. Stand (U. S.) Circ. 564*, 1965

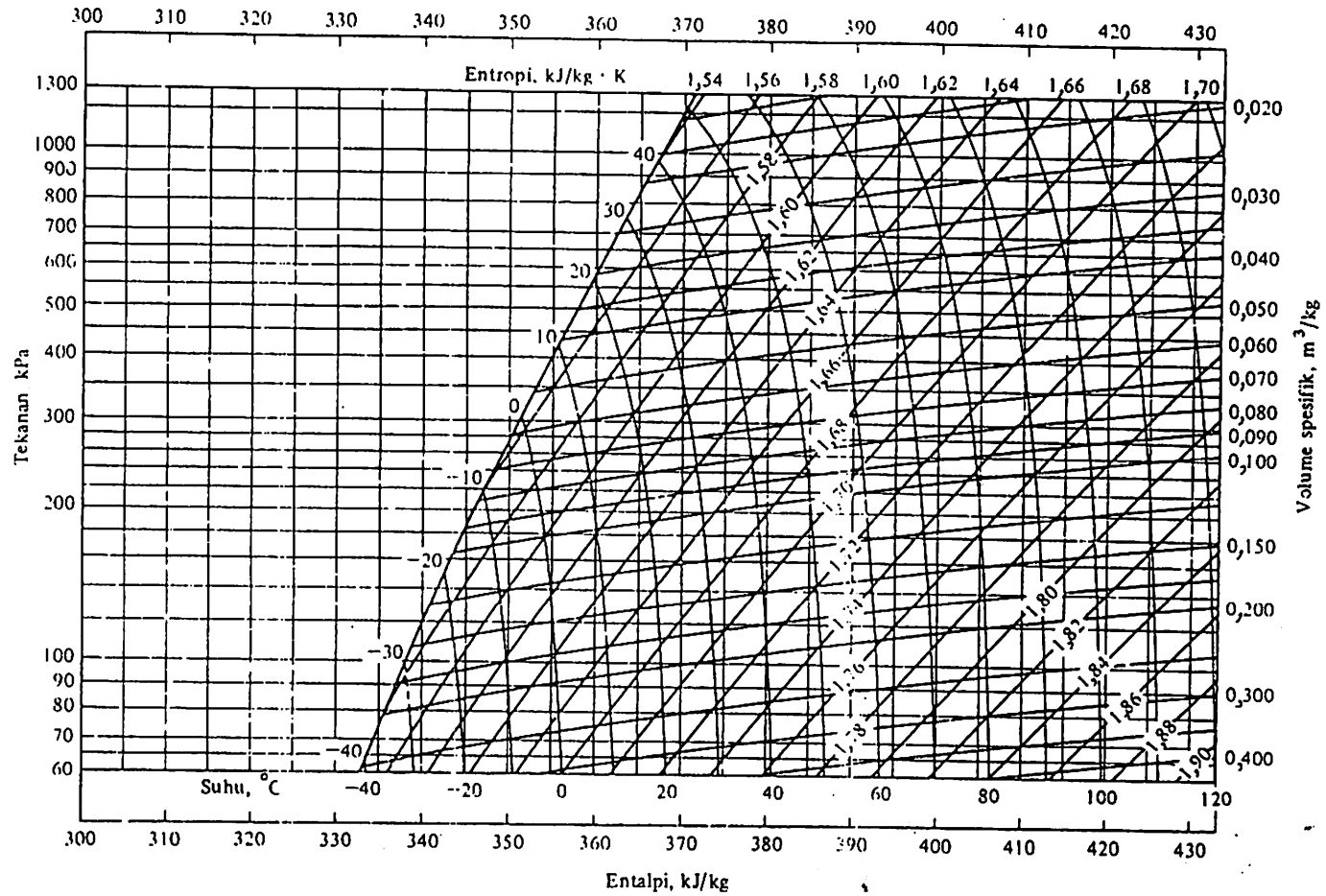
# Lampiran IV

Tabel A-5 Refrigeran 12: sifat-sifat cairan dan uap jenuh<sup>5</sup>

t, °C	P, kPa	Entalpi, 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	22,62	146,463	324,236	0,77977	1,61373	0,63689	637,911
-55	29,98	150,808	326,567	0,79990	1,60552	0,64226	491,000
-50	39,15	155,169	328,897	0,81964	1,59810	0,64782	383,105
-45	50,44	159,549	331,223	0,83901	1,59142	0,65355	302,683
-40	64,17	163,948	333,541	0,85805	1,58539	0,65949	241,910
-35	80,71	168,369	335,849	0,86776	1,57996	0,66563	195,398
-30	100,41	172,810	338,143	0,89516	1,57507	0,67200	159,375
-28	109,27	174,593	339,057	0,90244	1,57326	0,67461	147,275
-26	118,72	176,380	339,968	0,90967	1,57152	0,67726	136,284
-24	128,80	178,171	340,876	0,91686	1,56985	0,67996	126,282
-22	139,53	179,965	341,780	0,92400	1,56825	0,68269	117,167
-20	150,93	181,764	342,682	0,93110	1,56672	0,68547	108,847
-18	163,04	183,567	343,580	0,93816	1,56526	0,68829	101,242
-16	175,89	185,374	344,474	0,94518	1,56385	0,69115	94,2788
-14	189,50	187,185	345,365	0,95216	1,56250	0,69407	87,8951
-12	203,90	189,001	346,252	0,95910	1,56121	0,69703	82,0344
-10	219,12	190,822	347,134	0,96601	1,55997	0,70004	76,6464
-9	227,04	191,734	347,574	0,96945	1,55938	0,70157	74,1155
-8	235,19	192,647	348,012	0,97287	1,55897	0,70310	71,6864
-7	243,55	193,562	348,450	0,97629	1,55822	0,70465	69,3543
-6	252,14	194,477	348,886	0,97971	1,55765	0,70622	67,1146
-5	260,96	195,395	349,321	0,98311	1,55710	0,70780	64,9629
-4	270,01	196,313	349,755	0,98650	1,55657	0,70939	62,8952
-3	279,30	197,233	350,187	0,98989	1,55604	0,71099	60,9075
-2	288,82	198,154	350,619	0,99327	1,55552	0,71261	58,9963
-1	298,59	199,076	351,049	0,99664	1,55502	0,71425	57,1579
0	308,61	200,000	351,477	1,00000	1,55452	0,71590	55,3892
1	318,88	200,925	351,905	1,00335	1,55404	0,71756	53,6869
2	329,40	201,852	352,331	1,00670	1,55356	0,71924	52,0481
3	340,19	202,780	352,755	1,01004	1,55310	0,72094	50,4700
4	351,24	203,710	353,179	1,01337	1,55264	0,72265	48,9499
5	263,55	204,642	353,600	1,01670	1,55220	0,72438	47,4853
6	374,14	205,575	354,020	1,02001	1,55176	0,72612	46,0737
7	386,01	206,509	354,439	1,02333	1,55133	0,72788	44,7129
8	398,15	207,445	354,856	1,02663	1,55091	0,72966	43,4006
9	410,58	208,383	355,272	1,02993	1,55050	0,73146	42,1349
10	423,30	209,323	355,686	1,03322	1,55010	0,73326	40,9137
11	436,31	210,264	356,098	1,03650	1,54970	0,73510	39,7352
12	449,62	211,207	356,509	1,03978	1,54931	0,73695	38,5975
13	463,23	212,152	356,918	1,04305	1,54893	0,73882	37,4991
14	477,14	213,099	357,325	1,04632	1,54856	0,74071	36,4382
15	491,37	214,048	357,730	1,04958	1,54819	0,74262	35,4133
16	505,91	214,998	358,134	1,05284	1,54783	0,74455	34,4230
17	520,76	215,951	358,535	1,05609	1,54748	0,74649	33,4658
18	535,94	216,906	358,935	1,05933	1,54713	0,74846	32,5405
19	551,45	217,862	359,333	1,06258	1,54679	0,75045	31,6457
20	567,29	218,821	359,729	1,06581	1,54645	0,75246	30,7802
21	583,47	219,783	360,122	1,06904	1,54612	0,75449	29,9429
22	599,98	220,746	360,514	1,07227	1,54579	0,75655	29,1327
23	616,84	221,712	360,904	1,07549	1,54547	0,75863	28,3485
24	634,05	222,680	361,291	1,07871	1,54515	0,76073	27,5894
25	651,62	223,650	361,676	1,08193	1,54484	0,76286	26,8542
26	669,54	224,625	362,059	1,08514	1,54453	0,76501	26,1422
27	687,82	225,598	362,439	1,08835	1,54423	0,76718	25,4524
28	706,47	226,576	362,817	1,09155	1,54393	0,76938	24,7840

Tabel A-5 (lanjutan)

$t, ^\circ\text{C}$	$P, \text{kPa}$	Entalpi, $\text{kJ/kg}$		Entropi, $\text{kJ/kg} \cdot \text{K}$		Volume spesifik, $\text{L/kg}$	
		$h_f$	$h_g$	$s_f$	$s_g$	$v_f$	$v_g$
29	725,50	227,557	363,193	1,09475	1,54363	0,77161	24,1362
30	744,90	228,540	363,566	1,09795	1,54334	0,77386	23,5082
31	764,68	229,526	363,937	1,10115	1,54305	0,77614	22,8993
32	784,85	230,515	364,305	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	1,12665	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
75	2087,5	277,100	376,234	1,24347	1,52821	0,92009	7,72258
80	2304,6	283,341	376,777	1,26069	1,52526	0,94612	6,82143
85	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



Gambar A-3 Diagram tekanan entalpi panas-lanju: refrigeran 12. (Prepared for this book by the Technical University of Denmark from data in Ref.9.)



# Lampiran VI

TABLE 14-1A Heat Rejection Factors:  
Open Compressors

Evaporator Temp. (°C)	Condensing Temperature (°C)					
	32	38	43	49	54	60
-34	1.37	1.42	1.47	·	·	·
-29	1.33	1.37	1.42	1.47	·	·
-23	1.28	1.32	1.37	1.42	1.47	·
-18	1.24	1.28	1.32	1.37	1.41	1.47
-12	1.21	1.24	1.28	1.32	1.36	1.42
-7	1.17	1.20	1.24	1.28	1.32	1.37
-1	1.14	1.17	1.20	1.24	1.27	1.32
5	1.12	1.15	1.17	1.20	1.23	1.28
10	1.09	1.12	1.14	1.17	1.20	1.24

\* Outside of normal limits for single stage compressor application. Adapted from the engineering data of Bohn Aluminum and Brass Company.

# Lampiran VII

Tabel 15-5 Daya hantar termal dan viskositas refrigeran jenuh, cair dan uap.<sup>1</sup>

Refrigeran	t, °C	Viskositas, Pa · det		Daya hantar, W/m · K	
		Cairan	Uap	Cairan	Uap
11	-40	0,000922		0,106	
	-20	0,000694		0,100	
	0	0,000546		0,0943	
	20	0,000441	0,0000103	0,0890	
	40	0,000367	0,0000119	0,0832	0,00841
	60	0,000312	0,0000127	0,0777	0,0093
12	-40	0,000409		0,0931	
	-20	0,000325	0,0000108	0,0857	0,00734
	0	0,000267	0,0000118	0,0784	0,00838
	20	0,000225	0,0000126	0,0711	0,00938
	40	0,000194	0,0000135	0,0637	0,0105
	60	0,000169	0,0000148	0,0564	0,0118
22	-40	0,000330	0,0000101	0,120	0,0069
	-20	0,000275	0,0000110	0,110	0,00817
	0	0,000237	0,0000120	0,100	0,00942
	20	0,000206	0,0000130	0,090	0,0107
	40	0,000182	0,0000144	0,0805	0,0119
	60	0,000162	0,0000160	0,0704	0,0133
502	-40	0,000356	0,0000100	0,0898	0,00796
	-20	0,000284	0,0000111	0,0820	0,00907
	0	0,000233	0,0000120	0,0742	0,0102
	20	0,000193	0,0000132	0,0665	0,0114
	40	0,000153	0,0000146	0,0585	0,0124
	60	0,000117	0,0000161	0,0486	0,0144
717	-40			0,632	
	-20	0,000236	0,0000097	0,585	0,0204
	0	0,000190	0,0000104	0,540	0,0218
	20	0,000152	0,0000112	0,493	0,0267
	40	0,000122	0,0000120	0,447	0,0318
	60	0,000098	0,0000129	0,400	0,0381

# Lampiran VIII

Tabel C.3 Sifat-sifat cairan jenuh (satuan-satuan SI)

T, °C	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	$c_p$ , J/(kg·K)	$v$ , m <sup>2</sup> /s	$k$ , W/(m·K)	$\alpha$ , m <sup>2</sup> /s	Pr	$\beta$ , K <sup>-1</sup>
<i>Air, H<sub>2</sub>O</i>							
0	1.002,28	4,2178 × 10 <sup>3</sup>	1,788 × 10 <sup>-6</sup>	0,552	1,308 × 10 <sup>-7</sup>	13,6	
20	1.000,52	4,1818	1,006	0,597	1,430	7,02	0,18 × 10 <sup>-3</sup>
40	994,59	4,1784	0,658	0,628	1,512	4,34	
60	985,46	4,1843	0,478	0,651	1,554	3,02	
80	974,08	4,1964	0,364	0,668	1,636	2,22	
100	960,63	4,2161	0,294	0,680	1,680	1,74	
120	945,25	4,250	0,247	0,685	1,708	1,446	
140	928,27	4,283	0,214	0,684	1,724	1,241	
160	909,69	4,342	0,190	0,680	1,729	1,099	
180	889,03	4,417	0,173	0,675	1,724	1,004	
200	866,76	4,505	0,160	0,665	1,706	0,937	
220	842,41	4,610	0,150	0,652	1,680	0,891	
240	815,66	4,756	0,143	0,635	1,639	0,871	
260	785,87	4,949	0,137	0,611	1,577	0,874	
280	752,55	5,208	0,135	0,580	1,481	0,910	
300	714,26	5,728	0,135	0,540	1,324	1,019	
<i>Karbon dioksida, CO<sub>2</sub></i>							
-50	1.156,34	1,84 × 10 <sup>3</sup>	0,119 × 10 <sup>-6</sup>	0,0855	0,5021 × 10 <sup>-7</sup>	2,96	
-40	1.117,77	1,88	0,118	0,1011	0,4810	2,46	
-30	1.076,76	1,97	0,117	0,1116	0,5272	2,22	
-20	1.032,39	2,05	0,115	0,1151	0,5445	2,12	
-10	983,38	2,18	0,113	0,1099	0,5133	2,20	
0	926,99	2,47	0,108	0,1045	0,4578	2,38	
10	860,03	3,14	0,101	0,0971	0,3608	2,80	
20	772,57	5,0	0,091	0,0872	0,2219	4,10	14,00 × 10 <sup>-3</sup>
30	597,81	36,4	0,080	0,0703	0,0279	28,7	
<i>Diklorodifluorometan (Freon), CCl<sub>2</sub>F<sub>2</sub></i>							
-50	1.546,75	0,8750 × 10 <sup>3</sup>	0,310 × 10 <sup>-6</sup>	0,067	0,501 × 10 <sup>-7</sup>	6,2	2,63 × 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	0,073	0,557	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	
<i>Etyl glycol, [C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>(OH)<sub>2</sub>]</i>							
0	1.130,75	2,294 × 10 <sup>3</sup>	57,53 × 10 <sup>-6</sup>	0,242	0,934 × 10 <sup>-7</sup>	615	
20	1.116,65	2,382	19,18	0,249	0,939	264	0,65 × 10 <sup>-3</sup>
40	1.101,43	2,47-	8,69	0,256	0,939	93	
60	1.087,66	2,562	4,75	0,260	0,932	51	
80	1.077,56	2,650	2,98	0,261	0,921	32,4	
100	1.058,50	2,742	2,03	0,263	0,908	22,7	

# Lampiran IX

Daftar A-11 Dimensi pipa-baja

Ukuran Nominal pipa in	Diameter-luar in	Schedule no.	Tebal dinding in	Diameter dalam in	Luas penampang logam in <sup>2</sup>	Luas penampang dalam ft <sup>2</sup>
½	0,405	40	0,068	0,269	0,072	0,00040
		80	0,095	0,213	0,093	0,00025
¾	0,540	40	0,088	0,364	0,125	0,00072
		80	0,119	0,302	0,167	0,00050
1	0,675	40	0,091	0,493	0,167	0,00133
		80	0,126	0,423	0,217	0,00098
1½	0,840	40	0,109	0,622	0,250	0,00211
		80	0,147	0,546	0,320	0,00163
2	1,050	40	0,113	0,824	0,333	0,00371
		80	0,154	0,742	0,433	0,00300
3	1,315	40	0,133	1,049	0,494	0,00600
		80	0,179	0,957	0,639	0,00499
4	1,900	40	0,145	1,610	0,799	0,01414
		80	0,200	1,500	1,068	0,01225
		160	0,281	1,338	1,429	0,00976
6	2,375	40	0,154	2,067	1,075	0,02330
		80	0,218	1,930	1,477	0,02050
8	3,500	40	0,216	3,068	2,228	0,05130
		80	0,300	2,900	3,016	0,04587
10	4,500	40	0,237	4,026	3,173	0,08840
		80	0,337	3,826	4,407	0,07986
		120	0,258	5,047	4,304	0,1390
12	5,563	80	0,375	4,813	6,112	0,1263
		120	0,500	4,563	7,953	0,1136
		160	0,625	4,313	9,696	0,1015
		40	0,280	6,065	5,584	0,2006
16	6,625	80	0,432	5,761	8,405	0,1810
		40	0,365	10,020	11,90	0,5475
20	10,75	80	0,500	9,750	16,10	0,5185

Tabel 7-1 Dimensi pipa-pipa tembaga

DL, mm	DD, mm		DL, mm	DD, mm	
	Jenis K	Jenis L		Jenis K	Jenis L
9,53	7,75	8,00	53,98	49,76	50,42
12,70	10,21	10,92	66,68	61,85	62,61
15,88	13,39	13,84	79,38	73,84	74,80
19,05	16,56	16,92	92,08	85,98	87,00
22,23	18,92	19,94	104,8	97,97	99,19
28,58	25,27	26,04	130,2	122,1	123,8
34,93	31,62	32,13	155,6	145,8	148,5
41,28	37,62	38,23	206,4	192,6	196,2
			257,2	240,0	244,5
			308,0	287,4	293,6

DL = diameter luar. DD = diameter dalam

# Lampiran X

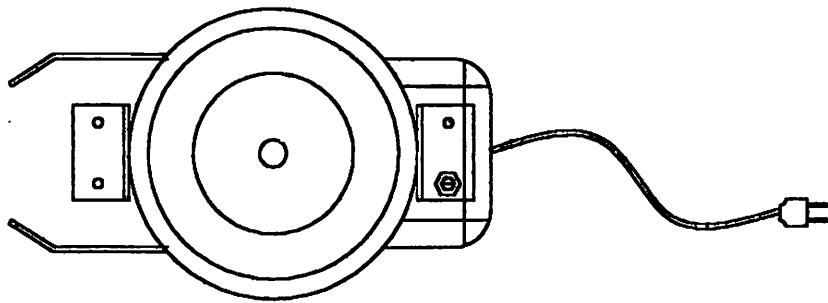
TABLE R-6 Prestfin Capacities in W/m<sup>2</sup> K TD

Refrigerant Temperature °C	Natural Air Circulation		Forced Air 1.5–2.5 m/s Face Vel.	
	Flooded or Brine	Thermal Valve	Flooded or Brine	Thermal
Refrig. above 0°C	13	12	17	15
Refrig. 0°–18°C	9	8	11	10
Refrig. –19°C and lower	7	6	9	8

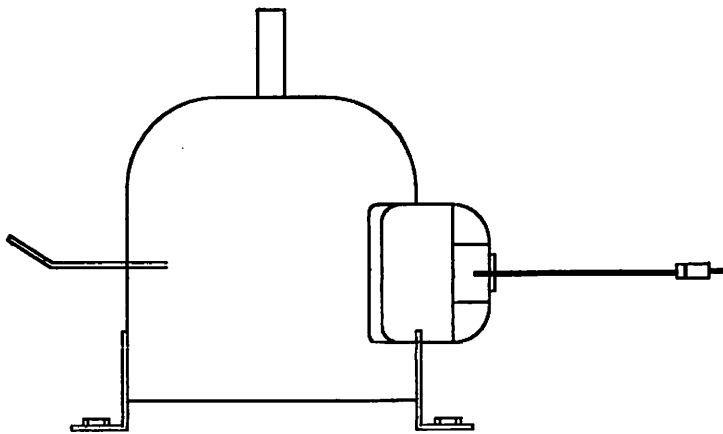
One lineal metre of Prestfin pipe provides 2.47 m<sup>2</sup> of surface area.

TABLE R-7 Unit Cooler Capacity Ratings and Specifications

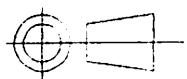
Model	Rating kW/K TD	Circuits	Motor Input kW	Air Quantity m <sup>3</sup> /s	Air Throw m
UC 130	0.130	1	0.093	0.185	7
UC 185	0.185	1	0.098	0.240	7
UC 235	0.235	1	0.140	0.330	6
UC 345	0.345	1	0.154	0.470	8
UC 450	0.450	1	0.163	0.700	9
UC 550	0.550	Split	0.184	0.820	8
UC 630	0.630	Split	0.220	0.920	8
UC 950	0.950	Split	0.308	1.200	7
UC 1265	1.265	2	0.415	1.910	9
UC 1690	1.690	3	0.916	2.830	9

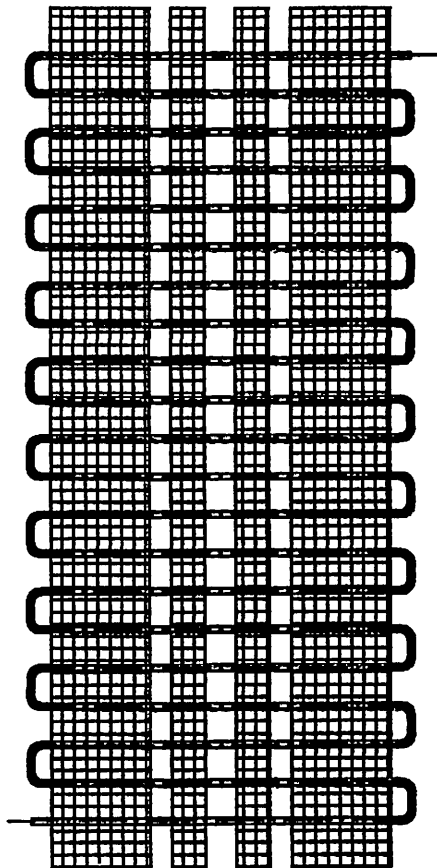


TAMPAK ATAS



TAMPAK DEPAN

1	1	Kompressor	Hermetik	374 Watt	
NO	JML	NAMA BAGIAN	BAHAN DASAR	UKURAN	KETERANGAN
		SKALA : 1 : 4	DIGAMBAR : ARIFIN NURZAT M.		PERINGATAN
		SATUAN : MM	NIM : 00.51.033		
		TANGGAL : 19-02-2005	DILIHAT : Ir TEGUH RAHARDJO,MT		
ITN MALANG			INSTALASI FREEZER BOX PENGAWET DAGING IKAN		NO: A4

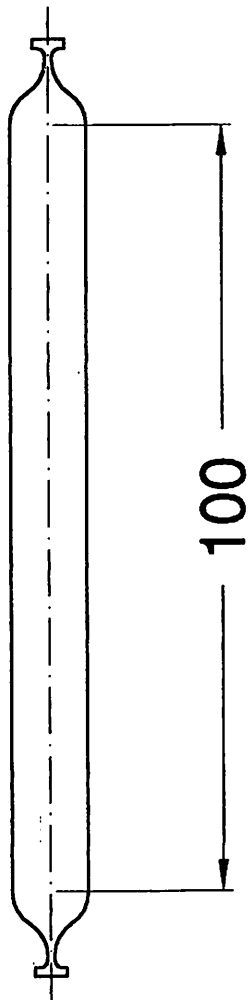


TAMPAK ATAS



TAMPAK DEPAN

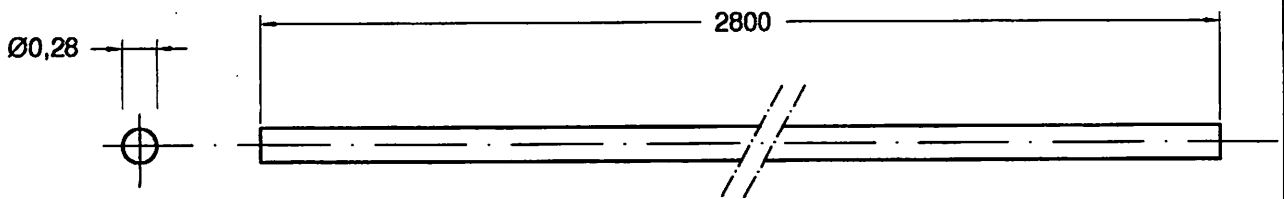
1	1	Kondensor	Besi	1/8"	
NO	JML	NAMA BAGIAN	BAHAN DASAR	UKURAN	KETERANGAN
		SKALA : 1 : 8	DIGAMBAR : ARIFIN NURZAT M.		PERINGATAN
		SATUAN : MM	NIM : 00.51.033		
		TANGGAL : 19-02-2005	DILIHAT : Ir TEGUH RAHARDJO,MT		
ITN MALANG		INSTALASI FREEZER BOX PENGAWET DAGING IKAN			NO: A4



TAMPAK DEPAN

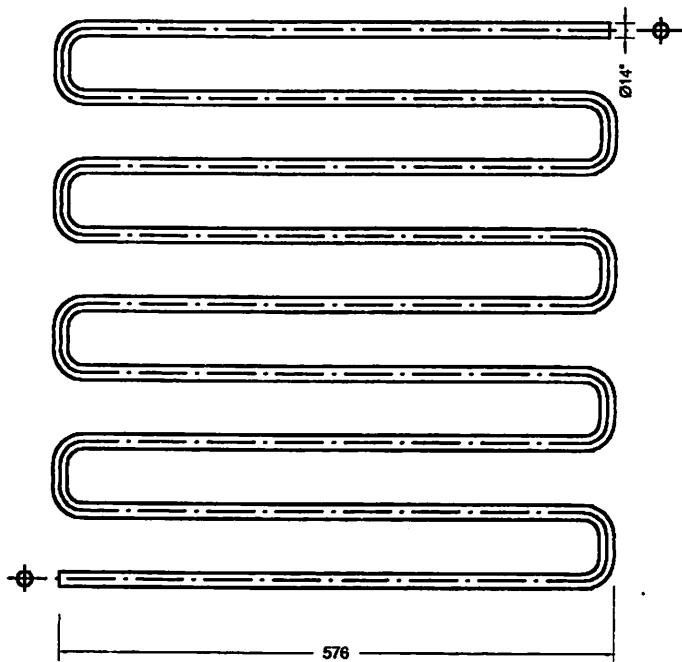
1	1	Pengering	Tembaga	5/8" x 100	
NO	JML	NAMA BAGIAN	BAHAN DASAR	UKURAN	KETERANGAN
		SKALA : 1 : 1	DIGAMBAR : ARIFIN NURZAT M.		PERINGATAN
		SATUAN : MM	NIM : 00.51.033		
		TANGGAL : 19-02-2005	DILIHAT : Ir TEGUH RAHARDJO,MT		
ITN MALANG		INSTALASI FREEZER BOX PENGAWET DAGING IKAN			NO: A4





## TAMPAK DEPAN

1	1	Pipa Kapiler	Tembaga	Ø0,28	
NO	JML	NAMA BAGIAN	BAHAN DASAR	UKURAN	KETERANGAN
		SKALA : 8 : 1	DIGAMBAR : ARIFIN NURZAT M.		PERINGATAN
		SATUAN : MM	NIM : 00.51.033		
		TANGGAL : 19-02-2005	DILIHAT : Ir TEGUH RAHARDJO,MT		
<b>ITN MALANG</b>			INSTALASI FREEZER BOX PENGAWET DAGING IKAN		NO: <b>A4</b>



## TAMPAK DEPAN

1	1	Evaporator	Tembaga	Ø1/4"	
NO	JML	NAMA BAGIAN	BAHAN DASAR	UKURAN	KETERANGAN
			SKALA : 1 : 8	DIGAMBAR : ARIFIN NURZAT M.	
			SATUAN : MM	NIM : 00.51.033	
			TANGGAL : 19-02-2005	DILIHAT : Ir TEGUH RAHARDJO,MT	
ITN MALANG			INSTALASI FREEZER BOX PENGAWET DAGING IKAN		NO: A4