

ANALISA PENURUNAN KINERJA MESIN PENDINGIN (FREEZER)

TUGAS AKHIR

*Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Ujian Sarjana Pada Program Studi Teknik
Mesin*

**Oleh :
DEDDY PURNAWAN
08.813.0023**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2013**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

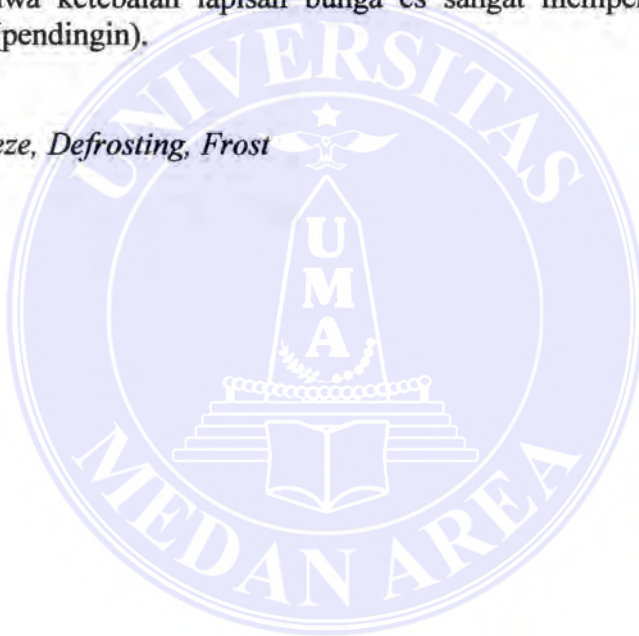
Document Accepted 19/7/24

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

ABSTRAK

Degradasi performance adalah penurunan kinerja mesin refrigerasi yang disebabkan oleh lapisan bunga es yang menempel pada kabin evaporator yang menyebabkan proses penyerapan panas terhadap produk yang akan didinginkan terhambat, sehingga energi panas yang terkandung dalam produk tidak terserap maksimal. Untuk itu penulis melakukan simulasi perhitungan secara teoritis dengan grafik pada tebal bunga es 0 mm, 5 mm, dan 10 mm pada kabin mesin pendingin (*freezer*). Untuk kinerja mesin refrigrasi normal diperoleh 5,850 sedangkan untuk kinerja mesin refrigrasi dengan ketebalan bunga es 5 mm diperoleh 5,68 dan untuk ketebalan bunga es 10 mm diperoleh 3,5928 dengan kabin dan kapasitas yang sama. Jadi dari data yang didapat di atas dapat disimpulkan bahwa ketebalan lapisan bunga es sangat mempengaruhi kinerja mesin refrigrasi (pendingin).

Kata kunci : *Freeze, Defrosting, Frost*



ABSTRACT

Degradasi Performance is degradation of performance by machine refrigerasi which is because of coat of frost which patch at cabin evaporator causing hot absorbtion process to product to be made cool to be pursued, so that energi heat which implied in the product is not permeated maximal. For that frost writer the calculation simulation theoretically with the graph at thick of frost 0 mm, 5 mm, and 10 mm at cabin of cooler machine (freezer). For the performance of obtained by normal machine refrigrasi 5,850 while for the performance of machine refrigrasi thickly is frost 5 mm obtained by 5,68 and to be thick of frost 10 mm obtained by 3,5928 with the same capacities and cabin. Become from data got above inferential that thick of frost coat very influencing of performance of machine refrigrasi.

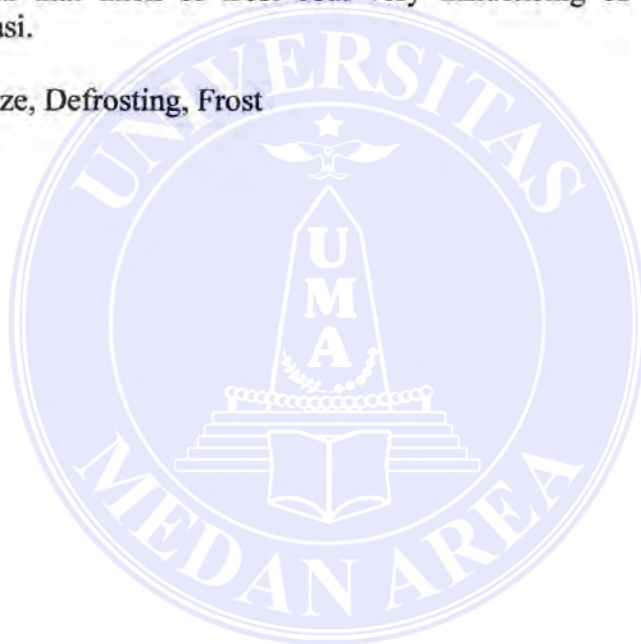
Keyword : Freeze, Defrosting, Frost



ABSTRACT

Degradasi Performance is degradation of performance by machine refrigerasi which is because of coat of frost which patch at cabin evaporator causing hot absorbtion process to product to be made cool to be pursued, so that energi heat which implied in the product is not permeated maximal. For that frost writer the calculation simulation theoretically with the graph at thick of frost 0 mm, 5 mm, and 10 mm at cabin of cooler machine (freezer). For the performance of obtained by normal machine refrigrasi 5,850 while for the performance of machine refrigrasi thickly is frost 5 mm obtained by 5,68 and to be thick of frost 10 mm obtained by 3,5928 with the same capacities and cabin. Become from data got above inferential that thick of frost coat very influencing of performance of machine refrigrasi.

Keyword : Freeze, Defrosting, Frost





DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Manfaat	2
1.4 Rumusan Masalah	3
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Teknik Pendingin	5
2.2 Perpindahan Kalor	6
2.2.1 Perpindahan kalor dengan hantaran atau konduksi	8
2.2.2 Perpindahan kalor dengan aliran atau konveksi	9
2.2.3 Perpindahan kalor dengan pancaran atau radiasi	10
2.3 Siklus Refrigrasi	11
2.3.1 Siklus refrigrasi kompresi uap	11
2.3.2 Siklus refrigrasi pancaran uap	20
2.3.3 Siklus refrigerasi udara	21
2.3.4 Siklus refrigrasi penyerapan	22

2.4 Refrigeran	24
2.4.1 Pengelompokan Refrigeran	24
2.4.2 Pemilihan refrigeran	28
2.5 Analisa Termodinamika Siklus Refrigerasi Kompresi Uap	30
2.6 Beban Pemanasan Dan Pendinginan	35
2.6.1 Beban perembesan udara (infiltrasi)	35
2.6.2 Pembebanan dari dalam (internal load)	36
2.6.3 Beban Panas Matahari pada Permukaan tak tembus Cahaya	38
2.7 Proses Pembentukan Bunga Es Dan Proses Pencairannya	39
BAB 3 METODE PENELITIAN	41
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	42
3.2 Metode Eksperimen	43
3.3 Teknik Pengumpulan Data	47
3.4 Proses Pengambilan Data	47
3.5 Flow Chart Analisa	49
BAB 4 ANALISA PERHITUNGAN BEBAN PENDINGIN	51
4.1 Beban Pendingin	53
4.1.1 Panas yang merambat pada dinding	54
4.1.2 Laju perpindahan kalor pada dinding	56
4.1.3 Laju perpindahan kalor pada dinding dengan tebal bunga es 5 mm	71
4.1.4 Laju perpindahan kalor pada dinding dengan tebal bunga es 10 mm	83

4.2. Panas Yang Merambat Ke Ruang Pendingin (Infiltrasi)	89
4.3. Beban Dari Dalam (Internal Load)	
4.4. Analisa Thermodinamika	91
4.4.1. Analisa Data Tanpa Bunga Es (0 mm bunga es)	94
4.4.2. Analisa Data Dengan Tebal Bunga Es 5 mm	96
4.4.3. Analisa Data Dengan Tebal Bunga Es 10 mm	98
4.4.4. Analisa Kinerja Mesin Pendingin (freezer)	99
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	100
5.1 Kesimpulan	101
5.2 Saran	101
DAFTAR PUSTAKA	102
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Sistem Refrigerasi Kompresi Uap	12
Gambar 2.2. Diagram T-S Siklus Kompresi Uap	13
Gambar 2.3. Diagram P-H Daur Kompresi Uap	13
Gambar 2.4. Daur Kompresi Uap Nyata	14
Gambar 2.5. Kompresor Hermetik	15
Gambar 2.6. Kondensor Jenis Koil	16
Gambar 2.7. Katup Ekspansi	18
Gambar 2.8. Evaporator	19
Gambar 2.9. Siklus Refrigerasi Pancaran Uap	21
Gambar 2.10. Siklus Refrigerasi Udara	21
Gambar 2.11. Skema Refrigerasi Penyerapan	23
Gambar 2.12. Diagram P-h R-134a	29
Gambar 2.13. Beban Panas Matahari pada Permukaan Tak Tembus Cahaya	38
Gambar 2.14. Proses Pembentukan Frost	39
Gambar 3.1. Skema Instalasi Pengujian	43
Gambar 3.2. Kabin Evaporator	43
Gambar 4.1. Tahanan Thermal pada Dinding	54
Gambar 4.2. Konstruksi Dinding Sebelah Kiri	56
Gambar 4.3. Konstruksi Dinding Sebelah Kanan	59
Gambar 4.4. Konstruksi Dinding Sebelah Belakang	62
Gambar 4.5. Konstruksi Dinding Depan	65

Gambar 4.6. Konstruksi Dinding Atas	68
Gambar 4.7. Konstruksi Dinding Bawah	69
Gambar 4.8. Tebal Frost pada Dinding Sebelah Kiri	71
Gambar 4.9. Tebal Frost pada Dinding Sebelah Kanan	74
Gambar 4.10. Tebal Frost pada Dinding Belakang	77
Gambar 4.11. Tebal Frost pada Dinding Atas	80
Gambar 4.12. Tebal Frost pada Dinding Bawah	81
Gambar 4.13. Tebal Frost pada Dinding Sebelah Kiri	83
Gambar 4.14. Tebal Frost pada Dinding Sebelah Kanan	84
Gambar 4.15. Tebal Frost pada Dinding Belakang	85
Gambar 4.16. Tebal Frost pada Dinding Atas	87
Gambar 4.17. Tebal Frost pada Dinding Bawah	88
Gambar 4.18. Diagram P-h R-134a tanpa Frost	93
Gambar 4.19. Diagram P-h R-134a dengan Frost 5mm	96
Gambar 4.20. Diagram P-h R-134a dengan Frost 10mm	99
Gambar 4.21. Grafik Hubungan Tebal Frost Terhadap Daya Kompresor	101
Gambar 4.22. Grafik Hubungan Tebal Frost Terhadap Kalor Pengembunan	102
Gambar 4.23. Grafik Hubungan Tebal Frost Terhadap Koefisien Prestasi	102



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Perbandingan Beberapa Refrigeran	29
Tabel 2.2. Konstanta Iifiltrasi dari Dalam (Internal Load)	36
Tabel 2.3. Beban Pendinginan dari Penerangan	37
Tabel 3.1. Parameter Percobaan	42
Tabel 3.2. Data Pengamatan tanpa Frost (0 mm Frost)	50
Tabel 3.3. Data Pengamatan dengan Tebal Frost 5 mm	51
Tabel 3.4. Data Pengamatan dengan Tebal Frost 10 mm	52
Tabel 4.1. Koefisien Thermal	56
Tabel 4.2. Beban Pendingin	92
Tabel 4.3. Hasil Perhitungan Thermodinamika	101
Tabel 5.1. Hasil Perhitungan	106

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penggunaan mesin pendingin berkembang dengan pesat, seiring dengan akan kebutuhan ruangan yang nyaman dan terkondisikan. Selain ruangan gedung-gedung, juga di Industri banyak memanfaatkan mesin pendingin sebagai alat untuk mengawetkan hasil produksinya seperti; pengawetan hasil pertanian, pengalengan ikan, mengawetkan bahan makanan dan sebagainya.

Perkembangan penggunaan mesin pendingin oleh konsumen, sebaiknya harus diikuti dengan peningkatan pengetahuan tentang perawatan mesin pendingin itu sendiri, sehingga akan meningkatkan efektifitas dari mesin pendingin. Banyak faktor-faktor yang menyebabkan menurunnya efektifitas suatu pendingin, termasuk salah satunya keadaan permukaan evaporator.

Stoecker (1982) menyatakan terbentuknya bunga es pada dinding-dinding kabin evaporator terjadi bila suhu permukaan evaporator pendingin udara turun hingga dibawah nol derajat Celcius, bekuan ini merugikan kerja sistem disebabkan oleh (1) lapisan tebal es ini berfungsi sebagai penyekat kalor, (2) koil konveksi paksa es tersebut menghalangi aliran udara, sehingga harga koefisien perpindahan panasnya menurun.

Dari permasalahan di atas, maka penulis merasa perlu menganalisa faktor-faktor yang dapat mempengaruhi efektifitas dari mesin pendingin. Dengan demikian maka judul tugas akhir ini adalah **“ANALISA PENURUNAN**

KINERJA MESIN PENDINGIN (FREEZER)”.

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 19/7/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
Access From (repository.uma.ac.id)19/7/24

Tugas akhir ini merupakan karya ilmiah hasil penelitian, dimana data-data pendukung yang dihasilkan diperoleh dari data sekunder. Pada penelitian ini akan dianalisa faktor-faktor yang dapat mempengaruhi efektifitas pendinginan dari suatu mesin pendingin dalam hal ini adalah jenis freezer.

1.2. Batasan Masalah

Pada penelitian ini, perlu dibatasi masalah yang akan dianalisa. Oleh karena itu, penulis memberikan batasan masalah yang akan dibahas agar tugas sarjana ini lebih spesifik dan terarah. Adapun topik-topik permasalahan yang akan dibahas meliputi :

- 1) Kajian literatur.
- 2) Refrigeran yang digunakan adalah R – 134 a
- 3) Analisa beban pendingin dengan 3 variasi ketebalan bunga es yaitu tanpa bunga es, dengan bunga es 5 mm dan dengan bunga es 10 mm, dengan masing-masing menggunakan beban sebuah lampu pijar 5 Watt.
- 4) Analisa thermodinamika dan perpindahan panas.

1.2. Tujuan Penelitian

Dari latar belakang dan batasan masalah yang telah diutarakan di atas maka dapat ditentukan tujuan dari analisa ini adalah :

- 1) Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh ketebalan bunga es terhadap kinerja mesin pendingin (*freezer*).
- 2) Untuk mengetahui pembebanan yang diterima pada mesin pendingin

UNIVERSITAS MEDAN AREA dan daya yang harus di berikan akibat pembebanan tersebut.

- 3) Untuk mengetahui proses pembentukan defrost dan proses pencairannya.
- 4) Membandingkan kinerja mesin pendingin dengan tiga variasi ketebalan bunga es yaitu tanpa bunga es, dengan bunga es 5 mm dan dengan bunga es 10 mm, masing masing dengan pembebanan sebuah lampu pijar 5 Watt.

1.3. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah :

- 1) Mengetahui pembebanan yang terjadi terhadap mesin pendingin baik pada kompresor, kondensor, evaporator, dan pemakaian daya listrik.
- 2) Sebagai referensi bagi pembaca dalam hal pengujian sistem pendingin (freezer).
- 3) Hasil pengujian dan analisa ini dapat memberi masukan kepada pengguna khususnya dalam perawatan mesin pendingin.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Teknik Pendingin

Adapun pengertian teknik pendingin atau refrigerasi dapat didefinisikan sebagai ilmu yang memperlakukan suhu di bawah kondisi lingkungan atmosfer. Terdapat dua bidang pendinginan yang saling terkait dalam pendinginan yaitu bidang refrigrasi dan pengkondisian udara. Aplikasi teknik pendingin dapat dilihat di berbagai bidang, baik dalam dunia industri, rumah tangga maupun perkantoran.

Teknik refrigerasi adalah suatu ilmu yang mempelajari suatu sistem pendingin dengan cara penyerapan panas dari suatu tempat yang bertemperatur rendah dengan menggunakan fluida kerja yang disebut dengan refrigeran, selanjutnya refrigeran tersebut melepas panas pada temperatur lebih tinggi. Secara garis besar sistem refrigerasi bertujuan untuk :

- a. Untuk mengurangi atau menurunkan temperature suatu zat.
- b. Mengubah fasa suatu zat dari suatu keadaan menjadi keadaan lain.

contohnya :



- c. Mempertahankan kondisi tertentu suatu zat atau ruangan.

Sistem refrigerasi dapat dimanfaatkan pada berbagai bidang antara lain :

1. Industri : (a) Gudang pendingin barang atau makanan, (b) Industri pembuat es balok.
2. Komersial (pedagang) : (a) Ruangan pendingin barang atau makanan, (b) Lantai luncur (*ice skating*).

3. Rumah tangga : (a) Pengkondisian udara di rumah-rumah, (b) Pendingin bahan makanan.

4. Pengkondisian udara pada sarana transportasi : darat, udara dan laut.

Dari seluruh sistem refrigerasi diatas maka pada analisa ini penulis memilih sistem refrigerasi untuk keperluan rumah tangga, yaitu pada kulkas.

2.2. Perpindahan Kalor

Suatu mesin pendingin terdiri dari empat komponen utama, yaitu evaporator, kompresor, kondensor, dan katup ekspansi. Keempat komponen tersebut membentuk atau melakukan proses-proses sebagai berikut.

- a. Kompresi adiabatik
- b. Pelepasan kalor isothermal (efek pemanasan)
- c. Ekspansi adiabatik
- d. Pemasukan kalor isothermal

Sistem pendingin berfungsi untuk mengangkut kalor dari suatu tempat ketempat lain. Pengangkutan ini dilakukan oleh suatu fluida kerja. Apabila suatu sistem pendingin difungsikan untuk menurunkan suhu suatu tempat, maka laju pengangkutan kalor oleh fluida kerja harus lebih banyak dari produksi kalor tempat tersebut. Sedangkan apabila sistem pendingin difungsikan untuk menstabilkan suhu suatu tempat, maka laju pengangkutan kalor oleh fluida kerja harus sama besar dengan laju produksi kalor oleh tempat tersebut.

Fluida kerja mengalami pemanasan (proses penguapan) dengan mengambil kalor dari suatu tempat (yang suhunya akan diturunkan, atau suhunya akan distabilkan), dan proses ini idealnya berlangsung pada tekanan tetap atau proses

isobaris. Kemudian fluida kerja yang berfasa uap dikompresikan sampai tekanan tertentu, sehingga tekanan dan suhunya meningkat dan proses ini diidealisasikan sebagai proses kondensasi isobaris atau proses pendinginan dengan membuang kalor kesuatu tempat pembuangan kalor. Terakhir fluida kerja dalam fasa cair diturunkan tekanannya (sehingga suhunya turun) dengan proses yang diidealkan berlangsung pada entalpi tetap.

Bahan yang mudah sekali menguap dipilih sebagai bahan pendingin dalam mesin pendingin dan biasanya disebut dengan istilah refrigerant. Refrigerant yang umumnya dipakai didalam sistem pendinginan bentuknya berubah-ubah dalam bentuk cair dan gas. Pada kompresor refrigerant tadi berubah uap tekanan dan suhunya /panasnya dinaikan kemudian uap panas tersebut didinginkan pada kondensor agar menjadi cairan. Pada evaporator cairan dikurangi tekanannya sehingga menguap dan menyerap panas dalam ruang pendinginan (mendinginkan ruangan). Dalam bentuk uap (gas) refrigerant dihisap kembali oleh kompresor sehingga proses tersebut terus berulang.

Kalor (heat) selalu berpindah dari zat yang lebih tinggi suhunya, ke zat yang lebih rendah suhunya. Tidak pernah terjadi sebaliknya, kalor berpindah dari suhu yang rendah ke suhu yang lebih tinggi. Jadi harus ada perbedaan suhu baru dapat terjadi perpindahan kalor. Pada mesin pendingin kompresor dapat mengubah suhu dan tekanan gas dari rendah menjadi tinggi, pada ruang pendingin kita harus menghambat perpindahan kalor, agar kalor dalam suatu benda tidak hilang. Dinding ruang pendingin dibuat tebal dan diberi isolasi yang baik, agar kalor dari luar tidak masuk kedalam ruang pendingin. Pada bagian lain kita perlu memindahkan kalor sebanyak dan secepat mungkin. Kalor didalam kondensor

harus dikeluarkan melalui dinding pipa-pipa kondensor kedia yang mendinginkannya.

Pepindahan kalor dapat terjadi melalui tiga cara, yaitu:

- 1) Hantaran atau konduksi
- 2) Aliran atau konveksi
- 3) Pancaran atau radiasi

2.2.1 Perpindahan kalor dengan hantaran atau konduksi

Perpindahan kalor dengan hantaran dapat terjadi pada zat padat, cair, dan gas. Perpindahan kalor melalui suatu zat yang sama, tanpa disertai perpindahan bagian-bagian dari zat itu disebut hantaran atau konduksi. Pipa tembaga, evaporator, kondensor adalah penghantar kalor yang baik. Tembaga banyak dipakai pada mesin pendingin, dimana kalor harus dipindahkan melalui dinding pipa. Logam-logam dengan penghantar kalor yang baik sangat penting dalam mesin pendingin. Perpindahan kalor dengan hantaran terjadi melalui dinding pipa evaporator dan pipa kondensor. Saluran hisap dan pipa kapiler disebut penukar kalor. Pada penukar kalor juga terjadi perpindahan panas/kalor secara konduksi.

Persamaan untuk mencari perpindahan panas secara konduksi (F.Stoecker.Wilbert, 1982. 24) adalah:

$$q = -kA \frac{\Delta t}{L} \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana :

A = luas Penampang, m²

K = konduktivitas (daya hantar) panas, W/m.K

Δt = beda suhu, K

L = panjang, m

2.2.2 Perpindahan kalor dengan aliran atau konveksi

Yaitu proses perpindahan panas diantara benda padat dan fluida yang bergerak. Perpindahan kalor dengan aliran dapat terjadi pada zat cair atau gas. Meskipun zat cair atau gas adalah penghantar kalor yang buruk, tetapi kedua zat tersebut masih dapat memindahkan kalor dengan baik secara aliran.

Aliran kalor di udara sama seperti aliran kalor pada air. Kalor dapat dipindahkan secara aliran dengan mengalirkan udara atau air dengan dorongan. Suhu dalam suatu ruangan dapat dinaikkan secara aliran melalui udara yang lebih dahulu dipanaskan dengan pemansan udara (*heater*). Persamaan untuk mencari perpindahan panas secara konveksi (F.Stoecker.Wilbert,1982.26) adalah:

$$q = h_c A (t_s - t_f) \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

A = luas penampang, m²

h_c = koefisien konveksi, W/m².K

t_s = temperatur permukaan, °C

t_f = temperatur fluida, °C

2.2.3 Perpindahan kalor dengan pancaran atau radiasi

Perpindahan kalor dari suatu bagian yang tinggi suhunya ke lain bagian yang terpisahkan yang lebih rendah suhunya tanpa melalui suatu zat (dalam ruang

vakum) atau dengan melalui suatu zat, tetapi tanpa mempengaruhi suhu dari zat tersebut disebut pancaran atau radiasi.

Kalor dari matahari sampai ke bumi tanpa mempengaruhi atau menaikkan suhu dari ruang yang dilaluinya. Pancaran ini tidak dapat dilihat, tetapi dapat dirasakan dan diukur kenaikan suhunya.

Perpindahan kalor dengan mengalirkan udara atau air dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q = M \times c \times \Delta t \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

Q = jumlah kalor dalam kkal atau Btu

M = massa zat yang mengalir dalam kg atau pound

c = kalor jenis dalam kkal/kg⁰ C atau Btu/lb⁰ F

Δt = perbedaan suhu dalam ⁰ C atau ⁰ F

Aliran udara biasanya diukur dalam m³/menit atau cubic feet per minute (CFM). Untuk mengetahui berapa berat udara dalam kg/menit atau poun per menit, kita harus mengetahui berapa berat udara dalam satu m³ atau *cubic feet* pada suhu dan tekanan tertentu.

Aliran udara dihitung dalam liter per menit atau gallon per minute (GPM), maka kita harus membuatnya menjadi kg/menit atau pound per menit.

Berat air pada 0⁰ C: 1 US gallon = 8,63 pound = 3,785 kg

1 CFM = 1,699 m³/menit = 28,32 liter/menit = 472 cm³/second

1 GPM = 0,13 ft³/menit = 3,78 lt/menit = 63,09 cm³/second

2.3 Siklus Refrigerasi

Dalam proses refrigerasi, refrigeran yang menjalankan fungsinya sebagai fluida kerja mengalami perubahan fasa yaitu dari fasa cair berubah menjadi fasa uap dan kembali menjadi fasa cair, sehingga merupakan suatu siklus aliran tertutup, kecuali pada mesin pendingin yang menggunakan udara sebagai refrigerannya, dimana refrigerannya tetap dalam keadaan fasa gas.

Berikut ini ada beberapa siklus refrigerasi antara lain :

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

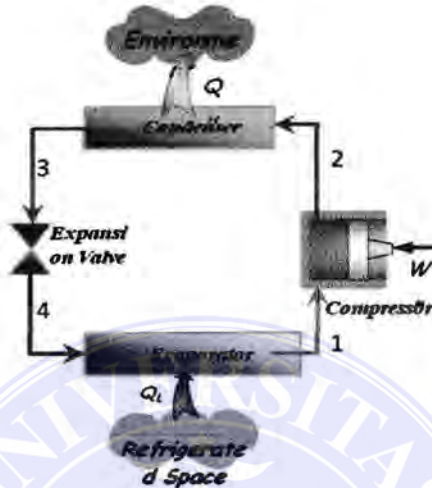
2.3.1 Siklus Refrigerasi Kompresi Uap (*Vapor Compression Refrigeration Cycle*)

Pada siklus refrigeran kompresi uap, kompresor mengompresikan refrigeran dalam keadaan fasa uap jenuh sehingga tekanan dan temperaturnya naik dan menjadi uap kering yang kemudian diembunkan menjadi fasa cair di dalam kondensor, kemudian tekanan dan temperaturnya di turunkan di katup ekspansi agar temperaturnya lebih rendah dari temperatur lingkungan, dan pada saat di evaporator refrigeran cair tersebut mengalami evaporasi (penguapan) sambil menyerap panas dari objek di sekitar evaporator.

Sistem aliran refrigeran tersebut dapat kita lihat pada gambar 2.2, dalam menjalankan fungsinya refrigeran mengalami proses sebagai berikut :

a. Kompresi (pemampatan) di kompresor.

- b. Kondensasi (pengembunan) di kondensor.
- c. Ekspansi (penurunan tekanan) dikatup ekspansi.
- d. Evaporasi (penguapan) di evaporator.



Gambar 2.1 Sistem refrigerasi kompresi uap

Menurut proses kerja sistem, siklus kompresi uap di bedakan atas dua bagian yaitu :

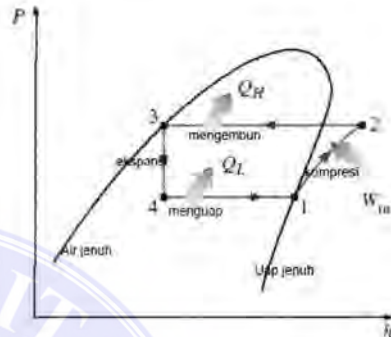
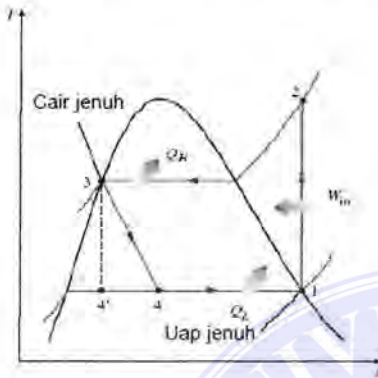
1. Siklus refrigerasi kompresi uap ideal (teoritis)
2. Siklus refrigerasi kompresi uap aktual (sebenarnya)

2.3.1.1 Siklus refrigerasi kompresi uap ideal (teoritis)

Siklus refrigerasi kompresi uap ideal merupakan siklus teoritis, dimana pada siklus tersebut mengasumsikan beberapa proses sebagai berikut :

- 1 – 2 Merupakan proses kompresi adiabatik dan reversible, dari uap jenuh menuju tekanan kondensor.
- 2 – 3 Merupakan proses pelepasan kalor reversible pada tekanan konstan, menyebabkan penurunan panas lanjut dan pengembunan refrigerasi.

- 3 – 4 Merupakan proses ekspansi *unreversible* pada entalpi konstan, dari fasa cair jenuh menuju tekanan evaporator.
- 4 – 1 Merupakan proses penambahan kalor *reversible* pada tekanan konstan yang menyebabkan terjadinya penguapan menuju uap jenuh.



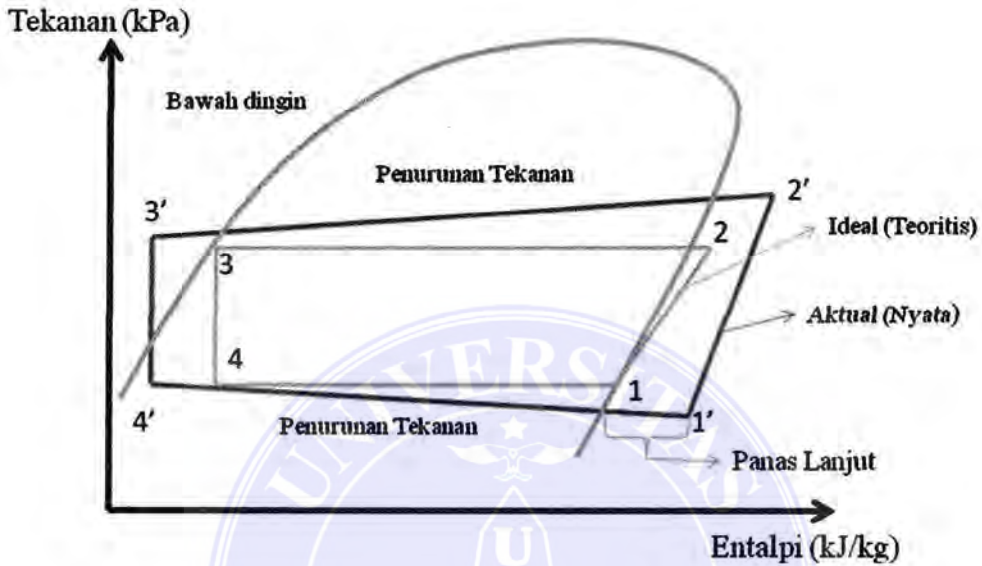
Gambar 2.2 diagram T-S siklus kompresi uap Gambar 2.3 diagram p-h daur kompresi uap

2.3.1.2 Siklus Refrigerasi Kompresi Uap Aktual (sebenarnya)

Siklus refrigerasi kompresi uap aktual berbeda dari siklus ideal (teoritis). Perbedaan ini muncul karena adanya asumsi-asumsi yang ditetapkan dalam siklus standar. Pada siklus aktual terjadi pemanasan lanjut uap refrigeran yang meninggalkan evaporator sebelum masuk ke kondensor. Pemanasan lanjut ini terjadi akibat tipe peralatan ekspansi yang digunakan atau dapat juga karena penyerapan kalor di jalur masuk (*suction line*) antara evaporator dan kompresor. Begitu juga dengan refrigerant cair mengalami pendinginan lanjut atau dingin sebelum masuk ke dalam katup ekspansi atau pipa kapiler. Keadaan di atas adalah peristiwa yang normal dan melakukan fungsi yang diinginkan untuk menjamin bahwa seluruh refrigeran yang memasuki kompresor dalam keadaan 100 % uap.

Perbedaan yang penting antara daur nyata (aktual) dan ideal (teoritis) terletak pada penurunan tekanan di dalam kondensor dan evaporator, tetapi pada

daur nyata terjadi penurunan tekanan karena adanya gesekan antara refrigeran dengan dinding pipa. Akibat dari penurunan tekanan ini, kompresi pada titik 1 dan titik 2 memerlukan kerja lebih banyak dibandingkan dengan daur standar.



Gambar 2.4 Daur kompresi uap nyata dibanding daur standar

Penjelasan gambar di atas adalah sebagai berikut :

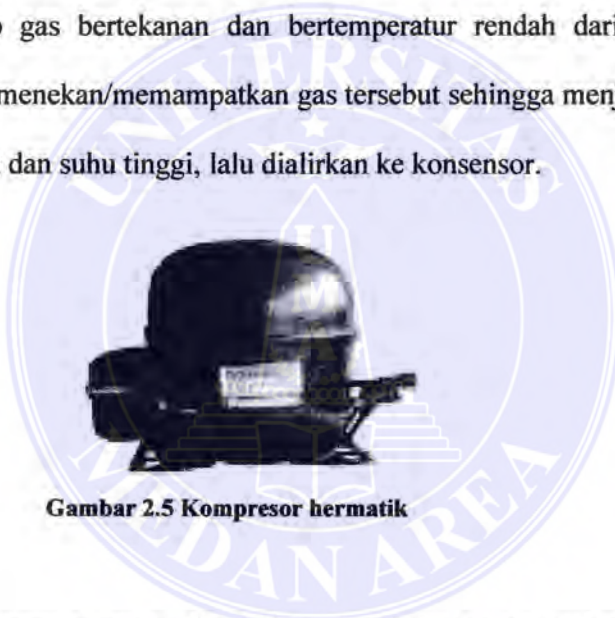
Garis 4 – 1' menunjukkan penurunan tekanan yang terjadi pada refrigerasi saat melewati *suction line* dari evaporator ke kompresor. Garis 1 – 1' menunjukkan terjadinya panas lanjut pada uap refrigerant yang ditunjukkan dengan garis yang melewati garis uap jenuh. Proses 1' – 2' adalah proses kompresi uap refrigeran di dalam kompresor. Pada siklus teoritis proses kompresi diasumsikan isentropik, yang berarti tidak ada perpindahan kalor antara refrigeran dan dinding silinder. Pada kenyataannya proses yang terjadi bukan isentropik tetapi politropik. Garis 2' – 3' menunjukkan adanya penurunan tekanan yang terjadi pada pipa-pipa kondensor, sedangkan pada garis 3 – 3' menunjukkan penurunan tekanan yang terjadi di jalur cair (*liquid line*).

2.3.1.3 Komponen Utama Siklus Refrigerasi Kompresi Uap

a. Kompresor

Fungsi kompresor antara lain :

1. Mensirkulasikan bahan pendingin (refrigeran)
2. Menaikkan tekanan agar bahan pendingin dapat berkondensasi pada kondisi ruangan.
3. Mempertahankan tekanan yang konstan pada evaporator.
4. Menghisap gas bertekanan dan bertemperatur rendah dari evaporator, kemudian menekan/memampatkan gas tersebut sehingga menjadi gas yang bertekanan dan suhu tinggi, lalu dialirkan ke konsensor.



Gambar 2.5 Kompresor hermatik

Beberapa rumus yang digunakan untuk mencari perhitungan pada kompresor antara lain:

Efisiensi volumetric η_v (Arismunandar, 1981.138) adalah:

$$\eta_v = \frac{G'}{G} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

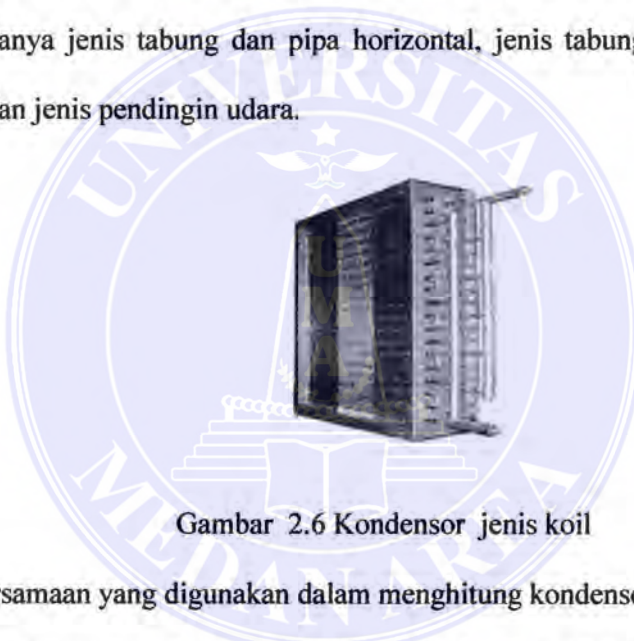
G = berat gas refrigerant yang terisap masuk dalam keadaan ideal (kg/jam)

G' =berat gas refrigerant yang terisap masuk dalam keadaan sebenarnya
(kg/jam)

b. Kondensor

Kondensor akan mengubah uap tekanan tinggi tersebut menjadi cairan bertekanan tinggi dengan adanya medium pendingin pada kondensor (udara maupun cair). Kalor dari ruangan dan panas dari kompresor akan diserap medium pendingin.

Seperti halnya dengan kompresor, kondensor juga terdiri dari beberapa jenis diantaranya jenis tabung dan pipa horizontal, jenis tabung dank oil, jenis pipa ganda dan jenis pendingin udara.



Gambar 2.6 Kondensor jenis koil

Beberapa persamaan yang digunakan dalam menghitung kondensor adalah:

1. Faktor pengotoran (F.Stoecker.Wilbert,1982.233) adalah:

$$\frac{1}{U_o} = \frac{1}{h_o} + \frac{x A_o}{k A_m} + \frac{A_o}{h_{ff} A_i} + \frac{A_o}{h_i A_i} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :

U = koefisien perpindahan kalor W/m².K

A₀ = luas permukaan luar pipa, m²

A_m = luas permukaan rata-rata sekeliling pipa, m²

k = daya hantar logam pipa, W/m.K

h_i = koefisien perpindahan kalor di dalam pipa, W/m².K

h_o = koefisien perpindahan kalor di luar pipa, W/m².K

2. Suhu rata-rata logaritma ,LMTD (F.Stoecker.Wilbert,1982.234) adalah:

$$LMTD = \frac{(t_c - t_i) - (t_c - t_o)}{\ln\left[\frac{t_c - t_i}{t_c - t_o}\right]} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

t_i = temperatur air pendingin masuk kondensor

t_o = temperatur air pendingin keluar kondensor

t_c = temperatur kondensor

3. Koefisien pengembunan rata-rata untuk uap yang mengembun di luar pipa mendatar (F.Stoecker.Wilbert,1982.232) adalah:

$$h_{ct} = 0,725 \left[\frac{g(\rho^2)h_{fg}.k^3}{\mu.\Delta t.ND} \right]^{1/4} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

N = jumlah pipa dalam jajaran vertical

D = DL (diameter luar pipa), m

ρ = rapat massa kondensat, kg/m³

h_{fg} = kalor penguapan laten, J/kg

g = percepatan gravitasi = 9,81 m/det²

c. Alat Ekspansi

Pipa kapiler dibuat dari tembaga dengan diameter lubang dalam yang sangat kecil. Panjang dan lubang pipa kapiler dapat mengontrol jumlah bahan pendingin yang masuk ke evaporator. Karena tekanan dan temperatur cairan dari kondensor terlalu tinggi untuk terjadinya penguapan dalam kondisi ruangan, maka digunakan pipa kapiler (*liquid control device*) yang bekerja sebagai suatu tahanan aliran fluida (bahan pendingin cair).



Gambar 2.7 Katup ekspansi

Dengan adanya tahanan tersebut, tekanan fluida akan turun dan sebagian kecil cairan pendingin menguap (*flash gas*). Penguapan ini akan menyerap kalor dari cairan pendingin, sehingga temperatur cairan berkurang sampai temperature jenuh pada tekanan yang berkurang tersebut.

Adapun fungsi dari pipa kapiler ini yaitu :

1. Menurunkan tekanan bahan pendingin cair yang mengalir di dalamnya.
2. Mengatur jumlah tekanan bahan pendingin cair yang mengalir melaluinya.
3. Membangkitkan tekanan bahan pendingin di kondensor.

Alat ekspansi yang sering digunakan adalah katup ekspansi termostatik dan pipa kapiler. Katup ekspansi termostatik merupakan katup ekspansi berkendali panas lanjut yang berfungsi agar refrigeran yang masuk evaporator



A = luas bidang perpindahan kalor (m^2)

Δt_m = perbedaan temperature rata-rata ($^{\circ}C$)

Besarnya perpindahan panas pada evaporator (F.Stoecker.Wilbert,1982.28)

adalah:

$$q = \frac{\Delta t}{R^*_T} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

Q = besar perpindahan panas (W/m)

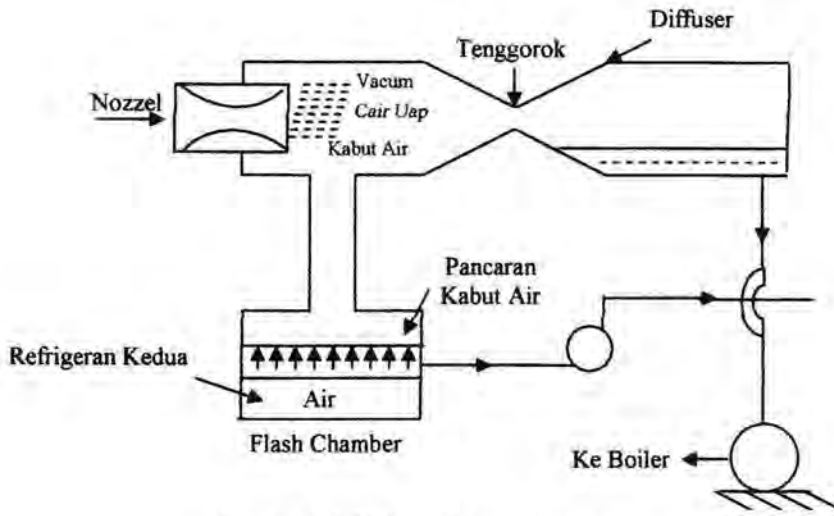
R^*_T = hambatan thermal total (W/k)

Δt = beda suhu, K

2.3.2 Siklus Refrigerasi Pancaran Uap (*Steam Jet Refrigeration Cycle*)

Pada siklus refrigerasi pancaran uap digunakan pancaran uap yang berasal dari ketel uap melalui *Nozel* yang berubah tekanan, uap menjadi tekanan kinetis sehingga dapat menarik kabut air dari *Flash Chamber* dan menguapkannya di evaporator sambil menyerap panas dari air yang berada di ruang *Flash Chamber* sampai temperature air ini turun.

Pancaran uap dari ketel uap dan refrigerant uap akan bercampur dan ditekan ke dalam kondensor kemudian dipompakan kembali ke ketel uap tersebut, terlihat pada gambar 2.9

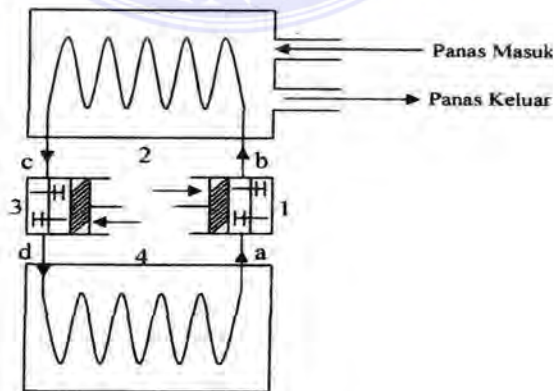


Gambar 2.9 Siklus refrigerasi pancaran uap

2.3.3 Siklus refrigerasi udara (Air Refrigeration Cycle)

Pada siklus refrigerasi udara, refrigerant yang digunakan adalah udara. Dimana pada saat menjalankan fungsinya refrigeran tetap berbentuk gas.

Sistem pendingin ini berbeda dengan sistem pendingin lainnya yaitu selama proses pendinginan dalam fasa uap. Refrigeran udara menghasilkan COP yang rendah tetapi sistem ini cocok digunakan pada pesawat udara karena keringannya. Proses yang dialami refrigeran adalah kompresi, pendingin (*cooling*) dan ekspansi (penurunan tekanan)



Gambar 2.10 siklus refrigerasi udara

Keterangan gambar :

1. Kompresor
2. Cooler
3. Katup ekspansi
4. Heat exchanger

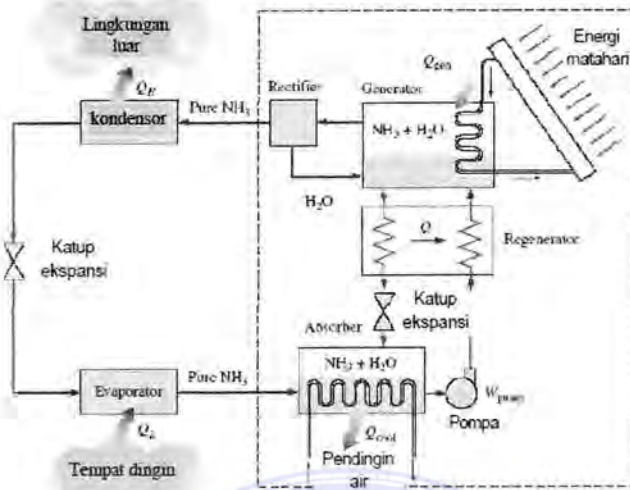
Adapun fungsi dari komponen di atas yaitu :

1. Kompresor berfungsi untuk menaikkan temperature dan tekanan udara
2. Cooler berfungsi untuk melepaskan panas dari udara. Cooler merupakan sebuah heat exchanger fluida pendinginnya dapat digunakan udara atau air.
3. Katup ekspansi berfungsi untuk menurunkan tekanan.
4. Heat exchanger berfungsi sebagai penyerap panas.

2.3.4 Siklus refrigerasi penyerapan (*Absorbtion Refrigeration Cycle*)

Siklus ini menggunakan penyerapan untuk menyerap refrigeran yang diuapkan di dalam evaporator sampai menjadi suatu larutan absorpsi, pada sistem ini kompresor tidak digunakan dan sebagai gantinya digunakan absorpsi dan generator.

Larutan absorpsi tersebut dimasukkan di dalam tubuh generator untuk memisahkan refrigeran dari larutan absorpsi tersebut dengan cara dipanaskan dalam menjalankan fungsinya.



Gambar 2.11 Skema refrigerasi penyerapan

Adapun proses yang dialami refrigeran yaitu :

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

Dari ke empat siklus di atas maka penulis memilih siklus refrigerasi kompresi uap untuk analisa, adapun alasan penulis memilih siklus tersebut yaitu :

- Konstruksinya yang sederhana.
- Kapasitas pendingin dari ukuran kecil sampai besar.
- Daya yang dibutuhkan lebih kecil.
- Mudah dalam mendapatkan bahan prakteknya

2.4 Refrigeran

Refrigeran adalah suatu media di dalam pesawat pendingin yang berfungsi sebagai penyerap panas dari tempat bertemperatur rendah pada evaporator dan dilepas di tempat bertemperatur tinggi yaitu pada kondensor.

Ada beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam menentukan jenis refrigeran yaitu :

1. Sifat termodinamika
2. Tingkat mampu nyala
3. Tingkat racun
4. Kelarutan dalam air
5. Kelarutan dalam minyak pelumas
6. Reaksi terhadap material komponen mesin
7. Sifat-sifat fisik
8. Kecenderungan bocor
9. Pengaruh terhadap lingkungan hidup
10. Harga

2.4.1 Pengelompokan Refrigeran

Refrigerant yang pertama kali digunakan adalah eter oleh Perkins pada mesin kompresi uap. Selanjutnya pada tahun 1874 digunakan sulfur dioksida (SO_2), dan pada tahun 1875 mulai digunakan ethyl chloride ($\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$) dan ammonia. Selanjutnya ethyl chloride (CH_3Cl) mulai digunakan tahun 1878 dan karbondioksida (CO_2) tahun 1881. Nitrogen oksida (N_2O_3) dan hidro karbon CH_4 , C_2H_6 , C_2H_4 , dan C_3H_8 banyak digunakan sekitar tahun 1910 sampai 1930.

Dichloromethane (CH_2Cl), *dichloroethylene* ($\text{C}_2\text{H}_2\text{Cl}_2$) dan *monobromomethane* (CH_3Br) juga digunakan sebagai refrigerant pada mesin sentrifugal.

Penggunaan refrigeran-refrigeran yang disebutkan di atas tersingkir setelah ditemukannya Feron (merek dagang) oleh E. I du Point de Nemours and Co pada sekitar tahun 1930an, dan menjadi sangat populer sampai dengan tahun 1985. Refrigeran ini disebut sebagai refrigeran halocarbon (*halogenated hydrocarbon*) karena adanya unsure-unsur halogen yang digunakan (Cl,Br) atau kadangkala disebut sebagai refrigeran fluorocarbon (*fluorinated hydrocarbon*) karena adanya unsure fluor (F) dalam senyawanya.

Berdasarkan jenis senyawanya, refrigeran dapat dikelompokkan menjadi :

1. Kelompok refrigeran senyawa halocarbon
2. Kelompok refrigeran senyawa organik *cyclic*
3. Kelompok refrigeran campuran Zeotropik
4. Kelompok refrigeran senyawa Azeotropik
5. Kelompok refrigeran senyawa organik biasa
6. Kelompok refrigeran senyawa anorganik
7. Kelompok refrigeran senyawa organik tak jenuh

2.4.1.1 Kelompok refrigeran senyawa halocarbon

Kelompok refrigeran senyawa halocarbon diturunkan dari hidrokarbon (HC) yaitu metana (CH_4), etana (C_2H_6) atau dari propane (C_3H_8) dengan mengganti atom-atom hydrogen dengan unsure-unsur halogen seperti khlor (Cl), fluor (F), atau brom (Br). Jika seluruh atom hydrogen tergantikan oleh atom Cl dan F maka refrigeran yang dihasilkan akan terdiri dari atom khlor, fluor dan karbon refrigeran ini disebut refrigeran *chlorofluorocarbon* (CFC).

2.4.1.2 Kelompok refrigeran senyawa organik cyclic

Kelompok refrigeran ini diturunkan dari butana. contoh dari kelompok refrigeran ini adalah :

R-C316	$C_4Cl_2F_6$	dichlorohexafluorocyclobutane
R-C317	C_4ClF_7	chloroheptafluorocyclobutane
R-C318	C_4F_8	octafluorocyclobutane

2.4.1.3 Kelompok refrigeran campuran Zeotropik

Kelompok refrigeran ini merupakan refrigeran campuran yang bisa terdiri dari campuran refrigeran CFC, HCFC, HFC, dan HC. Refrigeran yang terbentuk merupakan campuran tak bereaksi yang masih dapat dipisahkan dengan cara destilasi. Yang termasuk ke dalam refrigeran ini adalah :

R-401A : campuran R-22 (53%) + R-152a (13%) + R-124 (34%)

R-402B : campuran R-125 (38%) + R-290 (2%) + R-22 (60%)

R-403B : campuran R-22 (56%) + R-218 (39%) + R-290 (5%)

Refrigeran campuran zeotropik akan menguap dan mengembun pada temperature yang berbeda hal ini akan menyebabkan terjadinya *temperature glide* baik di evaporator maupun di kondensor, yaitu refrigeran mengalami perubahan fasa pada tekanan konstan tetapi temperaturnya terus berubah.

2.4.1.4 Kelompok refrigeran senyawa Azeotropik

Kelompok refrigeran senyawa azeotropik adalah campuran refrigeran tak bereaksi yang tidak dapat dipisahkan dengan cara destilasi. Refrigeran ini pada konsentrasi, tekanan, dan temperature tertentu bersifat azeotropik, yaitu mengembun dan menguap pada temperature yang sama, sehingga mirip dengan

refrigeran tunggal namun demikian pada kondisi (konsentrasi, temperature atau tekanan) yang lain refrigeran ini bisa saja menjadi bersifat zeotropik.

Contoh dari kelompok refrigeran ini adalah :

R-500 : R-12 (73,8%) + R-152a (26,2%), temperature azeotropik °C

R-502 : R-22 (48,8%) + R-115 (51,2%), temperature azeotropik 19 °C

2.4.1.5 Kelompok refrigeran senyawa organik biasa

Kelompok refrigeran ini sebenarnya terdiri dari unsure C, H dan lainnya.

Contoh refrigeran dari kelompok ini adalah :

R-600 : butana, $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$

R-600a: isobutana, $\text{CH}(\text{CH}_3)_3$

R-610 : ethyl ether, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$

R-611 : methyl format, HCOOCH_3

2.4.1.6 Kelompok refrigeran senyawa anorganik

Contoh refrigeran dari kelompok ini adalah :

R-702 : hidrogen

R-704 : helium

R-717 : ammonia

R-718 : air

R-744 : O_2

R-764 : SO_2

2.4.1.7 Kelompok refrigeran senyawa organik tak jenuh

Contoh refrigeran dari kelompok ini adalah :

R-1130 1,2-dichloroethylene $\text{CHCl}=\text{CHCl}$

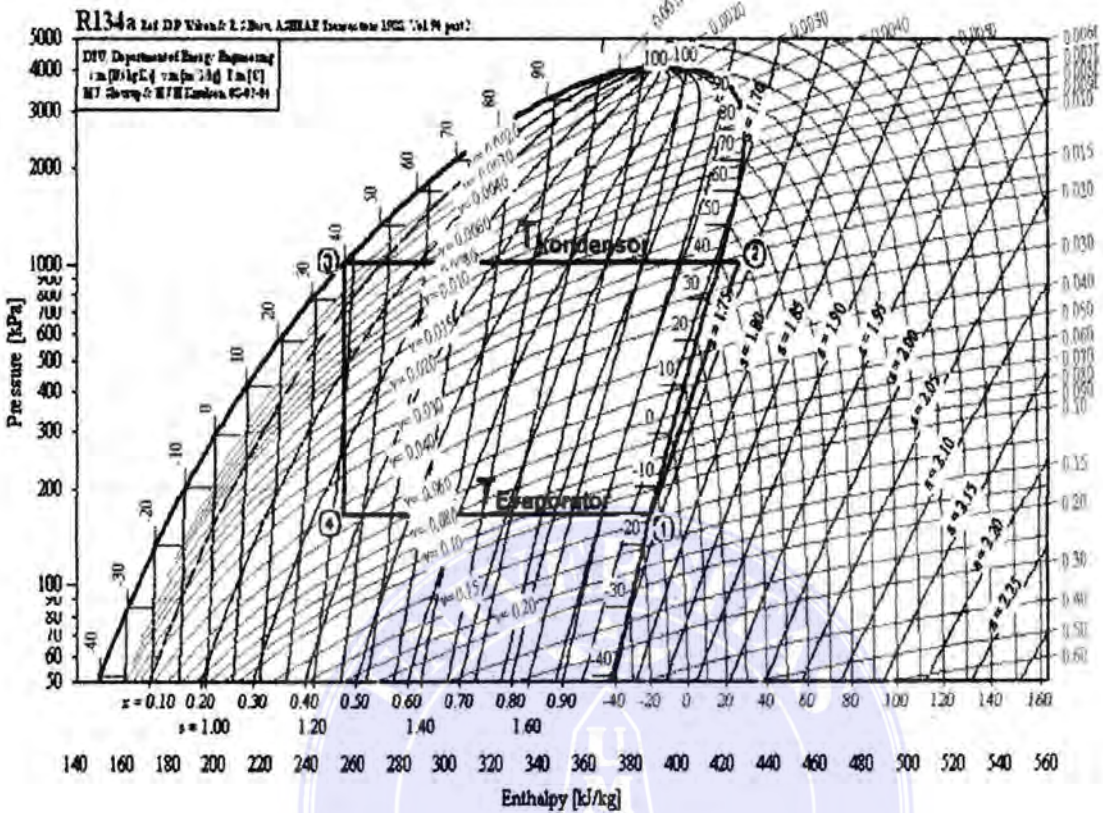
R-1150 ethylene $\text{CH}_2=\text{CH}_2$

R-1270 propylene C_3H_6

2.4.2 Pemilihan Refrigeran

Dari beberapa jenis refrigeran di atas maka penulis mengambil refrigeran R134a ($\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$) dengan alasan sebagai berikut :

1. Tekanan penguapan di evaporator lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan udara luar.
2. Tekanan pengembunan tidak terlalu tinggi
3. Refrigeran tidak bereaksi dengan material yang dipakai
4. Refrigeran tidak beracun
5. Refrigeran tidak mudah terbakar ataupun meledak
6. Refrigeran mudah dideteksi bila terjadi kebocoran
7. Harga tidak mahal dan mudah diperoleh



Gambar 2.12 Diagram P-h R-134a

Tabel 2.1 Perbandingan Beberapa Refrigeran

No		R-717	R-12	R-502	R-134a
1	Tekanan evaporator (kPa)	236,5	182,7	349,6	164,13
2	Tekanan kondensor (kPa)	1166,6	744,6	1308,6	1016,40
3	Efek pendingin (kJ/kg)	1056,64	106,4	91,84	132,16
4	Masa refrigerant (kg/det)	$3,3 \times 10^{-0,3}$	0,033	0,038	0,026
5	<i>Coefisien of performance (COP)</i>	22,703	4,78	4,54	4,42
6	Daya kompresor (kW)	0,153	0,733	0,767	0,777
7	Kapasitas kompresor (m ³ /det)	$1,6 \times 10^{-0,3}$	$3,0 \times 10^{-3}$	$1,9 \times 10^{-3}$	$2,8 \times 10^{-0,4}$
8	Panas yang dibuat pada kondensor (kW)	3,640	4,244	4,257	4,21

Sumber : Refrigeran And Specialities, Werner-Von-Siemens Str 18 Wuerzburg. www.tego.de

2.5 Analisa Termodinamika Siklus Refrigerasi Kompresi Uap

Proses perpindahan panas dalam siklus ini diiringi dengan perubahan fasa refrigeran yang bersirkulasi, dalam hal ini perubahan fasa cair menjadi fasa uap berarti terjadi proses penyerapan panas dari lingkungan, dan perubahan fasa uap ke fasa cair berarti proses pelepasan panas.

2.5.1 Persamaan Energy Aliran *Steady*

Dalam sistem refrigerasi, laju aliran masa dianggap tetap. Keseimbangan energi menyatakan bahwa besarnya energi yang masuk di titik 1 ditambah besarnya energi yang ditambahkan berupa kalor, dikurangi dengan energi yang keluar dalam bentuk kerja yang meninggalkan system pada titik 2 sama dengan besarnya perubahan energi di dalam volume kendali [Stocker, 1992 : 20].

Persamaan energi dapat dirumuskan sebagai berikut (Stocker, 1992 : 20) :

$$m \left[h_1 + \frac{v_1^2}{2} + gz_1 \right] + q - m \left[h_2 + \frac{v_2^2}{2} + gz_2 \right] - W = \frac{dE}{d\theta} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dengan :

- m = laju aliran masa (kg/s)
- h = entalpi (kJ/kg)
- v = kecepatan (m/s)
- z = ketinggian (m)
- g = percepatan gravitasi (m/s²)
- W = laju aliran energi (kJ/s)
- E = energy sistem(kJ)

Oleh karena aliran *steady* tidak ada perubahan laju aliran massa pada sistem, maka laju aliran masa yang masuk pada titik 1 sama dengan laju aliran

massa yang keluar pada titik 2. Demikian pula tidak ada perubahan harga energi sistem terhadap waktu sehingga $dE/d\theta = 0$

Persamaan aliran *steady* menjadi (Stocker, 1992 : 20) :

$$m \left[h_1 + \frac{v_1^2}{2} + gz_1 \right] + q = m \left[h_2 + \frac{v_2^2}{2} + gz_2 \right] + W \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

2.5.2 Proses Kompresi

Proses kompresi dianggap berlangsung secara adiabatik yang artinya tidak ada kalor yang dipindahkan baik masuk maupun keluar sistem. Dengan demikian harga $d\theta = 0$. Perubahan energi kinetik dan potensial juga diabaikan, sehingga kerja kompresi dirumuskan sebagai berikut :

$$W = m(h_2 - h_1) \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

Dengan :

- W = daya kompresor (kJ/s)
- h_1 = entalpi refrigerant pada titik 1 (kJ/kg)
- h_2 = entalpi refrigerant pada titik 2 (kJ/s)
- m = laju aliran massa refrigerant (kg/s)

Untuk kapasitas kompresor di rumuskan sebagai berikut :

$$Q_k = m.v \quad \dots\dots\dots (2.13)$$

Dengan :

- Q_k = kapasitas kompresor (L/det)
- V = kecepatan (m/s)

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
 2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
 3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
 Access From [repository.uma.ac.id] 19/7/24

2.5.3 Proses Evaporasi Dan Kondensasi

Pada proses evaporasi dan kondensasi perubahan energi kinetik dan energi potensial diabaikan sehingga $v^2/2$ dan gz pada titik 1 dan 2 dianggap nol. Karena pada evaporator dan kondensor tidak ada kerja yang dilakukan maka $W = 0$, sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Q_e = m(h_1 - h_4) \dots\dots\dots (2.14)$$

Dengan :

- Q_e = besarnya laju aliran kalor evaporasi (kJ/s)
- h_1 = entalpi refrigerant pada titik 1 (kJ/kg)
- h_4 = entalpi refrigerant pada titik 4 (kJ/kg)
- m = laju aliran massa refrigeran (kg/s)

Laju aliran kalor pada proses kondensasi dirumuskan sebagai berikut :

$$Q_c = m(h_2 - h_3) \dots\dots\dots (2.15)$$

Dengan :

- Q_c = besarnya laju aliran kalor kondensasi (kJ/s)
- h_2 = entalpi refrigerant pada titik 2 (kJ/kg)
- h_3 = entalpi refrigerant pada titik 3 (kJ/kg)

2.5.4 Proses Pengekikan (Throttling Process)

Proses ini terjadi pada pipa kapiler atau katup ekspansi. Pada proses ini tidak ada kerja yang dilakukan atau ditimbulkan sehingga $W = 0$. Perubahan energi kinetik dan energi potensial dianggap nol. Proses dianggap adiabatik sehingga $q = 0$.

Persamaan energi aliran ini adalah :

$$h_3 = h_4 \text{ (kJ/kg)} \dots\dots\dots (2.16)$$

2.5.5 Efek Refrigerasi

Efek refrigerasi adalah besarnya kalor yang diserap oleh refrigeran pada proses evaporasi. Dari diagram tekanan-entalpi siklus kompresi uap di atas, efek refrigerasi dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$RE = h_1 - h_4 \text{ (kJ/kg)} \dots\dots\dots (2.17)$$

Dengan :

- RE = efek refrigerasi (kJ/kg)
- h_1 = entalpi refrigeran pada titik 1 (kJ/kg)
- h_4 = entalpi refrigerant pada titik 4 (kJ/kg)

2.5.6 Laju Aliran Kalor Evaporator

Laju aliran kalor evaporator dirumuskan sebagai berikut :

$$Q_{\text{evaporator}} = m_{\text{udara evaporator}} (h_{in} - h_{out}) \dots\dots\dots (2.18)$$

Dengan :

- $Q_{\text{evaporator}}$ = laju aliran kalor evaporator (kJ/s)
- $M_{\text{udara evaporator}}$ = laju aliran masa udara evaporator (kg/s)
- h_{in} = entalpi udara pada sisi masuk evaporator dan dikoreksi pada T_{wb} ruang (kJ/kg)
- h_{out} = entalpi udara pada sisi keluar evaporator dan dikoreksi pada T_{wb} ruang (kJ/kg)

2.5.7 Laju Aliran Udara Evaporator

Laju aliran udara melalui evaporator dirumuskan sebagai berikut :

$$M_{\text{udara evaporator}} = \rho_{\text{udara}} \cdot A \cdot V \dots\dots\dots (2.19)$$

Dengan :

- $M_{\text{udara evaporator}}$ = laju masa udara evaporator (kg/s)
- P_{udara} = massa jenis udara (kg/m³)
- A = luas penampang saluran udara evaporator (m³)
- V = kecepatan udara melalui saluran udara evaporator (m/s)

2.5.8 Laju Aliran Massa Refrigeran

Laju aliran massa refrigeran menyatakan jumlah refrigeran yang disirkulasikan tiap satuan waktu dan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$m_{\text{refrigeran}} = \frac{Q_{\text{evaporator}}}{h_1 - h_4} \dots\dots\dots (2.20)$$

Dengan :

- $m_{\text{refrigeran}}$ = laju aliran massa refrigerant (kg/s)
- $Q_{\text{evaporator}}$ = laju aliran kalor evaporator (kJ/s)
- h_1 = entalpi refrigerant pada titik 1 (kJ/kg)
- h_4 = entalpi refrigeran pada titik 4 (kJ/kg)

2.5.9 Koefisien Prestasi

Koefisien prestasi dari sistem refrigrasi adalah perbandingan antara kalor yang diserap dari ruang pendingin (efek refrigrasi) dengan kerja yang dilakukan kompresor. Koefisien prestasi dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \dots\dots\dots (2.21)$$

Dengan :

- COP = *Coeficien Of Performance*
- h_1 = entalpi refrigerant pada titik 1 (kJ/kg)
- h_4 = entalpi refrigerant pada titik 4 (kJ/kg)

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
 2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
 3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area
 Access From [repository.uma.ac.id]19/7/24

h_2 = entalpi refrigerant pada titik 2 (kJ/kg)

2.6 Beban Pemanasan Dan Pendinginan

Dalam teknik pendingin, ada beberapa faktor yang dapat merugikan selama proses berlanjut. Baik pemakaian komponen yang tidak sesuai maupun faktor lain dari lingkungan sekitar. Berikut ini akan dijelaskan beberapa faktor yang dapat menyebabkan meningkatnya pembebanan dalam mesin tersebut.

2.6.1 Beban Perembesan Udara (Infiltrasi)

Masuknya udara luar ke dalam ruangan mempengaruhi suhu udara dan tingkat kelembaman di ruang tersebut. Biasanya dibedakan antara pengaruh yang menyangkut dampak suhu (*temperature effect*) seperti beban sensible dan dampak kelembaman seperti beban laten. Kehilangan atau perolehan kalor yang disebabkan oleh masuknya udara luar dirumuskan dengan (F. Stoecker. Wilbert, 1982.64) :

$$q_{is} = 1.23Q(t_0 - t_i) \dots\dots\dots (2.22)$$

$$q_{il} = 3000Q(W_0 - W_i) \dots\dots\dots (2.23)$$

Dengan :

Q = laju aliran volumetric udara luar, L/det

W = rasio kelembaman, air terhadap udara, kg

Is = menyatakan sensible-dalam; il menyatakan laten-dalam

Prosedur yang seringkali digunakan dalam perhitungan beban adalah dengan memperkirakan infiltrasi tersebut dalam bentuk jumlah pergantian udara per jam. Suatupergantian udara per jam adalah laju aliran volumetric yang

jumlahnya sama dengan volume ruangan tersebut. Jumlah pergantian udara per jam di dalam suatu bangunan yang lebih kecil, tanpa pembangkit tekanan di dalam dapat diperkirakan sebagai fungsi dari kecepatan angin dan perbedaan suhu.

$$\text{Jumlah pergantian udara} = a + bV + c (t_0 - t_i) \dots\dots\dots (2.24)$$

Dengan a, b, c = konstanta yang ditentukan dari percobaan

V = kecepatan angin, m/det

Tabel 2.2 Konstanta infiltrasi untuk infiltrasi dalam

Kualitas konstruksi	a	b	c
Rapat	0,15	0,010	0,007
Sedang	0,20	0,015	0,014
renggang	0,25	0,020	0,022

Sumber : Refrigerasi & pengkondisian udara : Wilbert F. Stoecker dan Jerold W Jones

2.6.2 Pembebanan Dari Dalam (Internal Load)

Sumber-sumber utama perolehan kalor dari dalam adalah lampu-lampu, penghuni, dan peralatan lain yang dioperasikan di dalam ruang. Pemancaran udara dari penerangan merupakan bentuk energy radiasi. Untuk memperkirakan perolehan kalor dalam dari lampu dapat digunakan persamaan (F. Stoecker. Wilbert, 1982.67) :

$$q = (\text{daya lampu, Watt})(F_u)(F_b)(CLF)\dots\dots\dots (2.25)$$

Dengan :

F_u = faktor penggunaan atau fraksi penggunaan lampu yang terpasang

F_b = faktor ballast untuk lampu-lampu fluorescent = 1,2 untuk fluorescent udara

CLF = factor beban-pendinginan dari tabel

Tabel 2.3 Beban-pendingin dari penerangan

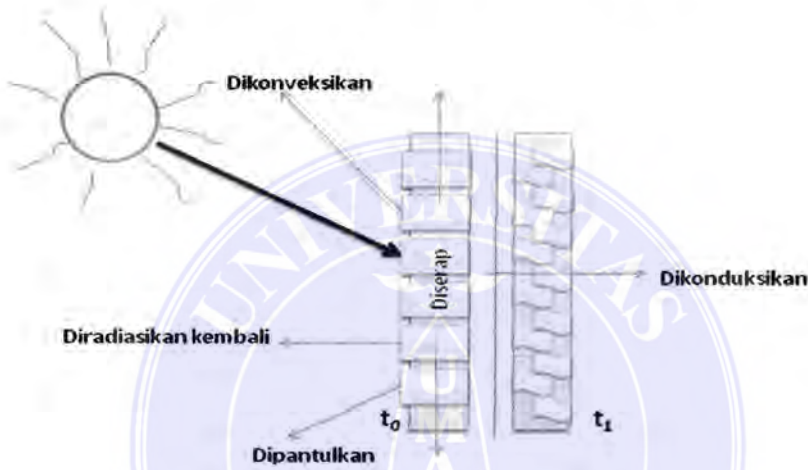
Lama-jam setelah lampu dinyalakan	Pemasangan X† <u>lama jam penyalakan</u>		Pemasangan Y† <u>lama-jam</u>	
	10	16	10	16
0	0,08	0,19	0,01	0,05
1	0,62	0,72	0,76	0,79
2	0,66	0,75	0,81	0,83
3	0,69	0,77	0,84	0,87
4	0,73	0,80	0,88	0,89
5	0,75	0,82	0,90	0,91
6	0,78	0,84	0,92	0,93
7	0,80	0,85	0,93	0,94
8	0,82	0,87	0,95	0,95
9	0,84	0,88	0,96	0,96
10	0,85	0,89	0,97	0,97
11	0,32	0,90	0,22	0,98
12	0,29	0,91	0,18	0,98
13	0,26	0,92	0,14	0,98
14	0,23	0,93	0,12	0,99
15	0,21	0,94	0,09	0,99
16	0,19	0,94	0,08	0,99
17	0,17	0,40	0,06	0,24
18	0,15	0,36	0,05	0,20

† penjelasan pemasangan X lampu terbenam tanpa lubang angin, Y lampu yang diberi lubang angin atau tergantung bebas.

Sumber : *Refrigrasi & pengkondisian udara : Wilbert F. Stoecker dan Jerold W Jones*

2.6.3 Beban Panas Matahari Pada Permukaan Tak Tembus Cahaya

Proses perolehan kalor bagi suatu dinding dapat dilukiskan secara skematik dalam gambar 2.13. Sebagian dari energy matahari di pantulkan dan sisanya diserap. Energy yang diterima ini sebagian dikonveksikan dan sebagian diradiasikan kembali ke luar. Sisanya yang diserap diteruskan ke dalam dengan cara konduksi, atau sementara di simpan di dalam dinding.



Gambar 2.13 Beban panas matahari pada permukaan tak tembus cahaya

Bila penyimpanan termal dimasukkan, perolehan kalor melalui dinding dirumuskan dengan (F. Stoecker, Wilbert, 1982.78):

$$Q_w = UA(CLTD) \dots\dots\dots (2.26)$$

Dimana :

Q_w = besar perpindahan kalor pada dinding (Watt)

U = koefisien menyeluruh ($W/m^2 \cdot C$)

A = luas permukaan (m^2)

$CLTD$ = perbedaan temperatur pembekuan dengan temperatur luar

2.7 Proses Pembentukan Bunga Es Dan Proses Pencairannya

Bunga es (*frost*) merupakan gumpalan atau pembekuan uap udara yang dapat terjadi bila temperatur suatu permukaan = 0 °C, peristiwa ini sering terjadi di dalam mesin pendingin (*freezer*) akibat masuknya udara luar di dalam kabin.

2.7.1 Proses Pembentukan Bunga Es

Pembentukan bunga es pada kabin evaporator pada mesin pendingin adalah hal yang umum dan kerap kali terjadi. Bunga es yang terjadi adalah kumpulan dari bermacam-macam Kristal es.



Gambar 2. 14 Proses Pembentukan *Frost*

Proses pembentukan bunga es dalam kabin evaporator terjadi akibat adanya kandungan uap air yang masuk ke dalam kabin yang berasal dari udara luar (ketika kita membuka pintu kabin) ataupun yang terdapat di dalam bahan-bahan makanan (objek pendingin).

Uap air yang terkandung dalam bahan makanan/objek ataupun dari infiltrasi udara luar tadi akan terkondensasi sesuai dengan penurunan temperature yang dialami ketika berada di dalam kabin evaporator dan kemudian akan membentuk suatu titik air yang akan membeku dan membentuk bunga es yang berasal dari Kristal-kristal es.

Kemudian seiring dari lamanya pemakaian dan frekwensi pembukaan kabin evaporator maka deposit uap air dalam kabin akan berpengaruh kepada pembentukan bunga es yang terjadi. Jika frekwensi infiltrasi besar dan beban pendingin besar maka bunga es yang terjadi akan semakin besar dan sebaliknya apabila frekwensi infiltrasi kecil dan beban juga kecil otomatis pembentukan bunga es juga semakin kecil.

2.7.2 Proses Pencairan Bunga Es (*Defrosting*)

Ketika bunga es yang terdapat dalam kabin evaporator semakin banyak maka harus dilakukan proses pencairan, jika tidak maka kinerja dari mesin pendingin tersebut akan menurun terus menerus.

Hal ini karena deposit bunga es yang cukup besar akan mengganggu / menghentikan sirkulasi udara dingin dalam kabin sehingga di bagian tertentu saja di dalam kabin yang mendapat pendinginan sempurna, maka waktu pendinginan semakin lama.

Tentu saja apabila semakin lama waktu pendinginan maka arus listrik yang dipakai untuk mendinginkan objek tersebut juga semakin bertambah. Hal ini menyebabkan kerugian bagi pengguna mesin pendingin tersebut, oleh sebab itu proses pencairan perlu dilakukan.

Untuk mesin pendingin pada kapasitas mesin ada 2 (dua) tipe proses pencairan bunga es yaitu manual *defrosting* dan otomatis *defrosting*. Pada manual *defrosting* pengguna harus menentukan sendiri kapan saatnya pencairan bunga es dilakukan, pencairan ini dapat dilakukan dengan cara mematikan kulkas atau juga menurunkan temperature kabin evaporator. Sedangkan untuk otomatis *defrosting* proses pencairan bunga es dilakukan oleh defrost timer yang berfungsi untuk menentukan secara otomatis kapan waktunya dilakukan pencairan bunga es.

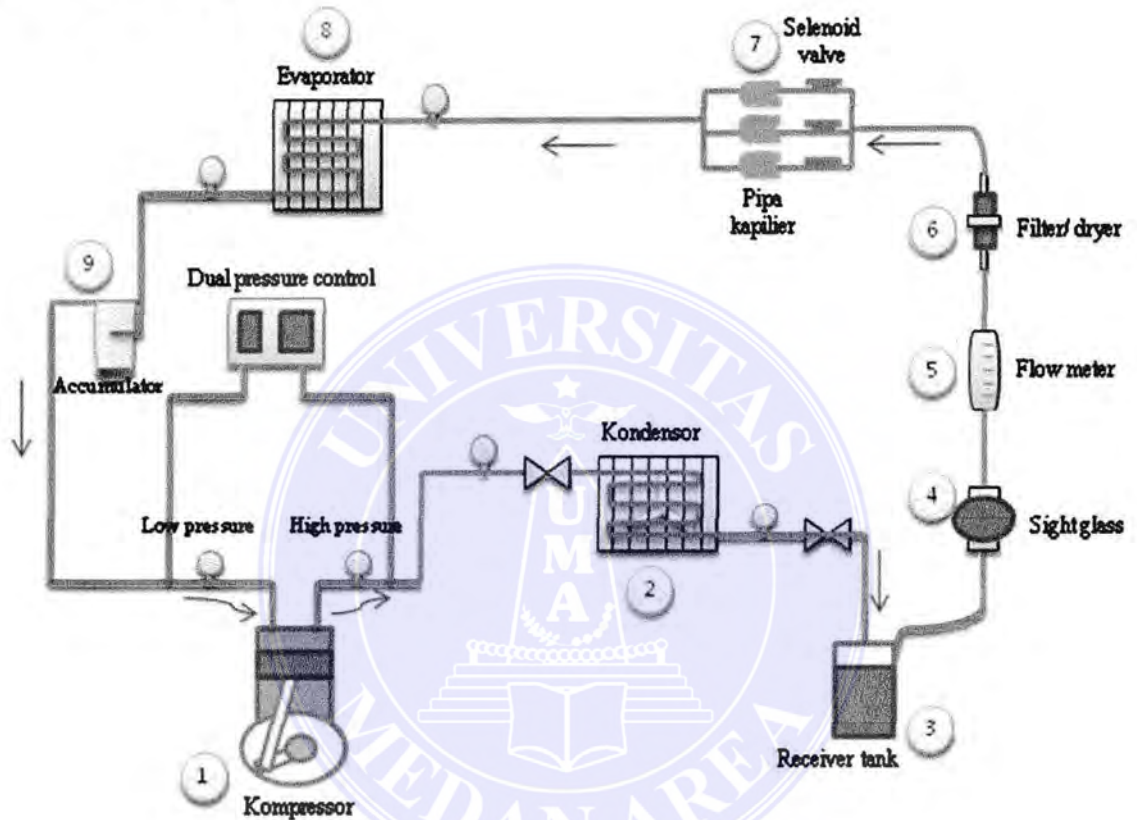


BAB 3

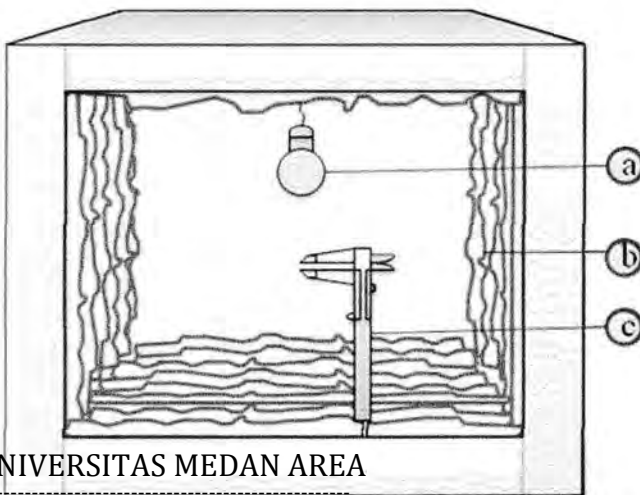
METODE PENELITIAN

3.1. Metode Eksperimen

3.1.1. Instalasi Eksperimen



Gambar 3.1 Skema instalasi pengujian



Ket :

a. Lampu pijar (5 Watt)

b. Bunga es

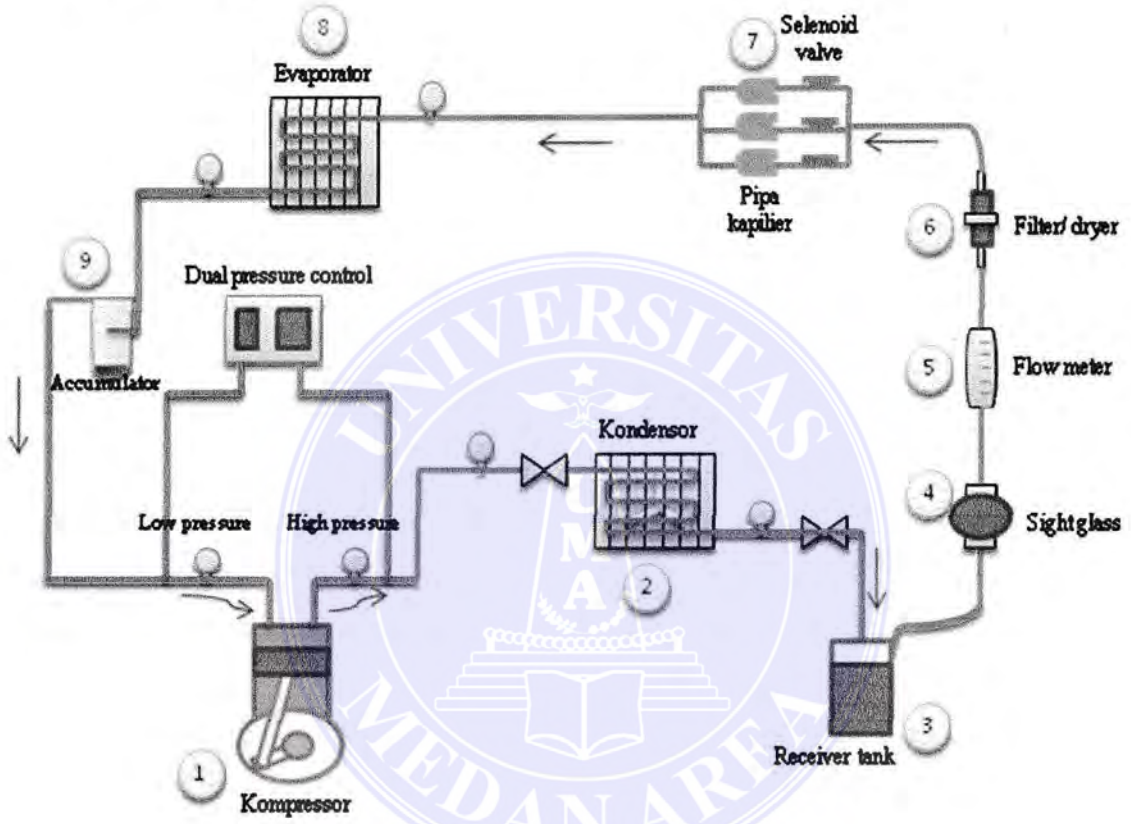
c. Jangka sorong

BAB 3

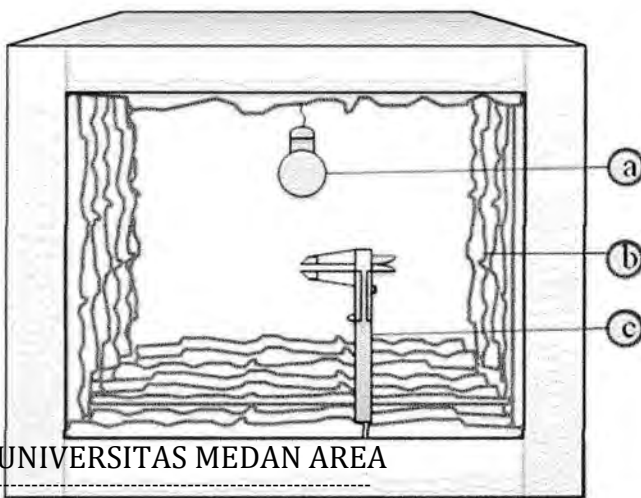
METODE PENELITIAN

3.1. Metode Eksperimen

3.1.1. Instalasi Eksperimen



Gambar 3.1 Skema instalasi pengujian



Ket :

- a. Lampu pijar (5 Watt)
- b. Bunga es
- c. Jangka sorong

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Gambar 3.2 Kabin evaporator

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

Untuk melakukan pengujian maka dirancang suatu peralatan eksperimen ditunjukkan pada gambar 3.1. Prinsip kerja adalah sebagai berikut: refrigerant dalam fase gas dimampatkan oleh kompresor (1) sehingga tekanan dan temperatur meningkat, kemudian fluida mengalir masuk ke dalam kondensor (2) dan mengalami proses kondensasi sehingga berubah fase menjadi cair jenuh. Selanjutnya refrigerant bergerak ke dalam receiver (3) sebagai penampung dan pemisah oli dengan cairan. Refrigerant yang mengalir dapat dilihat melalui *sight glass* (4) kemudian mengalir melalui flowmeter (5) sehingga flow rate dapat diukur. Refrigerant disaring di dalam filter / dryer (6) kemudian masuk pipa kapiler (7) yang berfungsi sebagai pipa ekspansi untuk menurunkan secara drastis tekanan sehingga menjadi dingin lalu masuk ke dalam evaporator (8) yang berfungsi menyerap panas di dalam cabin. Accumulator (9) yang terpasang antara evaporator dan kompresor berfungsi untuk mengamankan kompresor dengan cara memisahkan refrigerant fase cair dan gas sehingga hanya mensuplai refrigerant ke kompresor dalam fase gas.

3.1.2. Spesifikasi Peralatan Uji

Adapun spesifikasi dari peralatan dan alat ukur yang digunakan dalam eksperimen ini adalah sebagai berikut:

1. Kompresor:

- Daya : 1/3 hp
- Voltage : AC 220 V
- Type : AE440YS



UNIVERSITAS MEDAN AREA

• Merk : Tecumseh, Thailan

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 19/7/24

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber

2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah

3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From [repository.uma.ac.id] 19/7/24

2. Kondensor:

- Bahan tube : Copper
- Diameter : 5/16 inch
- Letak tube : horisontal sebanyak 20 laluan



3. Receiver tank:

- Merk : Airmander
- Type : CR101
- Connection : ¼ inch
- Batas tekanan : 450 psig.



4. Sight glass:

- Diameter Tube : ¼ inch
- Buatan : Taiwan.



5. Flowmeter:

- Kapasitas : 0,005 - 0,025 liter/menit
- Type : Mat T316 BL/R12/S.



6. Filter / dryer:

- Diameter Tube : ¼ inch
- Volume : 0.12 liter
- Batas Tekanan : 35 bar
- type : 052
- Merk : Danfoss, Denmark.



7. Solenoid valve

- Connection : ¼ inch



UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 19/7/24

8. Evaporator:

- Type : SMJ1H
- Voltage : 220 Volt
- Merk : Frigair, Malaysia



9. Refrigerant accumulator tank:



10. Termokopel :

- Jenis : K type
- Range : -270 s/d 1372 °C
- Limits of error : 0.75% (< 0 °C) & 2.0 % (> 0 °C)

12. Low Pressure :

- Merek : Retard
- Range Temperature : -40 s/d 35° C
- Range Pressure : -75 s/d 8 kg/cm²



13. High Pressure :

- Merek : Refco
- Range Temperature : -70 s/d 90° C
- Range Pressure : -30 s/d 400 Psi



14. Dual Pressure Control :

- Type : KP 15
- Low Pressure : -0.2 s/d 7.5 bar Pe, Diff. : 0.7 s/d 4 bar
- Hight Pressure : 8 s/d 32 bar Pe, Diff. : 4 bar
- Connection : ¼ inch flare

- Merk : Danfos, Poland



3.2 Teknik Pengumpulan Data

Untuk memperoleh data yang dilakukan dalam analisa pengaruh ketebalan *defrost* terhadap kinerja mesin pendingin dilaksanakan dengan melakukan pengamatan pada saat jalannya percobaan. Pengamatan dilakukan dari ketebalan *defrost* 0 mm dengan 10 kali pengambilan data dalam selang waktu 20 menit sekali. Dalam pengamatan kedua dilakukan dengan ketebalan *defrost* 5mm dengan 10 kali pengambilan data dalam selang waktu 20 menit sekali. Dalam pengamatan ketiga dilakukan dengan ketebalan bunga es 10 mm dengan 10 kali pengambilan data dalam selang waktu 20 menit sekali.

3.3 Proses pengambilan data

3.3.2 Persiapan Pengambilan Data

- a. Menyiapkan instrument yang akan digunakan.
- b. Memeriksa kondisi mesin dan peralatan yang akan digunakan.
- c. Memastikan dan memeriksa suplai listrik yang diperlukan oleh peralatan uji.
- d. Memeriksa kondisi di dalam evaporator.

3.3.3 Data Pengujian

Dalam analisa ini, data yang diperlukan untuk mendukung perhitungan yaitu:

- Temperatur masuk kompresor (T_1)
- Temperatur keluar kompresor (T_2)
- Temperatur keluar kondensor (T_3)
- Temperatur masuk evaporator (T_4)

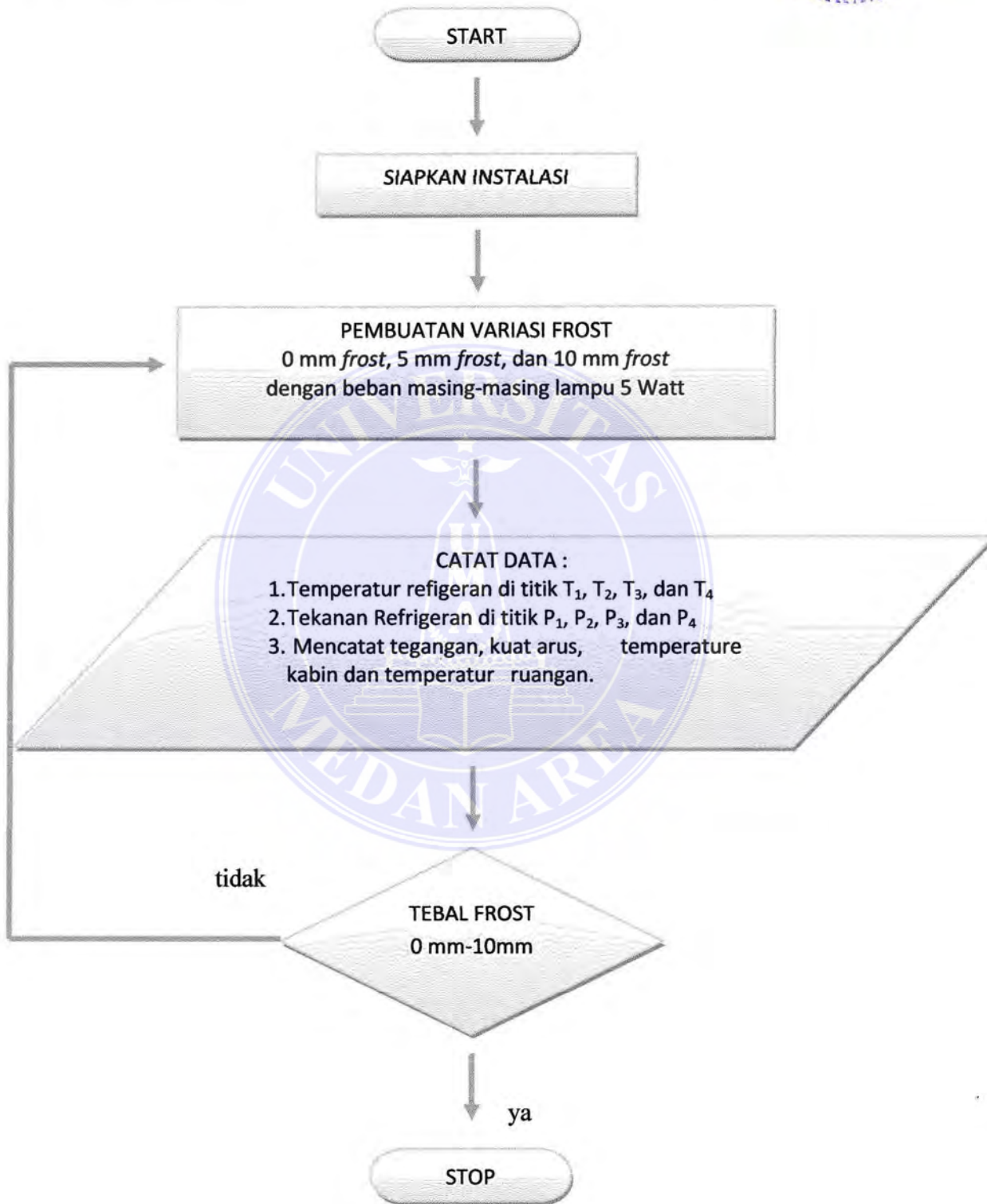
- Tekanan masuk kompresor (P_1)
- Tekanan keluar kompresor (P_2)
- Tekanan keluar kondensor (P_3)
- Tekanan masuk evaporator (P_4)
- Tegangan, arus listrik, dan temperatur ruangan
- Temperatur luar kabin.

3.3.4 Pengamatan Yang Dilakukan

- a. Memastikan keadaan kabin evaporator.
- b. Dalam analisa pertama keadaan kabin evaporator tanpa *defrost* (tebal *defrost* 0 mm) dengan beban sebuah bola lampu 5 watt.
- c. Menunggu beberapa saat sampai tercapai kondisi *steady*.
- d. Mencatat data (pengambilan data dilakukan sebanyak 10 kali dalam selang waktu 20 menit) :
 1. Temperatur refrigeran di titik T_1 , T_2 , T_3 , dan T_4
 2. Tekanan Refrigeran di titik P_1 , P_2 , P_3 , dan P_4
 3. Mencatat tegangan, kuat arus, dan temperatur kabin dan temperatur ruangan.
- e. Mengulangi langkah c-d pada peralatan uji.
- f. Dalam analisa ke dua keadaan kabin evaporator dengan tebal *defrost* 5mm, dengan beban sebuah bola lampu 5 Watt.
- g. Mengulangi langkah c-d pada peralatan uji.
- h. Dalam analisa ke tiga keadaan dalam kabin evaporator dengan tebal *defrost* 10 mm dengan beban sebuah bola lampu 5 Watt.



3.4 Flow Chart Penelitian



Tabel 3.2 Data pengamatan tanpa frost (0 mm frost)

No	Titik pengukuran	Menit ke										Rata-rata
		20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	
1	Temperatur kabin	-12	-14	-14	-15	-15	-16	-17	-16	-16	-17	-15,2
2	Temperatur lingkungan	29	30	30	30	29	29	30	29	30	30	29,6
3	Temperatur masuk kompresor (T_1)	27	26	26	27	26	27	28	28	27	28	27
4	Temperatur keluar kompresor (T_2)	56	53	68	69	67	67	68	68	70	71	65,7
5	Temperatur kondensor (T_3)	39	42	41	40	40,5	39,5	42	42,5	41,5	43	41,1
6	Temperatur evaporator (T_4)	-15	-16	-17	-16,5	-18	-19	-19	-18	-19,5	-20	-17,8
7	Tekanan masuk kompresor (P_1)	15	15	13	15	13	13	12	15	13	13	13,7
8	Tekanan kluar kompresor (P_2)	190	190	195	185	185	190	195	190	190	195	190,5
9	Tekanan keluar kondensor (P_3)	185	189	192	183	183	187	192	185	188	192	187,6
10	Tekanan masuk evaporator (P_4)	70	72	75	80	79	75	80	77	82	85	77,5
11	Tegangan listrik	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220
12	Arus listrik	0.3	0.32	0.35	0.35	0.3	0.3	0.3	0.35	0.33	0.36	0.321

Tabel 3.3 Data pengamatan dengan tebal *frost* 5 mm

Titik pengukuran	Menit ke										Rata-rata
	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	
Temperatur kabin	-14	-14	-14	-15	-15	-14	-15	-15	-14	-14	-14,4
Temperatur lingkungan	29	30	30	29	30	29	30	30	30	30	29,7
Temperatur masuk kompresor (T_1)	27	28	28	29	29	27	29	28	28	30	28,3
Temperatur keluar kompresor (T_2)	59	57	68	69	70	69	69	69	71	72	67,3
Temperatur kondensor (T_3)	40	41	41	39	40,5	39,5	41	42	41,5	41	40,65
Temperatur evaporator (T_4)	-15	-15,5	-17	-16	-17	-16	-17	-16,5	-17	-18	-16,5
Tekanan masuk kompresor (P_1)	15	15	13	16	17	15	16	19	19	17	16,2
Tekanan kluar kompresor (P_2)	191	190	197	189	190	192	195	192	194	197	192,7
Tekanan keluar kondensor (P_3)	185	189	192	183	189	187	194	185	193	192	188,9
Tekanan masuk evaporator (P_4)	71	70	70	71	74	75	74	73	74	73	72,5
Tegangan listrik	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220
Arus listrik	0.37	0.37	0.4	0.35	0.36	0.37	0.37	0.36	0.35	0.36	0.366

Tabel 3.4 Data pengamatan dengan tebal *frost* 10 mm

No	Titik pengukuran	Menit ke										Rata-rata
		20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	
1	Temperatur kabin	-13.5	-13	-12	-13.5	-13	-14	-13	-13	-12	-13	-13
2	Temperatur lingkungan	29	29	30	30	30	30	30	30	30	30	29,8
3	Temperatur masuk kompresor (T_1)	28	29	29	29	29	30	29	29	31	30	29,3
3	Temperatur keluar kompresor (T_2)	59	63	69	71	70	69	70	70	72	75	75,8
5	Temperatur kondensor (T_3)	40	30	39	38	38	39	41	40	40	41	38,6
6	Temperatur evaporator (T_4)	-14	-14	-14	-16	-15	-16	-16	-16	-16	-16	-15,3
7	Tekanan masuk kompresor (P_1)	15	16	15	18	17	19	18	20	19	20	17,7
8	Tekanan kluar kompresor (P_2)	191	193	197	188	194	194	195	196	196	198	194,2
9	Tekanan keluar kondensor (P_3)	188	189	192	189	189	187	194	189	197	194	190,8
10	Tekanan masuk evaporator (P_4)	72	73	72	73	73	71	72	72	74	73	72,5
11	Tegangan listrik	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220	220
12	Arus listrik	0.40	0.42	0.45	0.45	0.4	0.4	0.42	0.45	0.42	0.4	0.421

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah melakukan analisa data di atas, dapat diambil kesimpulan dan saran. Adapun kesimpulan dan saran yang dapat diambil dapat dilihat dari uraian di bawah ini.

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari hasil simulasi perhitungan ini adalah:

- a. Pemilihan siklus teknik pendinginan yang akan digunakan sangat ditentukan oleh temperatur evaporasi yang direncanakan. Untuk unit pendinginan dimana temperature evaporasi lebih rendah dari 0°C (titik beku air).
- b. Menebalnya bunga es pada dinding evaporator menyebabkan turunnya proses penyerapan kalor pada produk yang hendak didinginkan, karena bunga es tersebut menjadi penyekat penyerapan kalor dari produk, sehingga waktu yang diperlukan untuk mendinginkan/ membekukan suatu produk akan semakin lama.
- c. Proses pembentukan bunga es terjadi bila temperature permukaan = 0°C atau dibawah temperatur udara luar, gejala ini dapat dilihat pada peristiwa infiltrasi.
- d. Turunnya kinerja mesin pendingin (freezer) disebabkan oleh menebalnya lapisan bunga es yang dibuktikan dari hasil perhitungan dapat di lihat pada tabel berikut :

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan penulis yaitu :

- a. Untuk mendapatkan kinerja mesin pendingin yang maksimal sebaiknya proses pembersihan/ defrosting sering dilakukan.
- b. Usahakan tidak terlalu sering membuka pintu kabin, karena temperature kelembaman udara luar yang masuk ke dalam kabin akan menyebabkan proses pembentukan bunga es.



Daftar Pustaka

1. Arrora, cp “Refrigeration and Air Conditioning” edisi kedua, Tata McGraw-Hill Publishing Company Ltd, New Delhi 1984.
2. Carrier Air Conditioning Company “Handbook of Air Conditioning System Design”, MrGraw Hill Book Company, New York, 1965.
3. Dossat, R. J “Principle of Refrigeran” edisi kedua, Jhon Willy and Sons, New York, 1981.
4. Edward G Pita “Refrigeration Principles and System” Technikal College of City University Of New York, New York, 1984.
5. Holman, JP “Heat Tranfer”, McGraw Hill Ltd, New York, 1986.
6. Jordan, Richard C “Refrigeration and Air Conditioning” edisi kedua, Prentice Hall of India Private Ltd, New Delhi, 1985.
7. Nasrudin, Imam syafi’i, ”Penelitian Perbandingan Unjuk Kerja 3 Refrigeran Hidrokarbon Indonesia Terhadap Refrigerant R-12 (CFC-12), Universitas Indonesia, 2006.
8. Raldi Artono Koestoer “Perpindahan Kalor” Edisi pertama- Jakarta: Salemba Teknika, 2002.
9. Raymond C Gunther “Refrigeration Air Conditioning and Cold Storage” 1969.
10. Ricard. C Jordan and Gyle, B. Piester. 1981. “*Refrigran And Air Conditioning*”
11. Sungadianto, “Studi Eksperimen Performa Mesin Pengkondisian Udara AC” Universitas Negeri Semarang, 2006.
12. Wilbert F Stoecker And Jorold W. Jones . 1987 “Refrigerasi Dan Pengkondisian Udara” Edisi Kedua, Erlangga. Jakarta