

**PERENCANAAN KONDENSOR BERPENDINGIN AIR
UNTUK SISTEM REFRIGERAN PADA
ICE SKATING**

**D
I
S
U
S
U
N**



OLEH :

MUHAMMAD YUNUS
NIM. 02813006



**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2009**

**PERENCANAAN KONDENSOR BERPENDINGIN AIR
UNTUK SISTEM REFRIGERAN PADA
ICE SKATING
DI. PT. MANUNGGAL PLANET ICE**

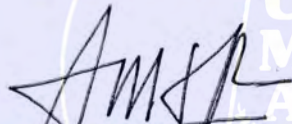
TUGAS AKHIR

Oleh :

**Muhammad Yunus
No. Stb : 02. 813. 0006**

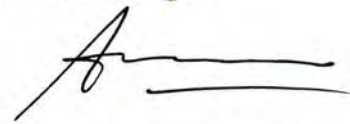
Menyetujui :

Pembimbing I



(Ir. H. Amirsyam, MT)

Pembimbing II



(Ir. Amru Siregar, MT)

Mengetahui :

Dekan



(Drs. Qadri Ramdan M.Eng.Msc)

Ketua Jurusan



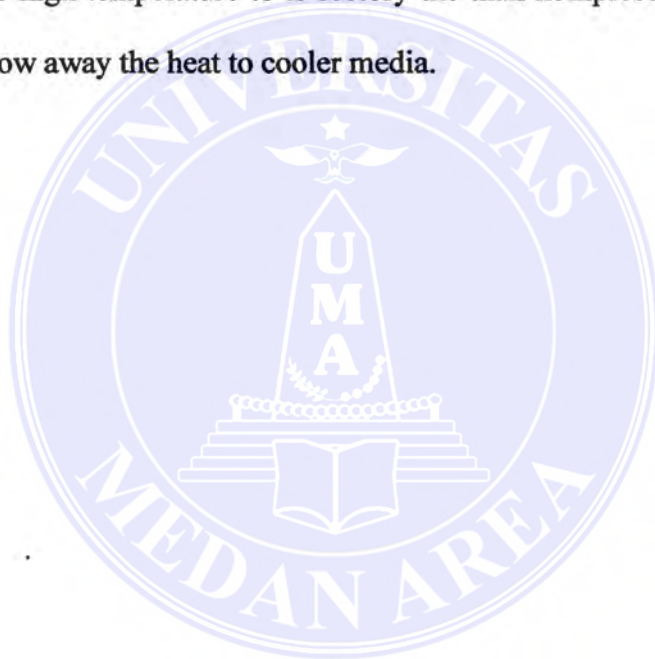
(Ir. Amru Siregar, MT)

Tanggal Lulus : 18 April 2009

cl
ABSTRAK

Appliance of conversation kalor also represent the very important shares from appliance of system refrigerasi. This appliance own the very important role at the init operasi. This matter becoming base for writer to design one of type of appliance of conversion kalor that is kondensor of at ice skating.

Liquefier marginally function to liquefy the refrigerant in a state of presurre and have high temperature to is sectory the than kompresor at one blow discharge and throw away the heat to cooler media.



ABSTRAK

Alat penukar kalor juga merupakan bagian yang penting dari alat-alat sistem refrifgasi. Alat ini memiliki peranan penting pada unit operasi tersebut. Hal inilah yang menjadi dasar bagi penulis untuk merancang salah satu jenis alat penukar kalor yaitu kondensor pada Ice Skating.

Kondensor secara garis besar berfungsi mencairkan refrigeran dalam keadaan uap bertekanan dan bertemparatur tinggi yang keluar dari kompressor sekaligus melepaskan dan membuang panas ke media pendingin.



DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penulisan	2
1.4. Manfaat.....	2
1.5. Sistematika Pembahasan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Sistem Refrigerasi.....	4
2.2 Siklus Refrigerasi.....	6
2.2.1. Siklus refrigerasi absorpsi (Absorption Refrigeration Cycle)	7
2.2.2. Siklus refrigerasi pancaran uap (Steam Jet Refrigeration Cycle)	8
2.2.3. Siklus refrigerasi udara (Air Refrigeration Cycle)	9
2.2.4. Siklus refrigerasi kompresi uap (Vapor Compression Refrigeration Cycle).....	10
2.2.5. Mekanisme Sistem Refrigerasi pada Ice Skating	12
2.3 Refrigerasi	15
2.3.1. Pengertian	15
2.3.2. Persyaratan refrigerasi.....	15
2.3.3. Jenis dan karakteristik refrigerasi.....	16
BAB III PEMILIHAN KONDENSATOR.....	36
3.1 Pengertian	36
3.2 Prinsip Kerja Kondensator	36

3.3 Klasifikasi Kondensor	36
3.3.1. Kondensor pendingin udara	37
3.3.2. Kondensor pendingin air	38
3.3.3. Kondensor evaporatif	40
3.4. Pemilihan Kondensor Yang Akan Dirancang	41
BAB IV PERENCANAAN KONDENSOR	42
4.1 Perhitungan Kondensor	42
4.2 Ukuran Utama Kondensor	42
4.3 Penentuan Dimensi Kondensor	42
4.3.1. Dimensi tube	43
4.3.2. Menentukan panjang pipa	44
4.3.2.1. Beda temperatur rata-rata logaritma (LMTD)	44
4.3.2.2. Menentukan koefisien perpindahan panas menyeluruh (U_o)	45
4.3.3. Shell (Tabung)	47
4.3.4. Sekat (Baffle)	52
4.4. Penurunan Tekanan Pada Kondensor	57
4.4.1 Penurunan tekanan dalam tabung	57
4.4.2. Penurunan tekanan akibat balikan fluida	58
BAB 5 KESIMPULAN	59



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fungsi yang utama sistem refrigerasi adalah air yaitu untuk mengambil panas yang tidak diperlukan dari suhu ruangan. Kemudian panas tersebut dipindahkan ke tempat lain diluar ruangan yang mengganggu. Kerja tersebut dapat dilakukan dengan mengalirkan refrigeran yang bersikulasi di dalam sistem pendingin.

Alat kontrol mesin pendingin merupakan bagian yang penting dari setiap instalasi refrigerasi dan air conditioning. Alat kontrol tersebut harus dapat bekerja secermat mungkin untuk mengatur suhu dan kelembaban relatif di dalam ruangan, untuk mempertahankan keadaan yang sejuk dan nyaman bagi manusia atau untuk keperluan industri maupun olahraga.

Dengan berkembangnya teknologi mesin-mesin pendingin, maka kondensor merupakan bagian dari mesin pendingin, juga merupakan salah satu alat untuk menaikkan efesiensi sistem dari mesin pendingin Ice Skating.

Pada sistem pendingin Ice Skating untuk mengoptimalkan penyerapan energi panas yang bekerja dalam sistem sehingga diperoleh hasil akhir yang maksimal. Disinilah mengapa kondensor sangat diperlukan untuk suatu sistem pendinginan khususnya seperti pada sistem pendinginan Ice Skating Rink.

1.2 Perumusan Masalah

Pembahasan utama pada penulisan tugas sarjana ini analisa kondensor pada ice skating yang terdapat di Sun Plaza Medan, Sumatera Utara. Untuk menghindari ketidakteraturan pembahasan dan mengingat luasnya pembahasan disertai dengan keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang dimiliki penulis, maka pada tugas sarjana ini penulis membatasi masalah hanya pada :

- a. Analisa ukuran utama kondensor
- b. Pemilihan kondensor
- c. Analisa perpindahan kalor
- d. Analisa penurunan tekanan
- e. Analisa sistem refrigerasi dan gambar teknik kondensor

1.3 Tujuan Penulisan

Adapun tujuan penulis adalah perencanaan ulang kondensor pada ice skating, yaitu untuk mengetahui besarnya kalor yang diserap oleh sistem dan besarnya penukaran energi pemanas pada kedua jenis fluida yang selanjutnya akan digunakan untuk perhitungan rancangan kondensor dan juga dimensi kondensor secara umum.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Bagi penulis untuk menambah ilmu pengetahuan dan teknologi.
2. Mahasiswa yang akan membahas hal yang sama.
3. Agar para pembaca dapat mengambil kesimpulan atau informasi pengetahuan tentang kondensor.
4. Pihak-pihak yang ingin mengetahui tentang Kondensor.

1.5 Sistematika Pembahasan

Bab I pendahuluan, pada bab ini akan membahas tentang latar belakang, tujuan penulisan, batasan masalah dan sistematika pembahasan.

Bab II tinjauan pustaka, pada bab ini akan berisikan studi literatur sistem-sistem refrigerasi, siklus refrigerasi, pengertian dan pemilihan refrigeran serta jenis-jenis refrigerasi.

Selanjutnya pada bab III yaitu bab pemilihan kondensor akan membahas klasifikasi kondensor dan pemilihan kondensor yang akan digunakan pada mesin pendingin Ice Skating.

Sedangkan bab IV perencanaan kondensor, pada bab ini akan dilakukan analisa perencanaan kondensor. Perencanaan ini untuk mengetahui ukuran utama, penentuan dimensi dan penurunan kondensor.

Kemudian bab V yaitu bab kesimpulan, pada bab ini akan dibuat sebuah kesimpulan dari hasil penulisan dan perencanaan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Refrigerasi

Teknik refrigerasi adalah suatu ilmu yang mempelajari suatu sistem pendingin dengan jalan perpindahan panas dari suatu tempat yang bertemperatur tinggi ke suatu tempat yang bertemperatur lebih rendah.

Teknik refrigerasi dapat diterapkan kedalam dua bentuk yaitu untuk pengkondisian udara dan untuk bidang refrigerasi.

Pada pengkondisian udara refrigerasi berfungsi sebagai pendingin. Proses perlakuan terhadap udara untuk mengatur suhu, kelembaban, kebersihan, dan pendistribusiannya secara serentak guna mencapai kondisi nyaman yang dibutuhkan oleh penghuni yang berada didalamnya. Teknik pengkondisian udara mencakup usaha pemanasan seperti pengaturan kecepatan, radiasi termal, dan kualitas udara termasuk penyisihan partikel dan uap pengotor.

Sedangkan untuk bidang refrigerasi meliputi pemrosesan, pengawetan, penyerapan kalor dari bahan-bahan kimia, perminyakan, dan industri petrokimia. Selain itu, terdapat penggunaan khusus seperti pada industri manufaktur dan konstruksi.

Sistem refrigerasi bertujuan antara lain :

1. Untuk mengurangi atau menurunkan temperatur dari suatu zat
2. Mengubah fase suatu zat dari suatu keadaan menjadi keadaan lain
3. Memelihara suatu zat atau ruangan didalam suatu kondisi tertentu

Sistem refrigerasi dapat diaplikasikan pada berbagai bidang antara lain :

- a. Pengkondisian udara pada bangunan sedang dan besar, yaitu untuk menciptakan kondisi udara yang nyaman bagi orang yang berada didalam suatu ruangan. Pada bangunan besar biasanya digunakan sistem pengondisian udara sentral.
- b. Pengkondisian udara untuk industri, pengkondisian udara industri adalah usaha menciptakan lingkungan yang nyaman bagi para pekerja yang berada didalam lingkungan yang berbahaya dan juga untuk pengaturan kondisi yang dapat mendukung pemrosesan bahan.
- c. Pengkondisian udara rumah tinggal, jenis lain dari alat pengondisian udara tempat tinggal adalah sistem sentral, unit pengembunannya terdiri dari kompressor dan kondensor yang diletakan di luar ruangan, sedangkan koil evaporator berada di dalam ruangan.
- d. Pengkondisian udara untuk kendaraan
- e. Penyimpanan dan pendistribusian bahan makanan, daging, ikan, buah-buahan serta sayur-sayuran bersifat mudah membusuk, akan tetapi umur penyimpanannya diperpanjang dengan pendinginan.
- f. Industri kima dan proses, industri ini membutuhkan refrigerasi yang ditangani dengan baik, oleh karen hampir setiap instalasi mempunyai perbedaan serta harganya begitu tinggi. Fungsi refrigrasi di dalam industri kimia dan industri proses adalah untuk pemisahan gas-gas, pengembunan gas, pemadatan suatu zat di dalam campuran untuk memisahkannya dari yang lain, menjaga kondisi

suhu rendah dalam penyimpanan gas cair agar tekanannya tidak berlebihan, dan penghilangan kalor reaksi.

g. Penggunaan khusus refrigerasi

1. Wadah minuman
2. Penurunan kelembaban (*Dehumidifiers*)
3. Lapangan skat-es (*Ice-Skating rinks*), pemain skat dan hoki es tak dapat menggantungkan harapan pada cuaca yang cukup dingin untuk membekukan air didalam lapangan skat mereka, untuk keperluan tersebut, di dalam lapangan skat dipasang pipa-pipa yang mengalirkan refrigeran atau air garam (*brine*) yang bersuhu rendah. Pipa-pipa ini ditutupi dengan pasir atau serbuk gergaji, diatasnya dituangkan air yang perlu dibekukan.

2.2. Siklus Refrigerasi

Refrigeran sebagai fluida kerja mengalami perubahan fase yaitu dari cair berubah menjadi uap. Kemudian dari fase uap kembali menjadi cair, sehingga merupakan suatu siklus yang tertutup.

Berdasarkan proses yang dialami refrigeran siklus refrigerasi dapat dibedakan atas:

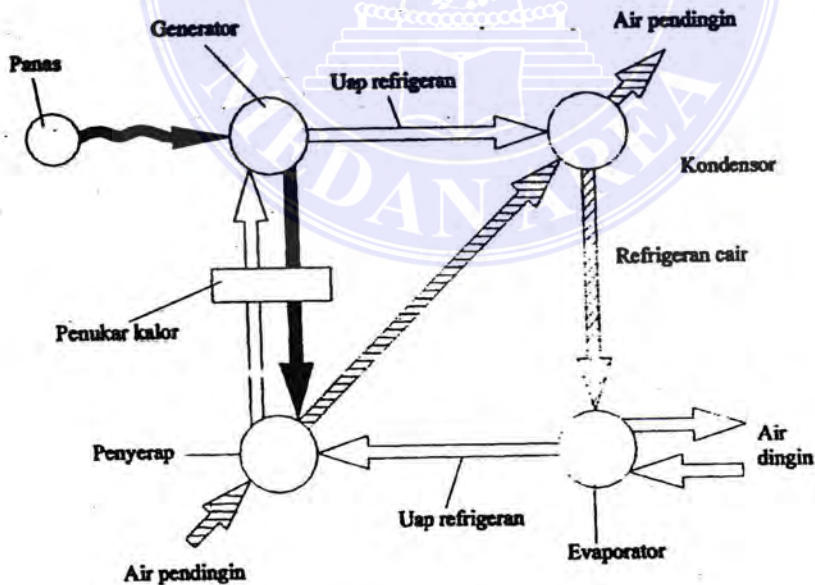
1. Siklus refrigerasi absorpsi (*Absorbtion Refrigeration Cycle*)
2. Siklus refrigerasi pancaran uap (*Steam Jet Refrigeration Cycle*)
3. Siklus refrigerasi udara (*Air Refrigeration Cycle*)
4. Siklus refrigerasi kompresi uap (*Vapor Compression Refrigeration Cycle*)

2.2.1. Siklus refrigerasi absorpsi (Absorbtion Refrigeration Cycle)

Siklus refrigerasi penyerapan dapat dilihat seperti gambar 2.1. Dalam siklus ini dipergunakan penyerapan untuk menyerap refrigeran yang diuapkan di dalam evaporator sehingga menjadi suatu larutan absorpsi. Pada sistem ini tidak digunakan dan sebagai gantinya digunakan absorber dan generator untuk memisahkan refrigeran dari larutan absorpsi tersebut dengan cara dipanaskan.

Dalam menjalankan fungsinya refrigeran mengalami proses:

- Pemanasan di generator
- Pemisahan di generator
- Pengembunan di generator
- Penyerapan di absorber

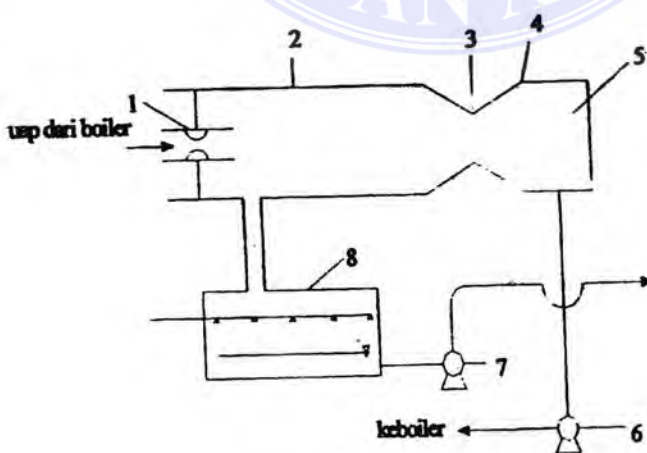


Gambar 2.1. Siklus Penyerapan

2.2.2. Siklus refrigerasi pancaran uap (Steam Jet Refrigeration Cycle)

Untuk pendinginan pada suhu diatas 320F sebagaimana pada AC air dapat digunakan sebagai refrigeran, dimana evaporator dari sistem penekanan uap telah diganti dengan flashchamber, air yang didinginkan dialirkan melalui pipa ke dalam ruang penguapan, disini sebagian menguap dengan cepat menjadi uap air, dan mendinginkan baik uap maupun cairan pada suhu jenuh yang sesuai dengan tekanan di dalam ruangan tersebut. Tekanan ini tetap dijaga pada tekanan jenuh yang bersangkutan dengan suhu air pendingin yang diinginkan. Air pendingin dapat langsung digunakan untuk mendinginkan cairan lain.

Uap dialirkan dari flashchamber oleh ejektor dan masuk ke dalam kondensator, air pengisi dimasukkan dalam flashchamber untuk menggantikan air yang telah dipergunakan, uap penggerak diekspansikan melalui nosel (pipa pancar) dan uap dari flashchamber ditampung dan dikompresikan dalam diffuser. Tekanan di dalam kondensator selalu lebih kecil dari tekanan atmosfer. Gambar 2.2 menunjukkan siklus dari sistem pancaran uap.



Gambar 2.2. Siklus pancaran uap



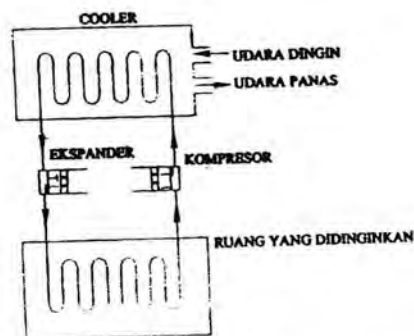
Keterangan gambar :

1. Nozel
2. Evaporator
3. Tenggorok
4. Pompa air kondesat
5. Pompa air pendingin
6. Flash Chamber

2.2.3. Siklus refrigerasi udara (Air Refrigeration Cycle)

Pada sistem ini refrigeran yang digunakan adalah udara, dimana selama menjalankan fungsinya refrigeran tetap berbentuk gas.

Sistem pendinginan ini berbeda dengan sistem pendinginan lainnya, yaitu selama proses pendinginan refrigeran berbentuk gas. Refrigeran udara menghasilkan COP yang rendah tetapi sistem ini cocok digunakan pada pesawat udara karena ringan. Proses yang dialami refrigeran adalah kompresi, pendingin (cooling) dan ekspansi (penurunan tekanan). Gambar 2.3 menunjukkan siklus dari refrigerasi udara.

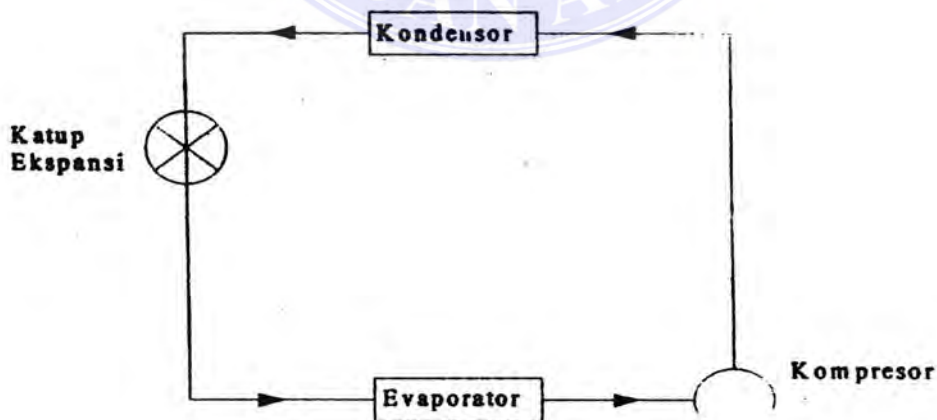


Gambar 2.3. Siklus Refrigerasi Udara

2.2.4. Siklus refrigerasi kompresi uap (Vapor Compression Refrigeration Cycle)

Pada sistem ini kompresor mengkompresikan refrigeran dalam fase uap sehingga tekanan dan temperaturnya naik, dan kemudian diembunkan menjadi cairan di dalam kondensor. Lalu tekanannya diturunkan menjadi katup ekspansi agar cairan tersebut dapat menguap kembali, selanjutnya refrigeran tersebut mengalami evaporasi (penguapan) sambil menyerap panas dari media pendingin di evaporator, siklus dari aliran refrigeran tersebut dapat dilihat pada gambar 2.4. Pada siklus kompresi uap dalam menjalankan fungsinya refrigeran mengalami proses :

- Evaporasi (penguapan) di evaporator
- Kompresi (pemampatan) di kompresor
- Kondesasi (pengembunan) di kondensor
- Ekspansi (penurunan tekanan) di katup ekspansi



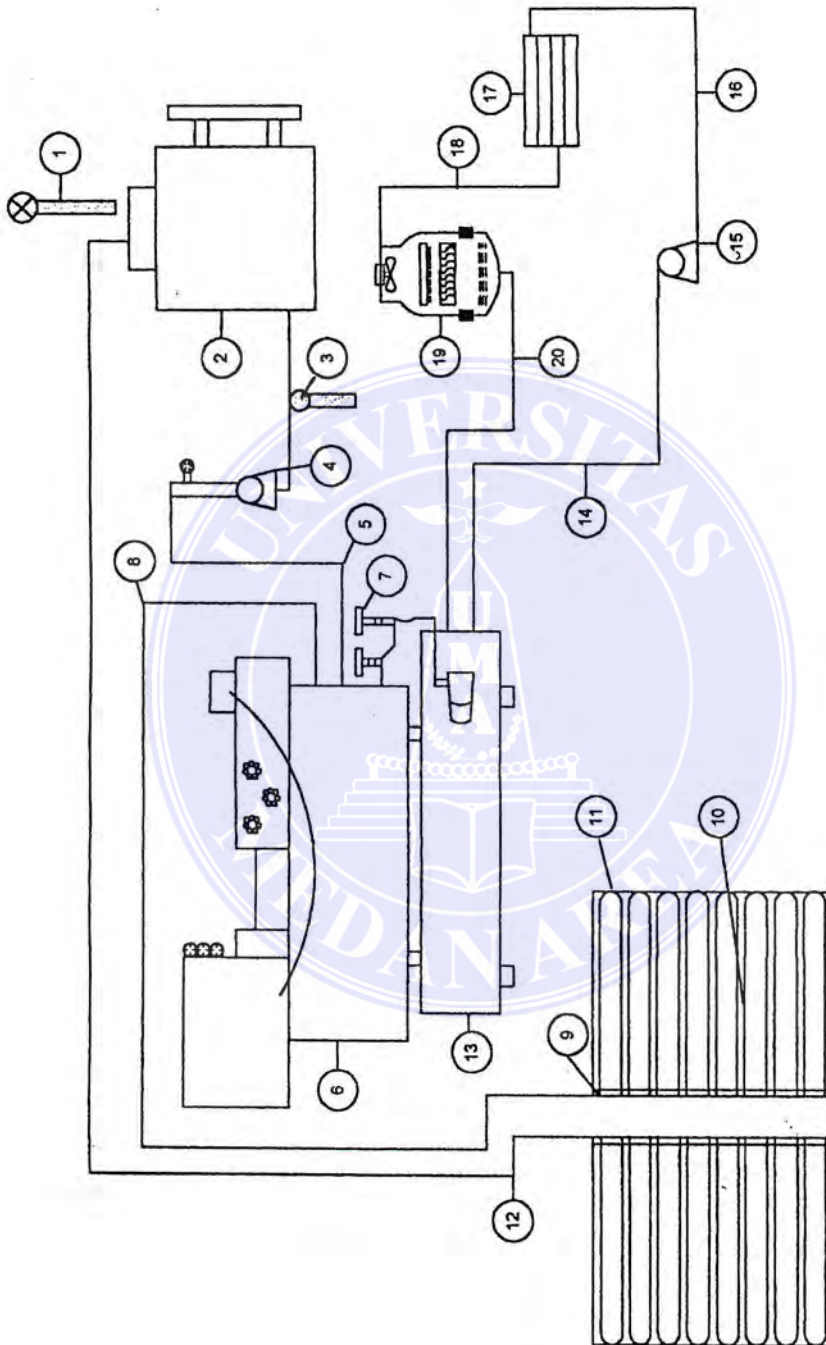
Gambar 2.4. Siklus kompresi Uap

Dari keempat siklus tersebut dipilih siklus kompresi uap sebagai siklus yang digunakan pada perencanaan ini. Adapun alasannya :

1. Perawatannya mudah.
2. Konstruksinya sederhana.
3. Kapasitas pendingin ukuran kecil sampai besar.
4. Daya yang dibutuhkan lebih kecil.
5. Tidak terjadi uap sebagai hasil sampingan yang dapat digunakan jika menggunakan siklus uap atau siklus absorpsi.
6. tidak membutuhkan tempat yang luas.



2.2.5. Mekanisme Sistem Refrigerasi pada Ice Skating.



Gambar Skema Pada Sistem Mesin Pendingin

- | | |
|--------------------|-------------------------|
| 1. Pipa Air masuk | 11. Lokasi Ice Skeating |
| 2. Tabung cly cool | 12. Pipa Out |
| 3. Palep | 13. Kondensor |
| 4. Motor | 14. Pipa Out |
| 5. Pipa In | 15. Motor |
| 6. Evaporator | 16. Pipa In |
| 7. Katup Expansi | 17. Head Changer |
| 8. Pipa Out | 18. Pipa Out |
| 9. Pipa Header | 19. Cooling Tower |
| 10. Selang Kapiler | 20. Pipa In |

1. Pipa Air masuk
Untuk memasukkan air kedalam tabung cly cool
2. Tabung Cly cool
Sebagai tempat pencampuran air dan Cly cool
3. Valep
Katup yang terbuka/tertutup secara manual
4. Motor
Berfungsi untuk menyuplai air cly cool ke cooler Evaporator
5. Pipa In
Masuknya Air cly cool kedalam cooler Evaporator
6. Evaporator
Terjadinya perubahan fasa cair menjadi uap

7. Katup Expansi

Menurunkan tekanan supaya mudah menyerap air cly cool

8. Pipa Out

Keluarnya air cly cool yang telah diproses oleh Evaporator yang kemudian masuk kedalam pipa Header.

9. Pipa Header

Fungsinya untuk membagi cly cool supaya cly cool tersebut bersikulasi dengan lancar.

10. Selang Kapiler

Fungsinya untuk pembekuan diareal lokasi

11. Lokasi Ice Skeating

Tempat yang digunakan untuk bermain

12. Pipa Out

Keluarnya air cly cool dari selang kapiler dan pipa header yang kemudian masuk kedalam tabung cly cool.

13. Kondensor

Terjadinya perubahan dari fasa uap menjadi cair

14. Pipa Out

Air kondensor disalurkan ke dalam motor

15. Motor

Menaikkan air kedalam dan disalurkan ke head changer

16. Pipa In

Masuknya air kedalam head changer

17. Head Changer

Untuk menyerap panas dari kondensor yang kemudian disalurkan ke cooling tower.

18. Pipa Out

Keluarnya air dari Head Changer lalu didinginkan ke cooling tower

19. Cooling Tower

Alat yang berfungsi sebagai pendingin air panas

20. Pipa In

Hasil pendinginan cooling tower dihisap kedalam kondensor dibagi ke dalam kapiler-kapiler.

2.3. Refrigeran

2.3.1. Pengertian

Refrigeran adalah media dari perpindahan panas yang menyerap panas dengan penguapan (evaporator) pada temperatur rendah dan memberikan panas dengan pengembunan (kondensor) pada temperatur dan tekanan yang tinggi. Pemilihan refrigeran pada menjadi faktor penting, karena hal ini akan mempengaruhi efisiensi dari pesawat pendingin tersebut.

2.3.2. Persyaratan refrigeran

Unit-unit refrigerasi banyak digunakan pada skala kecil hingga skala yang besar. Untuk unit ice skating dipilih jenis refrigeran yang sesuai dengan jenis kompresor yang dipakai dan karakteristik termodinamikanya, yang antara lain meliputi temperatur dan tekanan pengembunan.

Persyaratan refrigeran untuk unit refrigerasi adalah sebagai berikut :

1. Tekanan penguapan cukup tinggi
2. Tekanan pengembunan tidak terlalu tinggi
3. Kalor laten penguapan cukup tinggi
4. Volume spesifik (terutama dalam fase gas) yang cukup kecil
5. Koefisien prestasinya cukup tinggi
6. Konduktivitas yang cukup tinggi
7. Viskositas yang rendah dalam fase cair maupun gas
8. Refrigeran stabil dan tidak beraksi dengan material yang dipakai
9. Refrigeran tidak mudah terbakar dan meledak
10. Refrigeran tidak beracun dan berbau merangsang
11. Refrigeran mudah dideteksi jika terjadi kebocoran
12. Harganya tidak mahal dan mudah diperoleh

2.3.3. Jenis dan karakteristik refrigeran

Sebaiknya refrigeran menguap pada tekanan sedikit lebih tinggi dari tekanan atmosfer. Dengan demikian dapat dicegah terjadinya kebocoran udara luar masuk sistem refrigerasi karena kemungkinan adanya vakum pada seksi masuk kompresor (bagian tekanan rendah). Selain itu, dapat dicegah turunnya efisiensi volumetrik karena naiknya perbandingan kompresi, yang dapat disebabkan karena berkurangnya tekanan dibagian tekanan rendah. Oleh sebab itu mengapa titik didih refrigeran merupakan salah satu faktor yang sangat penting. Boleh dikatakan, bahwa refrigeran yang memiliki titik didih yang rendah biasanya dipakai untuk keperluan operasi pendinginan temperatur rendah (refrigerasi).

Sedangkan refrigeran yang memiliki titik didih yang tinggi digunakan untuk keperluan pendinginan temperatur tinggi (pengkondisian udara). Jadi, titik didih refrigeran merupakan indikator yang menyatakan apakah refrigeran dapat menguap pada temperatur rendah yang diinginkan, tetapi pada tekanan tidak terlalu rendah.

Kegunaan refrigeran dalam perdagangan telah diklasifikasikan dan telah direncanakan oleh ASRE (American Society of Refrigerating Engineers). Standard dari ASRE membagi refrigeran menjadi dalam beberapa kelompok yang penting yaitu :

- a. Halokarbon compounds
 - b. Azeotropes
 - c. Hydrocarbon
 - d. Inorganic compound
 - e. Unsaturated organic compound
- a). Kelompok halokarbon

Kelompok ini terdiri dari refrigeran yang berisi satu atau lebih dari 3 halogens yaitu : chlorine, fluorine, dan bromine. Refrigeran ini dijual dengan nama perdagangan sebagai Freon.

Contohnya :

- | | |
|---|---------------------|
| 1. Freon 11 (CCl_3F = Trichloro Monofluoro Ethane) | = R ₁₁ |
| 2. Freon 12 (CCl_2F_2 = Dichloro Difluoro Methane) | = R ₁₂ |
| 3. Freon 22 (CHClF_2 = Monochloro Difluoro Methane) | = R ₂₂ |
| 4. Freon 152a (CH_3CHF_2 = Difluoro Ethane) | = R _{152a} |

b). Kelompok azeotropes

Adalah campuran azeotropis dari dua salt menggunakan salah satu campuran yang tidak dapat dipisahkan didalam komponen-komponennya dengan cara destilasi. Refrigeran dalam perdagangan yaitu Ref 500, dimana merupakan campuran dari R 12 dan R 152 a dalam perbandingan 73,8 % dan 26,2% dari beratnya.

c). Kelompok hydrocarbon

beberapa hidrokarbon cocok sengai refrigeran terutama untuk melayani dalam industri petroleum dan petrokimia.

Contohnya :

- Methane (CH_4)
- Ethane (CH_3CH_3)
- Propane ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$)

d). Kelompok inorganic compound

Contohnya seperti :

- Amoniak (NH_3)
- Water (H_2O)
- Carbon dioksida (CO_2)
- Sulfur dioksida (SO_2)

e). Kelompok unsaturated organic compound

Refrigeran yang sering dipakai pada kelompok ini yaitu :

- Ref 1150 ethylene
- Ref 1270 propylene

Tabel 2.1. Efek refrigerasi dari daya 1 kW dari beberapa refrigeran

Macam gas refrigeran	Amonia	R - 11	R - 12	R - 22
Tekanan pengembuan, Ps (kg/cm abs)	11,895	1,30	7,58	12,26
Tekanan penguapan, Pd (kg/cm abs)	2,410	0,21	1,86	6,0
Perbandinagn kompresi, r	4,93	6,19	4,08	4,05
Efek refrigerasi, Qe (kcal/kg)	269,0	37,51	29,57	40,2
Kerja yang diperlukan, Al (kcal/kg)	55,3	7,41	5,97	9,5
Kalor pengembunan, Qk (kcal/kg)	324,1	44,92	33,54	49,7
Koefesiensi prestasi, KP	4,88	5,06	4,95	4,23
Efek refrigerasi daya 1 KW, K (kcal/kW)	4,200	4,530	4,260	3,64

Dari beberapa jenis refrigeran yang ada tersebut dipilih refrigeran dari kelompok halocarbon yati freon. Freon dipilih karena cukup memadai untuk pendinginan yang dibutuhkan selain itu freon cukup aman dan tidak berbahaya bagi manusia. Freon yang dipilih jenis freon R22 karena jumlah atom klorinnya lebih kecil dibandingkan refrigeran lainnya.

Kemampuan menerima atau melepas kalor dari kondensor dipengaruhi oleh beberapa hal seperti luasnya pindahan panas, susunan tabung, jumlah tabung dan kondisi lingkungan di kondensor.

Adapun persamaan yang digunakan untuk menentukan panjang pipa menurut [3] yaitu :

$$q = U.A.LMTD.N \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

$$A = \pi.do.L$$

Maka di dapat :

$$L = \frac{q}{U_o \cdot \pi \cdot d_o \cdot LMTD \cdot N} \dots\dots\dots(2.2)$$

- Dimana : L = Panjang pipa
- q = Beban panas kondensasi di kondensor
- N = Jumlah pipa
- Uo = Perpindahan panas menyeluruh
- Do = Diameter luar pipa
- LMTD = Beda temperatur rata-rat logaritma

Karena harga-harga tersebut diatas belum semua diketahui, maka harga tersebut harus dicari terlebih dahulu. Distribusi temperatur pada kondensor menunjukkan bahwa selisih temperatur refrigeran dan air tidak sama sepanjang tabung kondensor, maka beda temperatur rata-rata logaritma dapat dihitung berdasarkan [2] dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$LMTD = \frac{(tc - ti) - (tc - to)}{\ln \frac{tc - ti}{tc - to}}$$

- Dimana : tc = Temperatur kondensasi
- ti = Temperatur air pendingin masuk
- to = Temperatur air pendingin keluar

Untuk menghitung koefisien perpindahan panas pada bagian dalam pipa (hi), maka terlebih dahulu diketahui diameter tabung, sifat-sifat fluida kerja, dimana (hi) dapat dihitung melalui persamaan berikut yang diperoleh dari [3] yaitu :

$$hi = \frac{Nu \cdot k}{di} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana : h_i = Koefisien perpindahan panas di dalam

k = Konduktifitas thermal fluida (W/m_oC)

d_i = Diameter dalam

Nu = Bilangan Nusselt

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana : Re = Bilangan Reynold

$$Re = \frac{v \cdot d_i \cdot \rho}{\mu} \dots\dots\dots(2.6)$$

Nilai koefisien perpindahan kalor diluar pipa (h_o) di cari dengan menghitung koefisien kondensasi karena pada dinding dalam tabung terjadi pengembunan. Merujuk pada [3] massa aliran kondensasi diasumsikan turbulen, maka h_o dapat dihitung melalui persamaan berikut berdasarkan [3] yaitu :

$$Ho = 0,725 \left(\frac{(\rho_f^2) \cdot g \cdot hfg \cdot kf^3}{\mu_f \cdot d \cdot (to - ti)} \right)^{1/4} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana : ρ_f = Densitas fluida, kg/m³

hfg = Entalpi campuran pada suhu kondensasi, kJ/kg

kf = Konduktifitas thermal, W/m^oC

μ_f = Viskositas, W/m^oC

d = Diameter dalam tabung, m

to = Temperatur air keluar, °C

ti = Temperatur air masuk, °C

Untuk menghitung koefisien pindahan panas menyeluruh (U_o) terlebih dahulu diketahui proses perpindahan kalor antara dua jenis fluida kerja yang melalui tabung kondensator.

Untuk menghitung kapasitas refrigeran maka digunakan persamaan berikut ini berdasarkan [3] yaitu :

$$Q_{ref} = m \cdot c \cdot \Delta T \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana : Q_{ref} = Kapasitas refrigeran

m = massa air, kg/det

c_p = Kalor spesifik, kJ/kg^oC

ΔT = $t_o - t_i$

Setelah kapasitas refrigeran diketahui maka dihitung massa refrigeran yang masuk kondensator dengan menggunakan persamaan berikut berdasarkan [3] yaitu :

$$Q_{ref} = m_{ref} \cdot C_p \cdot \Delta T$$

$$m_{ref} = \frac{Q_{ref}}{C_p \cdot \Delta T} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana : m_{ref} = massa refrigeran, kg/det

Q_{ref} = Kapasitas refrigeran, kJ/det

C_p = Kalor spesifik, kJ/kg^oC

ΔT = $t_o - t_i$

Koefisien pindahan panas menyeluruh (U_o) merupakan tahanan thermal total pada proses pindahan kalor. Nilai U dicari dengan cara menghitung tahanan-

tahanan antara fluida yang dibatasi oleh dinding pemisah. Besar nilai U_o diperoleh lewat persamaan dibawah ini berdasarkan [3] yaitu :

$$\begin{aligned}
 U_o &= \frac{1}{\frac{\pi \cdot d_o \cdot 1}{\pi \cdot d_i \cdot 1} \times \frac{1}{h_i} + \frac{\pi \cdot d_o \cdot 1 \ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)}{2 \cdot \pi \cdot 1 \cdot k} + \frac{1}{h_o}} \\
 &= \frac{1}{\frac{d_o}{d_i} \times \frac{1}{h_i} + \frac{d_o \cdot \ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)}{2 \cdot k} + \frac{1}{h_o}} \dots\dots\dots(2.10)
 \end{aligned}$$

Koefesien perpindahan kalor menyeluruh (U_o) boleh didasarkan atas luas permukaan luar atau dalam pipa [3], menurut selera perancang.

Perhitungan penurunan tekanan pada kondensor ini dapat dihitung berdasarkan penurunan tekanan yang terjadi pada bagian dalam dan aliran baik fluida.

Penurunan tekanan dalam tabung diperoleh melalui persamaan berikut berdasarkan [6] yaitu :

$$\Delta P_t = \frac{\Delta P_i}{100 ft} \cdot Z \cdot L \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

- ΔP_t = Penurunan tekanan dalam tabung (Psi)
- ΔP_i = Penurunan tekanan per 100 ft panjang tabung yang diperoleh dari grafik pada lamp. 10
- Z = Jumlah pass
- L = Panjang pipa

Besar penurunan tekanan akibat balikan fluida dari persamaan berikut ini berdasarkan [6] yaitu :

$$\Delta P_s = \Delta P_r \cdot Z \dots\dots\dots(2.12)$$

Dimana :

ΔP_r = Penurunan tekanan akibat balikan fluida, Psi

ΔP_r = Penurunan tekanan per pass, Psi. Penurunan tekanan ini dapat dicari
Dengan bantuan grafik pada lamp.11

Z = Jumlah pass

Maka dapat dihitung total penurunan tekanan yang terjadi didalam kondensator menurut persamaan dibawah ini adalah :

$$\Delta P_{tot} = \Delta P_t + \Delta P_s \dots\dots\dots(2.13)$$

1. Pembagian menurut cara injeksi refrigeran kedalam evaporator.

- Evaporator ekspansi kering (DX – Evaporator)

Dalam ekspansi kering, cairan refrigeran yang diekspansikan melalui katup ekspansi pada taku masuk kedalam evaporator dalam keadaan kering. Oleh dengan sebagian besar dari evaporator terisi oleh uap refrigeran, maka pemindahan kalor yang terjadi tidak terlalu besar, jika dibandingkan dengan keadaan di mana evaporator terisi oleh cairan refrigeran cair. Akan tetapi, evaporator jenis ekspansi kering tidak memerlukan refrigeran dalam jumlah yang besar. Disamping itu, jumlah minyak pelumas yang tinggal didalam evaporator sangat kecil.

- Evaporator banjir (pump- circulation)

Dalam evaporator jenis ini, sebagian besar dari evaporator terisi oleh cairan refrigeran. Proses penguapannya terjadi seperti pada ketel uap. Gelembung refrigeran yang terjadi karena pemanasan akan naik, pecah pada permukaan cairan atau terlepas dari permukaannya. Sebagian refrigeran kemudian masuk ke dalam akumulator yang memisahkan uap,

dari cairan. Maka refrigeran yang ada dalam bentuk uap sajalah yang masuk kedalam kompresor. Bagian refrigeran cair dipisahkan didalam akumulator akan masuk kembali kedalam evaporator, bersama-sama dengan refrigeran (cair) yang berasal dari kondensor.

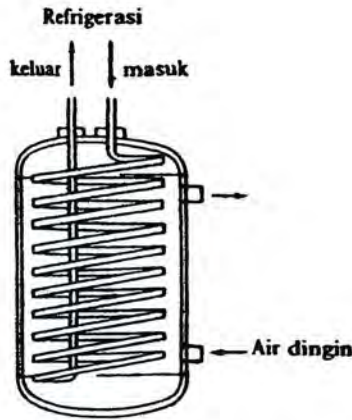
Jadi tabung evaporator terisi oleh cairan refrigeran. Cairan refrigeran menyerap kalor dari fluids yang hendak didinginkan (air larutan garam, dan sebagainya) yang mengalir didalam pipa. Uap refrigeran yang terjadi dikumpulkan di bagian atas dari evaporator sebelum masuk ke kompresor. Tinggi permukaan cairan refrigeran yang ada didalam evaporator diatur oleh katup, pelampung. Jumlah refrigeran yang masuk kedalam tabung evaporator disesuaikan dengan beban pendinginan yang harus dilayani.

2. Pembagian Menurut Bentuk Kontruksi Evaporator

- Evaporator tabung dan koil

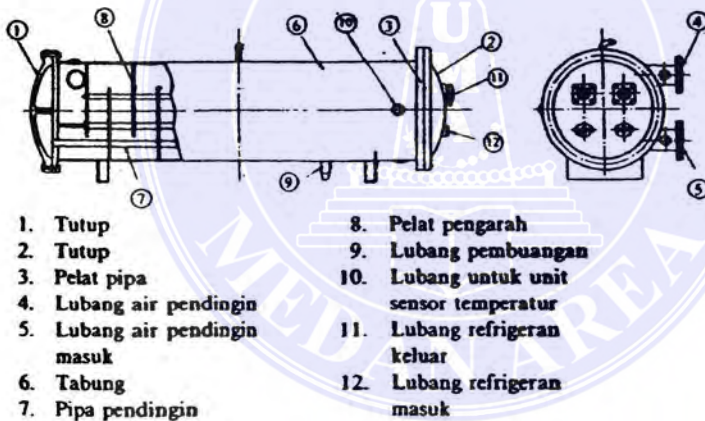
Seperti terlihat pada Gambar 2.7, pada evaporator tabung dan koil terdapat koil pipa tunggal atau pipa ganda didalam sebuah slinder. Refrigeran mengalir didalam koil pipa untuk mendinginkan air atau larutan garam yang ada dibagian luar koil.

Evaporator tabung dan koil dapat dibuat dengan mudah, sebab tidak memerlukan pelat pipa untuk memasang ujung dan pangkal pipa. Seperti yang terdapat pada kondensor tabung pipa.

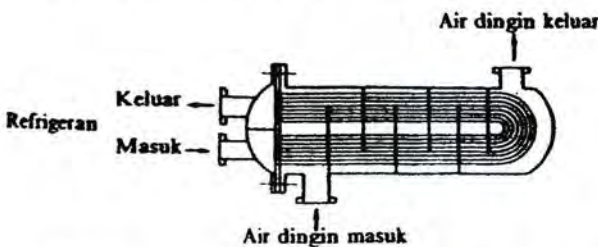


Gambar 2.7. Evaporator tabung dan koil

- Evaporator tabung dan pipa jenis ekspansi kering menggunakan banyak pipa yang dipasang didalam tabung. Refrigerasi mengalir kedalam pipa, sedang dan cairan yang hendak mengalir melalui bagian luar pipa refrigerasi yaitu didalam tabung, seperti terlihat pada Gambar 2.8 dan Gambar 2.9



Gambar 2.8. Evaporator tabung dan pipa jenis kering (menggunakan pipa bersirip pada bagian dalam)



Gambar 2.9. Evaporator tabung dan pipa (menggunakan pipa U)

Didalam selinder, dipasang pelat sekat yang berfungsi menunjang pipa, refrigeran dan mengkan aliran cairan yang hendak didinginkan, sehingga dapat mengalir tegak lurus pada pipa dengan kecepatan yang lebih tinggi. Dengan demikian, laju perpindahan kalornya makin baik karena kontak cairan yang hendak didinginkan dan pipa refrigeran dapat dibuat lebih baik.

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

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

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

Kelemahan dari evaporator tabung dan pipa jenis ekspansi kering dibandingkan dengan evaporator jenis basah adalah karena kecepatan aliran air pendingin yang lebih rendah. Disamping itu, laju perpindahan kalornya lebih rendah karena refrigeran yang mengalir pada pipa ada dalam fase uap. Kelemahan tersebut dapat

diatasi dengan cara memasang sirip pada bagian dalam dari pipa refrigeran.

Tabel 2.2.

Koefisien perpindahan kalor

Kecepatan Aliran Air (m/det)	Koefisien Perpindahan Kalor (Kcal/m ² jam°C)	
	R12	R22
0,4	420	465
0,6	490	530
0,8	540	590
1,0	480	630

- Koil dengan pendingin udara.

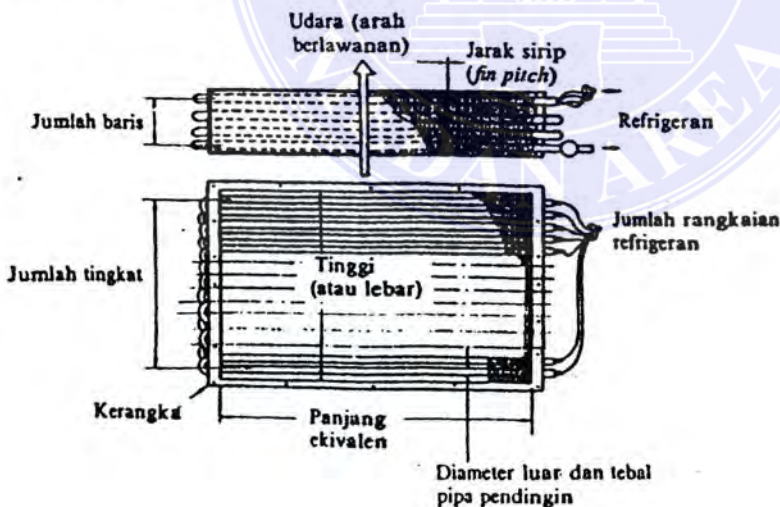
Koil dengan pendingin udara seperti yang dipakai untuk mendinginkan udara pada penyegaran udara, terdiri dari koil pipa bersirip pada bagian luarnya. Ada dua macam koil dengan pendingin udara, yaitu jenis ekspansi langsung dan ekspansi tak langsung.

Pada jenis ekspansi langsung, refrigeran diuapkan secara langsung didalam pipa evaporator, sedangkan pada jenis ekspansi tak langsung udara didinginkan oleh refrigeran sekunder seperti air atau larutan garam yang mengalir melalui pipa tersebut. Sirip-sirip yang dipasang pada bagian luar pipa digunakan untuk memperbesar luas bidang perpindahan kalor yang berhubungan dengan udara, karena konduktivitas termalnya kecil.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan pada eveporator jenis ekspansi langsung dengan pendingin udara adalah:

1. Kecepatan aliran udara pendingin melalui koil pendingin adalah 2.0 sampai 3,0 m/detik, atau rata-rata 2.5 m/det.

2. Untuk memperoleh efisiensi yang maksimal, aliran refrigeran hendaknya berlawanan dengan aliran udara pendingin.
3. Dengan naiknya temperatur penguapan dari refrigeran, biaya operasi kompresor makin murah, tetapi koil memerlukan luas bidang perpindahan kalor yang lebih besar. Oleh karena itu, haruslah dicari kompromi antara kedua faktor di atas.
4. Apabila udara mengalir melalui koil dengan kecepatan tinggi, misalnya lebih tinggi dari 2,5 m/detik, sebaiknya digunakan eliminator untuk mencegah tembusnya air yang mengembun pada permukaan pipa. Jika tidak dapat dipergunakan eliminator, sebaiknya kecepatan udara pendingin tidak lebih besar dari pada 2,0 m/detik.
5. Sebaiknya digunakan koil pendingin yang panjang dan lebar, dari pada yang pendek dan sempit, untuk mengurangi biaya instalasi.

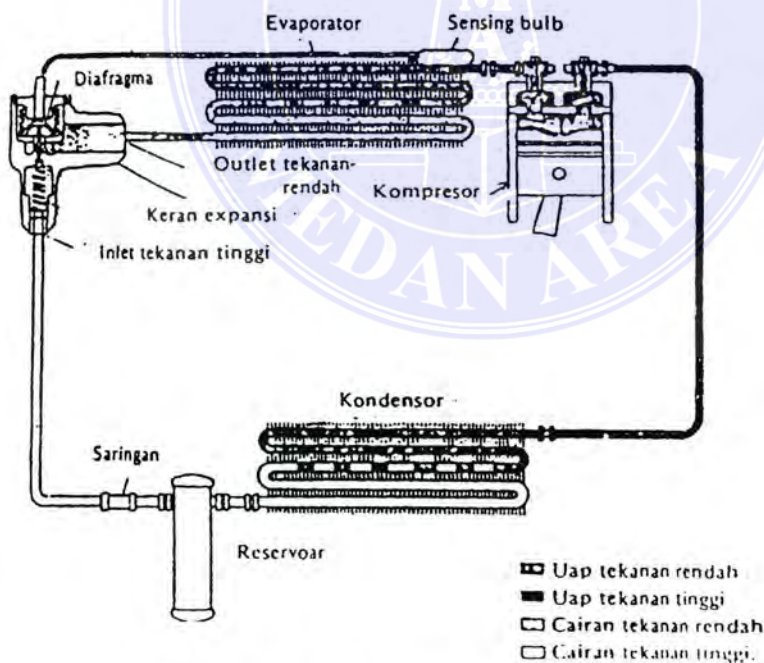


Gambar.2.10. Evaporator koil bersirip pelat jenis ekspansi langsung.

2.1.2. Sistem Kerja Mesin Pendingin

Sistem kerja mesin pendingin dalam hal ini adalah Air conditioning (AC) adalah dengan cara penguapan, dimana untuk mendapatkan penguapan diperlukan gas (udara) yang mencapai temperatur tertentu (panas). Setelah udara tersebut panas diubah agar kehilangan panas, sehingga terjadi penguapan. Di saat adanya penguapan, maka timbulah suhu di dalam temperatur rendah (dingin).

Untuk memahami cara kerja sistem mesin pendingin kita dapat perhatikan Gambar 2.9. Jika kumpulan panggalak berputar maka akan memutar kompresornya. Dengan berputarnya kompresor maka refrigeran (yang dalam wujud gas) akan naik suhu tekanannya. Hal ini disebabkan molekul-molekul dari refrigeran bergerak lebih cepat dan saling bertabrakan akibat adanya kompresi.



Gambar.2.11. Sistem pendingin sederhana

Di sini berlaku hukum *Boyle*, pada saat terjadinya kompresi (volume gas diperkecil). Gas dimampatkan, maka tekanan gas akan naik. Volume gas berbanding terbalik terhadap tekanannya (pada temperatur konstan).

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = \text{konstan (T konstan)} \dots\dots\dots (2.4)$$

Pada saat temperatur gas naik, berlaku hukum Charles

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2} \text{ pada V konstan} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

P = Tekanan

V = Volume

T = Suhu

Dapat disimpulkan bahwa dengan kompresor, suhu dan tekanan gas refrigeran akan naik. Temperatur dari gas refrigeran akan merambat pada pipa-pipa kondensor dan cooling medium. Pada bagian kondensor ini diusahakan adanya media pendingin yang baik, sebab dengan adanya pendinginan yang baik pada bagian kondensor ini akan membantu memperlancar terjadinya proses kondensi (nap panas dari refrigeran berubah menjadi cairan, mengembun).

Penempatan kondensor harus pada tempat yang cukup luas, agar aliran udara tidak terhalang. Untuk lebih memperlancar pendinginan (sirkulasi udara) diasang kipas angin ada kondensornya, pada kondensor dengan pendingin air (water cooled), kondensor direndam air (pada sebuah tabung), airnya disirkulasikan dengan pompa. Temperatur dan tekanan gas refrigeran akan naik

terus sampai keseimbangan dicapai. Setelah terjadi proses kondensi (pengembunan) gas refrigeran sebagian cairan disimpan pada receiver, sebagian cairan refrigeran mengalir menelusuri high pressure liquid line menuju refrigeran kontrol setelah melewati driver strainer (saringan).

Di dalam saringan terjadi proses penyerapan kotoran, air, asam, serbuk-serbuk yang dapat menyebabkan terjadinya penyumbatan pada saluran pipa kapiler atau keran ekspansi, apabila pada pipa kapiler atau keran ekspansi buntu maka tidak akan terjadi proses pendinginan.

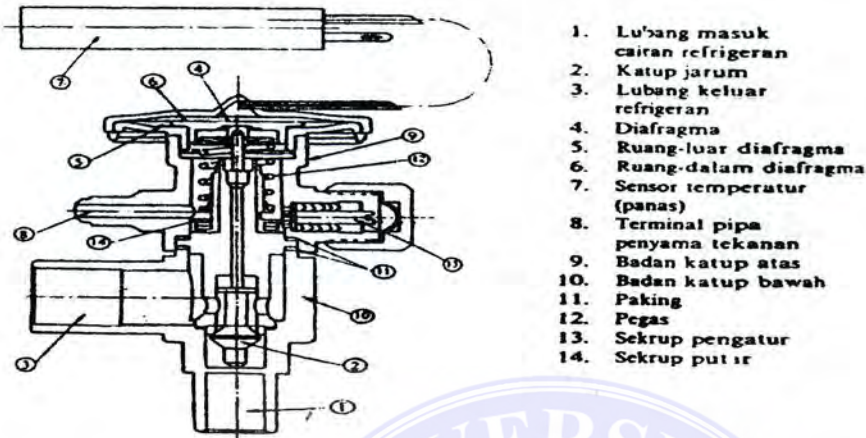
Setelah melewati pipa kapiler refrigeran menuju pipa kapiler, dimana pada pipa kapiler berguna untuk menurunkan tekanan dan mengatur jumlah cairan refrigeran yang mengalir. Adapun kegunaan lain dari pipa kapiler yaitu untuk mempermudah pada waktu start karena dengan mempergunakan pipa kapiler.

Pada waktu keluar dari pipa kapiler (sebelum masuk ke evaporator) suhu dan tekanannya menjadi lebih rendah dari semula. Untuk menurunkan suhu cairan refrigeran maka dipergunakan sistem heat exchanger (sistem penukaran panas). Caranya ialah sebagian pipa kapiler dan sebagian saluran hisap, didempetkan atau sebagian pipa kapiler dimasukan ke dalam pipa saluran hisap.

Selain mesin pipa kapiler sebagai refrigeran kontrol, banyak pula dijumpai mesin pendingin yang mempergunakan keran ekspansi, fungsinya sama yaitu menurunkan tekanan cairan refrigeran dan mengatur jumlah cairan refrigeran yang mengalir.

Ada tiga macam katup ekspansi :

1. Katup ekspansi otomatis termostatik



Gambar 2.12. Katup ekspansi otomatis thermostatik

Katup ekspansi otomatis termostatik berfungsi untuk mengatur pembukaan katup, pada katup ini refrigeran mengalir masuk melalui lubang masuk (1) dan keluar melalui lubang keluar (3), melalui katup jarum (2). Ruang luar dari diafragma (5) dihubungkan dengan lubang keluar dari evaporator melalui pipa penyama tekanan (8). Oleh karena diafragma (4) diisolasi dari lubang keluar (3) oleh paking internal (11), maka diafragma (4) menerima tekanan keluar dari evaporator.

Oleh karena tabung sensor termal ditempelkan dekat pada daerah keluar evaporator, tekanan dari uap refrigeran jenuh yang ada didalamnya akan menjadi tekanan jenuh yang sesuai dengan temperatur (temperatur penguapan + derajat super panas) dari evaporator.

Maka tekanan didalam ruangan dalam dari diafragma (6) yang dihubungkan dengan tabung sensor termal adalah sama dengan tekanan jenuh tersebut diatas.

Sehubungan dengan hal tersebut, pembukaan katup ekspansi tergantung dari perbedaan gaya (tekanan ruangan dalam dari diafragma (6) x luar efektif diafragma) dan (tekanan ruangan luar dari diafragma (5) x luas efektif diafragma). Oleh karena itu, perbedaan kedua gaya tersebut adalah sama dengan gaya pegas. Hal tersebut berarti jika perbedaan antara tekanan didalam tabung sendor termal dan tekanan didalam evaporator berubah, maka derajat super panas yang berkaitan dengan perbedaan tekanan tersebut akan berubah pula.

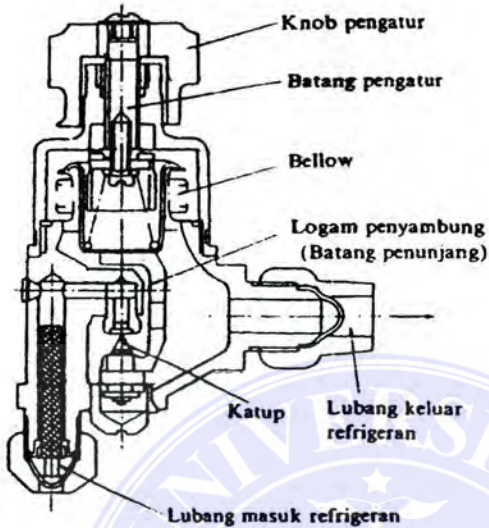
Derajat super panas yang diinginkan dapat diatur dengan memutar sekrup pengatur (13). Apabila sekrup pengatur diputar ke kanan (arah putaran jarum jam), maka pegas (12) akan tertekan dan derajat super panas akan bertambah besar. Jadi, putarlah sekrup pengatur ke kanan untuk mengurangi jumlah refrigerant masuk ke dalam evaporator. Apabila sekrup pengatur diputar ke kiri (berlawanan dengan arah jarum jam) maka pegas (12) akan mengendor, sehingga derajat super panas akan berkurang (jumlah aliran refrigeran masuk ke dalam evaporator akan bertambah besar). Dengan cara penyetelan di atas, derajat super panas harus dapat dipertahankan dalam batas tertentu.

2. Katup ekspansi manual

Katup ekspansi manual adalah katup ekspansi dengan trotel yang diatur secara manual, yaitu menggunakan katup jarum yang berbeda dari katup stop yang biasa.

Konstruksi katup ekspansi manual dapat dilihat pada Gambar 2.13. Pada katup tersebut, refrigeran masuk melalui lubang masuk (1) dan keluar melalui katup jarum (2). Fiting (4) dihubungkan dengan batang pengatur (6), sehingga

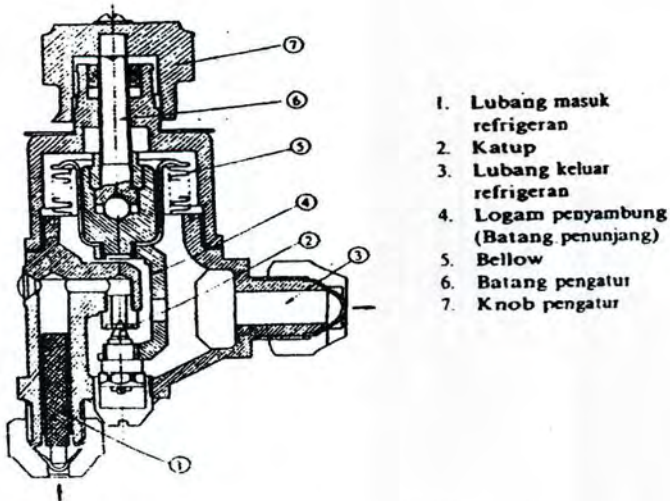
katup, jarum tersebut dapat dibuka dan ditutup dengan memutar knob pengatur (7), kebocoran refrigeran dapat dicegah dengan menggunakan bellow (5).



Gambar 2.13. Katup ekspansi manual

3. Katup ekspansi konstan

Katup ekspansi tekanan konstan adalah katup ekspansi, dimana katup digerakkan oleh tekanan didalam evaporator, untuk mempertahankan supaya tekanan didalam evaporator konstan. Pada jenis katup ini, below dan katup jarum dihubungkan oleh batang penunjang seperti terlihat pada Gambar 2.14. Bagian bawah dari below berhubungan dengan lubang keluar sehingga menerima tekanan evaporator. Sebuah pegas dipasang pada bagian atas dari below. Gaya pegas dapat diatur dengan memutar knob pengatur. Pipa cairan refrigeran dihubungkan dengan katup ekspansi pada bagian lubang masuk dari katup ekspansi.



1. Lubang masuk refrigeran
2. Katup
3. Lubang keluar refrigeran
4. Logam penyambung (Batang penunjang)
5. Bellow
6. Batang pengatur
7. Knob pengatur

Gambar 2.14. Katup ekspansi tekanan konstan

Cara kerja katup ekspansi tekanan konstan adalah sebagai berikut :

- Pada waktu mesin refrigeran distart, katup dalam keadaan tertutup karena tekanan didalam evaporator lebih besar dari pada tekanan pegas yang ditetapkan.
- Setelah mesin refrigeran bekerja, uap refrigeran yang ada didalam evaporator terisap masuk ke dalam kompresor, sehingga tekanan didalam evaporator lambat laun berkurang. Katup masih tertutup sampai tekanan evaporator mencapai tekanan sama dengan tekanan pegas.
- Selanjutnya, apabila tekanan evaporator lebih rendah dari pada tekanan gas, tekanan pada bagian bawah menjadi lebih rendah daripada tekanan pegas, sehingga pegas akan menekan ke bawah dan katup jarum akan membuka lubang salurannya.

BAB III

PEMILIHAN KONDENSOR

3.1. Pengertian

Kondensor adalah suatu alat penukar kalor yang berfungsi untuk mencairkan refrigeran dalam keadaan uap bertekanan dan bertemperatur tinggi yang keluar dari kompresor sekaligus melepaskan dan membuang panas atau kalor ke media pendingin (air atau udara).

3.2. Prinsip Kerja Kondensor

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

Selama refrigeran mengalami perubahan dari fase uap ke fase cair, dimana terdapat campuran refrigeran dalam fase uap dan cair, tekanan (tekanan pengembunan) dan temperaturnya (temperatur pengembunan) konstan.

3.3. Klasifikasi Kondensor

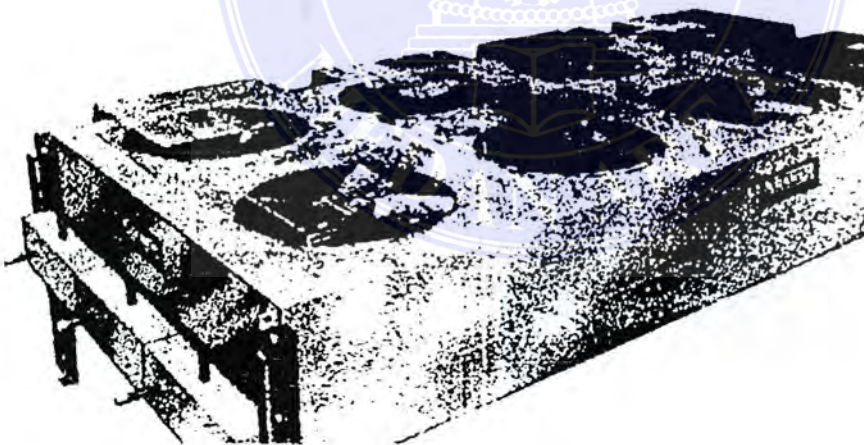
Ditinjau dari segi kerjanya kondensor dapat dibagi atas :

1. Kondensor pendingin udara
2. Kondensor pendingin air
3. Kondensor evaporatif

3.3.1. Kondensor pendingin udara

Media pendingin pada kondensor ini adalah udara. Kondensor pendingin udara terdiri dari koil pipa pendingin bersirip pelat (pipa tembaga dengan sirip alumunium atau pipa tembaga dengan sirip tembaga). Udara mengalir dengan tegak lurus pada bidang pendingin.

Gas refrigeran yang bertemperatur tinggi masuk ke bagian atas dari koil dan secara berangsur-angsur mencair dalam alirannya ke bagian bawah koil. Udara pendingin mengalir melalui bidang pendingin dengan kecepatan kira-kira 2,5 m/det. Luas bidang pendinginan yang diperlukan per ton refrigerasi adalah kira-kira adalah 12 sampai 15 m². Temperatur pengembunan refrigeran kira-kira adalah 15°C sampai 20°C lebih tinggi dari temperatur atmosfer.



Gambar 3.1 Kondensor berpendingin udara

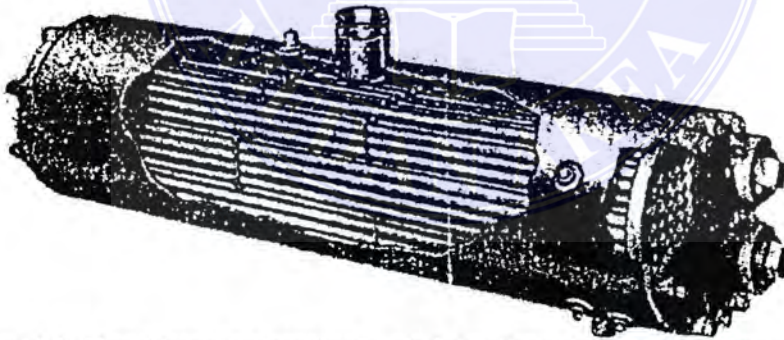
3.3.2. Kondensor pendingin air

Medium pendingin pada kondensor ini adalah air. Jenis ini dapat dibedakan atas :

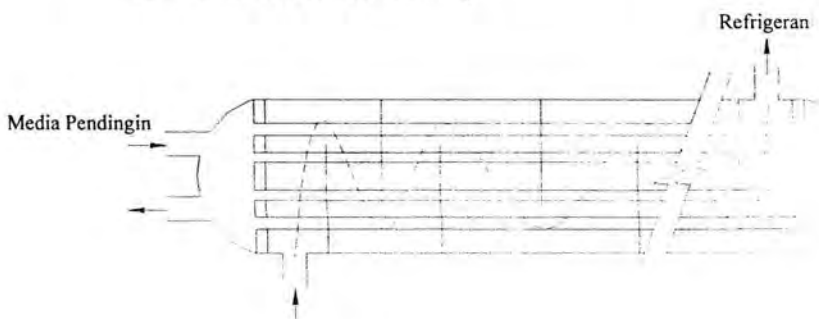
a. Kondensor tabung dan pipa (shell and tube)

Kondensor tabung dan pipa banyak dipergunakan pada unit kondensor berukuran kecil sampai besar, unit pendingin air dan penyejuk udara paket baik untuk amonia maupun untuk freon.

Di dalam kondensor tabung dan pipa terdapat banyak pipa pendingin, dimana air pendingin mengalir di dalam pipa-pipa tersebut. Ujung dan pangkal pipa pendingin terikat pada pelat pipa, sedangkan diantara pelat pipa dan tutup tabung dipasang sekat-sekat, untuk membagi aliran air yang melewati pipa-pipa tersebut tetapi juga untuk mengatur agar kecepatannya cukup tinggi (1,5 sampai 2 m/det).



Gambar 3.2 Kondensor berpendingin air berbentuk tabung dan pipa (shell and tube water cooled condenser)

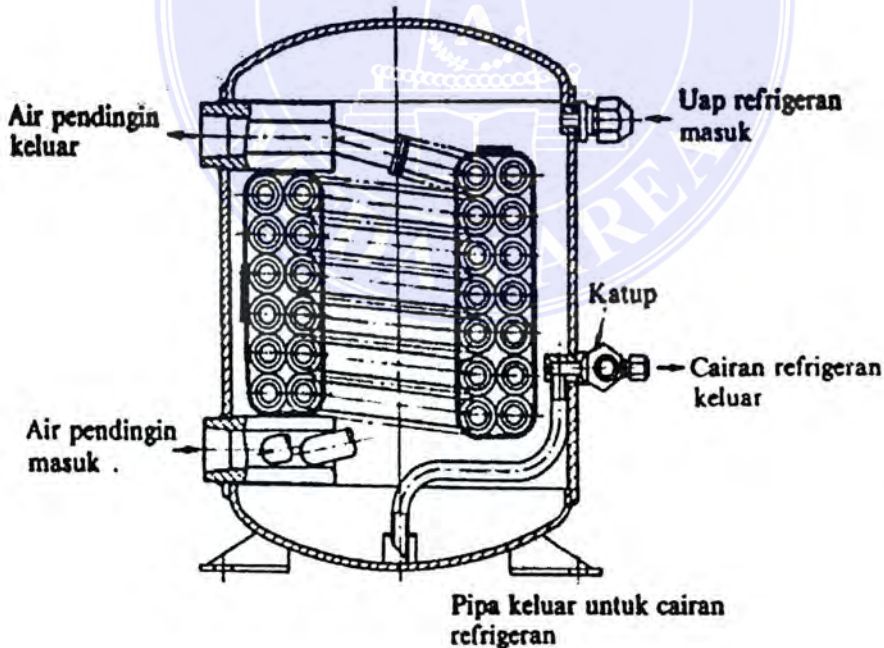


Gambar 3.3 Aliran fluida di dalam tabung (shell) melintasi bundel-bundel pipa

b. Kondensor tabung dan koil

Kondensor tabung dan koil banyak dipergunakan pada unit dengan Freon sebagai media refrigeran berkapasitas relatif kecil, misalnya pada penyegar udara jenis paket, pendingin air dan sebagainya. Koil pipa pendingin ditempatkan di dalam tabung yang dipasang pada posisi vertikal. Koil pipa pendingin ditempatkan di dalam tabung yang dipasang pada posisi vertikal, Koil pipa pendingin tersebut biasanya terbuat dari tembaga, tanpa sirip atau dengan sirip.

Pada kondensor tabung dan koil, air mengalir di dalam koil pipa pendingin. Endapan dan kerak yang terbentuk di dalam pipa harus dibersihkan dengan menggunakan zat kimia atau deterjen.

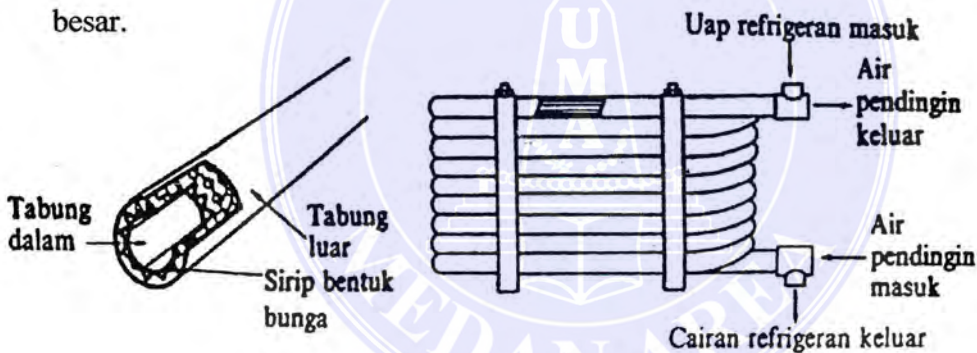


Gambar 3.4 Kondensor tabung dan koil

c. Kondensor pipa ganda

Kondensor jenis pipa ganda merupakan susunan dari dua pipa koaksial dimana refrigeran mengalir melalui saluran yang terbentuk antara pipa dalam dan pipa luar, dari atas ke bawah. Sedangkan air pendingin mengalir di dalam pipa dalam dengan berlawanan dengan aliran refrigeran dari atas ke bawah. Kecepatan aliran di dalam pendingin kira-kira antara 1 sampai 2 m/detik.

Sedangkan perbedaan antara temperatur air pendingin keluar dan masuk pipa pendingin (kenaikan temperatur air pendingin di dalam kondensor) kira-kira 8 sampai 10 °C. Laju perpindahan kalornya cukup besar.



Gambar 3.5 Kondensor koil pipa ganda

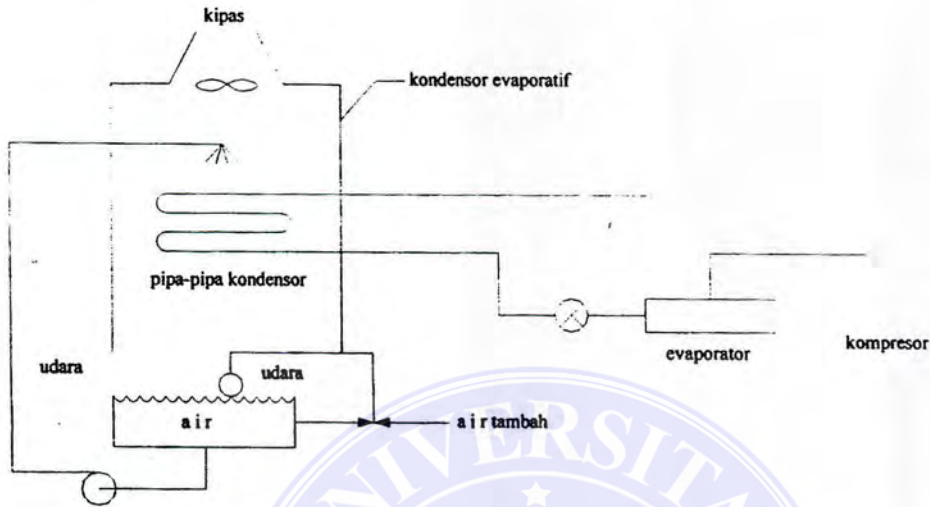
3.3.3. Kondensor evaporatif

Kondensor evaporatif ini mirip dengan kondensor pendingin air yang di kombinasikan dengan menara pendingin menjadi satu unit. Kondensor jenis ini selain mengembunkan refrigeran di dalam pipa, juga mendinginkan air pendingin.

Kondensor evaporatif paling banyak dipergunakan dalam sistem-sistem refrigerasi industri berskala besar, karena kelebihan kondensor menghasilkan temperatur kondensasi yang lebih rendah dalam cuaca panas dan kebutuhan air

pendingin relatif lebih sedikit dibandingkan kondensor pendingin air biasa. Oleh karena itu, penggunaan kondensor evaporatif lebih ekonomis. (Accessed from repository.uma.ac.id) 13/9/23

karena itu cocok digunakan pada daerah yang tidak menyediakan air pendingin yang cukup banyak.



Gambar 3.6 Kondensator evaporatif di dalam suatu sistem refrigerasi

3.4. Pemilihan Kondensator Yang Akan Dirancang

Dari keterangan-keterangan diatas, maka jenis kondensator yang digunakan pada perencanaan ini adalah kondensator tabung dan pipa (shell and tube) dengan menggunakan air sebagai media pendingin.

Adapun kelebihan-kelebihan dari kondensator tabung dan pipa (shell and tube) ini adalah :

1. Bentuknya sederhana dan mudah pemasangannya
2. Mudah dalam perawatan pipa pendingin akibat kotoran
3. Dapat digunakan pada mesin refrigerasi kecil maupun besar dengan kapasitas 0,5-500 ton refrigerasi.
4. Dapat dibuat dengan pipa pendingin bersirip, sehingga relatif berukuran kecil dan ringan.

BAB V

KESIMPULAN

Kondensor merupakan sebuah alat penukar kalor yang fluida kerjanya air dan freon R-22. kondensor ini berfungsi untuk mencairkan refrigeran dalam keadaan uap yang bertekanan dan bertemperatur tinggi yang keluar dari kompressor sekaligus melepas dan membuang panas ke media pendingin (air).

Dari perhitungan pada bab-bab sebelumnya, maka perencanaan ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kondensor

- a. Jenis : Tabung dan pipa (shell and tube)
- b. Media pendingin : Air
- c. Jumlah pass : 2 pass
- d. Susunan tube : Segitiga
- e. Beban kondensor : 38533 kW
- f. Temperatur kondensasi : 40°C
- g. Temperatur air masuk : 30 °C
- h. Temperatur air keluar : 35 °C
- i. Beda temperatur rata-rata logaritma (LMTD) : 7,25 °C
- j. Koefisien perpindahan panas di dalam pipa (hi) : 9605,20 W/m²°C
- k. Koefisien perpindahan panas di luar pipa (ho) : 1150,55 W/m²°C
- l. Koefisien perpindahan panas menyeluruh (Uo) : 321,54 W/m²°C
- m. Kapasitas refrigeran (Q_{ref}) : 26,33 kJ/det
- n. Massa refrigeran : 4.63 Kg/det °C

2. Tube (Pipa)

- a. Panjang pipa : 2,80 m
- b. Luas pipa : 18,76 m²
- c. Jumlah pipa : 84 pipa

3. Shell (~~tabung~~) *selang*

- a. Diameter dalam : 0,3365 m
- b. Diameter luar : 0,3365 m
- c. Tebal : 0,0095 m
- d. Luas laluan aliran : 0,226 m²

4. Sekat (baffle)

- a. Tebal : 0,125 m
- b. Jumlah sekat : 7 sekat
- c. Toleransi : 0,00079 m

5. Penurunan tekanan

- a. Penurunan tekanan dalam tabung : 0,009 kg/cm²
- b. Penurunan tekanan akibat balikan fluida : 0,18 kg/cm²
- c. Penurunan tekanan total : 0,19 kg/cm²