

PERENCANAAN GUDANG PENDINGIN UNTUK PENYIMPANAN HASIL LAUT (UDANG) COLD STORAGE KAPASITAS 30 TON

TUGAS AKHIR

*Disusun dan Diajukan Untuk Memenuhi
Persyaratan Ujian Mencapai Gelar Sarjana Teknik
Pada Fakultas Teknik Universitas Medan Area*

Oleh

**AHMAD FAUZI
STB : 02 813 0039**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
TAHUN 2007**



LEMBAR PENGESAHAN

Judul : PERENCANAAN GUDANG PENDINGIN
UNTUK PENYIMPANAN HASIL LAUT
(UDANG) COLD STORAGE KAPASITAS
30 TON.

Nama : AHMAD FAUZI

Nomor Pokok : 02 813 0039

Program Studi : Teknik Mesin

Disetujui

Pembimbing I

(Ir.H. Amirsyam Nst,MT)

Pembimbing II

(Ir. H. Syafrian Lubis)

Mengetahui

Dekan



(Drs. Dadan Ramdhan, M.Eng.Sc)

Ka. Program Studi



(Ir. Darianto, MSc)

Tanggal Lulus :

ABSTRACT

Cooling technic is one of the science which learn about a cooling system by "heat-removing way" from the lower temperature spot to the higher one.

In this case, the heat removing is jone compulsory that is by giving transmission energy. Because the "heat removing process" from the lower temperature spot to the higher one is impossible to be jone without a specific system which force the heat removing speed.

ABSTRAK

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

Dalam hal ini perpindahan panas tersebut dilakukan secara paksa, yakni dengan memberikan energi kerja atau energi panas. Karena proses perpindahan panas dari tempat yang temperaturnya rendah ketempat temperaturnya lebih tinggi, tidak mungkin terlaksana tanpa adanya suatu sistem yang memaksa terjadinya laju perpindahan panastersebut.

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	i
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	iv
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Perencanaan	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Batasan Dan Ruang Lingkup	3
BAB II. TEORI MESIN REFRIGERASI.....	4
II.1. Kompresor	4
II.1.1. Hubungan Antara Kompresor Dengan Pendingin	5
II.2. Kondensor	6
II.2.1. Klasifikasi Kondensor	6
II.2.2. Kondensor Pendingin Udara	7
II.2.3. Kondensor Pendingin Air	7
II.2.4. Evaporator Kondensor	8
II.3. Recciver Tank (Tangki Pengumpul)	9
II.4. Katub Ekspansi	9

II.5. Evaporator	9
II.6. Penentuan Sistem dan Refrigeran	11
II.6.1. Prinsip Refrigerasi	11
II.6.2. Klasifikasi Siklus Refrigerasi	11
II.6.2.1. Siklus Kompresi Uap (Vapour compression Cycle)	12
II.6.2.2. Siklus Pancaran Uap (Steam Jet Refrigeration Cycle)	14
II.6.2.3. Siklus Udara (Air Refrigeration Cycle).....	16
II.7. Kondisi Penyimpanan	17
II.8. Temperatur Penyimpanan	17
II.9. Situasi dan Kondisi Kerja Sistem	18
II.10. Penentuan Dimensi atau Volume Gudang Pendingin	18
BAB III. METODE BEBAN PENDINGIN	22
III.1. Beban Transmisi Thermal	23
III.1.1. Dinding Utara	25
III.1.2. Dinding Selatan	31
III.1.3. Dinding Barat	34
III.1.4. Dinding Timur	36
III.1.5. Beban Transmisi melalui Pintu	37
III.1.6. Beban Transmisi Thermal Melalui Atap	39
III.1.7. Beban Transmisi Thermal Melalui Lantai	40
III.1.8. Beban Infiltrasi	41
III.1.9. Beban Radiasi	44

III.1.10. Beban Internal	45
III.1.11. Beban Dari Pekerja	46
III.1.12. Beban dari Lampu	48
III.1.13. Beban Dari Motor listrik Pendingin Kipas (Fan)	49
BAB IV. PERHITUNGAN THERMODINAMIKA	52
IV.1. Penentuan Temperatur Kondensor Dan Evaporator	52
IV.2. Perhitungan Thermodinamika	54
IV.2.1. Suhu Kondensasi	54
IV.2.2. Suhu Evaporasi	54
IV.2.3. Perhitungan Thermodinamika	54
IV.2.4. Sifat-sifat Dari Beberapa Refrigeran	57
IV.2.5. Pemilihan Refrigeran	59
IV.3. Kondensor	60
IV.4. Evaporator	78
IV.5. Kompresor	79
IV.5.1. Siklus Kerja Kompresor	82
IV.5.2. Efisiensi Total Volumetris	84
IV.5.3. Kapasitas Kompresor Aktual	85
IV.5.4. Diameter Piston	86
IV.5.5. Langkah Piton	87
IV.5.6. Daya Kompresor	87
IV.5.7. Daya Motor Pengerak Kompresor	87



BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	89
V.1. Kesimpulan	89
V.2. Saran	91
PERAWATAN MESIN	92
DAFTAR PUSTAKA	94
LAMPIRAN-LAMPIRAN	
GAMBAR	

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang.

Tidak dapat dipungkiri lagi pertumbuhan populasi manusia di bumi meningkat pesat. Kebutuhan akan bahan pangan sebagai kebutuhan bahan pokok manusia juga meningkat, baik dari sebagai kuantitas maupun kualitas.

Hal ini sungguh merupakan sebuah tantangan bagi bangsa Indonesia, dengan lautan yang kaya akan sumber daya hayati dan iklim tropis yang memungkinkan bercocok tanam sepanjang tahun, Indonesia dapat menjadi sumber pangan bagi dunia. Namun semua ini juga harus didukung oleh perkembangan industri pengolahan bahan pangan, Hal ini diperlukan agar kualitas bahan pangan yang dihasilkan dapat dikontrol hingga akan memberikan nilai tambah bagi produk tersebut. Jadi dapat disimpulkan untuk pengembangan wilayah nasional Pemerintah perlu mengembangkan “ Agro Industri “ yaitu industri yang didukung oleh perikanan yang tangguh.

Meningkat bahan pangan sangat sensitif dengan perubahan-perubahan temperatur dan kelembahan yang menyebabkan kerusakan pada bahan pangan, maka teknologi pengawetan bahan pangan merupakan salah satu hal yang penting. Seperti diketahui bahwa sentra-sentra produksi bahan pangan di Indonesia cukup jauh dari pada pusat kota sebagai sentra perdagangan. Jadi sejak proses pasca panen hingga produk siap di pasarkan, dibutuhkan waktu untuk menjaga agar kualitas bahan pangan tetap baik, maka pengawetan dilakukan. Salah satu metode

pengawetan yang cukup efektif adalah pembekuan dan penyimpanan dingin. Metode ini menggunakan teknologi refrigerasi yang dapat mengubah kondisi temperatur ruangan.

Jadi teknologi pengawetan bahan pangan yang salah satunya yang dapat menggunakan teknologi refrigerasi, dapat menjadi sebuah lapangan kerja industri. Demikian juga halnya dengan pertanian, akan merupakan sebuah lapangan pekerjaan yang menyajikan bagi masyarakat Indonesia yang telah dianugrahi tanah air dengan sumber daya alam yang cukup kaya. Mungkion ini dapat menjadi sebuah solusi bagi Indonesia ditegah keterpurukan ekonomi saat ini.

1.2. Perumusan Masalah

Dalam usaha meningkatkan dan menjaga kualitas dan kuantitas suatu produk yang sensitif akan dengan perubahan-perubahan temperatur dan kelembaban yang menyebabkan kerusakan pada bahan pangan maka pengawetan bahan pangan merupakan salah satu hal yang sangat penting.

Seperti yang kita ketahui tempat produksi bahan pangan di Indonesia cukup jauh dari pusat kota sebagai sentral perdagangan maka dibutuhkan waktu untuk menjaga agar kualitas bahan pangan tetap baik maka satu metode pengawetan yang cukup efektif adalah pembekuan dan penyimpanan dingin. Agar tetap terjaga kualitasnya, maka penulis merencanakan pengawetan bahan pangan dengan sistem menggunakan teknologi refrigerasi.

1.3 Tujuan Perencanaan

Adapun tujuan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.

- Sebagai syarat untuk menyelesaikan program sarjana Strata 1 pada jurusan teknik mesin
- Untuk mengetahui dan memahami tentang perencanaan gudang pendingin berkaitan dengan topik pembahasan atau topik masalah yang akan dibuat di tugas akhir ini.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian pada tugas akhir ini adalah :

- Dapat mengetahui serta memahami sistem gudang pendingin yang direncanakan
- Penulis juga mendapat manfaat untuk mencegah kerusakan pada bahan makanan baik akibat serangan mekanis maupun pembiakan bakteri

1.5 Batasan dan Ruang Lingkup

Agar penulisan rancangan tugas akhir ini sesuai dengan judul dan bidangnya maka penulis membatasi permasalahan yang dibahas.

- Analisa bahan pendingin
- Pemilihan sistem pendingin
- Pemilihan dan perencanaan jenis peralatan utama mesin pendingin.

BAB II

TEORI

MESIN REFRIGERASI

II.1. Kompresor

Kompresor adalah suatu alat yang bekerja untuk menaikkan tekanan dan temperatur refrigeran serta mensirkulasikannya, sehingga bahan pendingin dapat mengalir dari suatu bagian kebagian yang lain dari sistem. Karena adanya perbedaan tekanan antara sisi tekanan tinggi dan sisi tekanan rendah, maka bahan pendingin cair dapat mengalir melalui alat pengatur bahan pendingin, yakni kutub ekspansi.

Pada umumnya kompresor dapat diklasifikasikan berdasarkan kepada :

1. Metode Kompresi

a. Metode Kompresi Positif

1. Kompresor torak bolak-balik, kerja tunggal dan ganda.
2. Kompresor tunggal.
3. Kompresor sekrup.

b. Metode Kompresi Sentrifugal

1. Kompresor jenis vertikal.
2. Kompresor jenis horizontal.
3. Kompresor jenis selinder banyak, bentuk L, bentuk U, bentuk W, bentuk bintang.

2. Berdasarkan Putaran
 - a. Jenis kecepatan rendah ≤ 1500 rpm
 - b. Jenis kecepatan tinggi ≤ 1500 rpm
3. Berdasarkan Gas Refrigeran, adalah :
 - a. Kompresor amoniak.
 - b. Kompresor freon.
 - c. Kompresor CO₂
4. Berdasarkan Konstruksinya, adalah :
 - a. Jenis terbuka (jenis sabuk atau belt)
 - b. Jenis semi hermatik.
 - c. Jenis hermatik.

II.1.1 Hubungan Antara Kompresor Dengan Refrigeran

Refrigeran adalah suatu medium yang didalam pesawat pendingin yang berfungsi sebagai penyerap panas di evaporator untuk dibuang ke kondensor. Pemilihan refrigeran pada suatu pesawat pendingin merupakan faktor yang sangat penting. Karena hal ini akan mempengaruhi efisiensi yang tinggi dan harus pula diperhatikan pengaruh refrigeran terhadap pengaruh – pengaruh lainnya, seperti keamanan metal yang digunakan, serta pengaruhnya terhadap kesehatan sesuai dengan penggunaan pesawatnya.

Berdasarkan hal tersebut diatas, refrigeran yang digunakan sebagai medium pendingin, dimana diketahui bahwa refrigeran itu ada hubungannya dengan jenis .

pesawat pendingin (kompresor), apa yang akan digunakan, untuk lebih jelasnya, akan dipaparkan secara satu – persatu.

Tabel 2.2.1 Hubungan Refrigeran dengan Kompresor

No	Refrigeran	Jenis Kompresor
1	R – 11	Sentrifugal
2	R – 12	Torak (Reciprocating), Sentrifugal rotary
3	R – 22	Torak, Sentrifugal
4	R – 500	Torak
5	R – 502	Torak
6	R – 503	Torak
7	R – 13	Torak
8	R – 113	Sentrifugal
9	R – 717	Torak

11.2. Kondensor

Fungsi dari kondensor adalah untuk merubah fasa uap menjadi fasa cair dari refrigeran yang bertekanan dan bertemperatur tinggi yang keluar dari kompresor untuk melepaskan / membunag sejumlah kalor (panas).

11.2.1. Klasifikasi Kondensor

Berdasarkan konstruksinya, kondensor dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

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

II.2.2. Kondensor Pendingin Udara

Medium pendingin kondensor ini adalah udara, untuk kondensor yang ditempatkan di atap gedung, dimana kondensor didinginkan melalui fan untuk membuang panas di udara bebas. Pipa refrigeran harus bertekanan tinggi, ini disebabkan adanya hubungan langsung dengan udara luar. Temperatur pengembunan refrigeran lebih kurang 15 sampai dengan 55 °C dari temperatur udara luar (30 °C) atau temperatur pengembunan 65 sampai dengan 85 °C.

Kondensor pendingin udara ini terdiri dari koil pipa pendingin bersirip plat, dimana udara mengalir dengan arah tegak lurus pada bidang pendingin. Sirkulasi udara pada kondensor pendingin udara dapat berupa konveksi bebas di gunakan pada unit pendingin berkapasitas kecil, seperti kulkas atau display cabinet. Sedangkan untuk konveksi paksa digunakan pada unit pendingin dengan kapasitas yang lebih besar.

Adapun ciri – ciri kondensor pendingin udara adalah sebagai berikut :

- a. Tidak memerlukan pipa air pendingin, pompa air dan penampung air, karena tidak menggunakan air.
- b. Dapat dipasang diman saja, asal terdapat udara bebas.
- c. Tidak mudah terjadi korosi karena permukaan koil kering.

II.2.3. Kondensor Pendingin Air

Kondensor pendingin menggunakan medium air, Kondensor ini dapat dibedakan menjadi :

- a. kondensor berbentuk tabung dan pipa (Shell and Tube), Kondensor ini banyak digunakan pada unit pendingin berukuran kecil sampai besar. Air

pendingin masuk kedalam tabung untuk mendinginkan pipa – pipa refrigeran dari temperatur tinggi. Kondensor ini berbentuk sederhana, mudah pemasangannya dan untuk membersihkan pipa – pipa akibat kotoran yang dibawa oleh air setelah dipergunakan cukup lama mudah untuk dibersihkan.

- b. Kondensor pipa ganda (Double Tube), Kondensor ini merupakan susunan dari dua pipa coil aksial, dimana refrigeran mengalir melalui saluran yang terbentuk antara pipa dalam dan pipa luar dari atas dan dari bawah, sedangkan air pendingin relatif lebih kecil dibandingkan dengan kondensor berbentuk tabung dan pipa.
- c. Kondensor tabung dan coil (Shell and Coil), kondensor tabung dan coil banyak dipergunakan pada unit dengan freon sebagai refrigeran berkapasitas relatif kecil, misalnya pada penyegaran udara jenis paket pendingin air dan sebagainya. Koil pipa pendingin ditempatkan didalam tabung yang dipasangkan pada posisi vertika. Koil pipa pendingin terbuat dari tembaga tanpa sirip atau dengan sirip. Pada kondensor tabung dan koil, air mengalir pada koil pendingin, endapan dan kerak yang terbentuk didalam pipa dapat dibersihkan dengan menggunakan zat kimia (deterjen).

II.2.4. Evaporator Kondensor

Hampir sama dengan kondensor pendingin air yang dikombinasikan dengan menara pendingin menjadi satu unit. Bila air tersedia sangat terbatas, maka penggunaan evaporator kondensor ini lebih sesuai bila dibandingkan dengan menara pendingin untuk kapasitas pendingin.

II.3. Reciver Tank (Tangki Penampung)

Reciver tank berfungsi untuk mengumpulkan refrigeran dari kondensor dan menampung cairan refrigeran sampai sesuai dengan kebutuhan evaporator.

II.4. Katub Ekspansi

Katub ekspansi berfungsi untuk menurunkan tekanan, ini diikuti pada penurunan temperatur hingga temperatur refrigeran lebih rendah dari temperatur pengkondisian yang didinginkan.

II.5. Evaporator

Evaporator terjadinya proses penguapan, dimana dengan alat ini refrigeran menyerap panas dari sistem yang dikondisikan. Panas yang diserap ini akan menyebabkan penguapan (evaporasi) pada refrigeran.

Jenis-jenis dari pada evaporator antara lain :

1. Jenis Ekspansi Kering

Dalam jenis ekspansi kering, cairan refrigeran yang di ekspansi melalui katub ekspansi, pada waktu masuk kedalam evaporator sudah dalam keadaan campuran cairan dan uap, sehingga keluar dari evaporator dalam keadaan uap kering.

2. Jenis Setengah Basah

Evaporator jenis setengah basah adalah evaporator dengan kondisi refrigeran diantara evaporator jenis ekspansi kering dan evaporator jenis basah. Dalam evaporator jenis ini selalu terdapat refrigeran cair dalam pipa penguap.

3. Jenis Basah

Dalam jenis basah sebagian besar dari evaporator terisi oleh cairan refrigeran proses penguapan terjadi seperti pada katel uap. Gelembung refrigeran yang terjadi karena pemanasan atau naik, pecah pada permukaan cairan atau terlepas dari permukaan, sebagian refrigeran kemudian masuk kedalam akumulator yang memisahkan uap dari cairan.

Kemudian berdasarkan konstruksinya, maka evaporator dapat diklasifikasikan pada :

a. Evaporator Tabung Koil

Pada evaporator tabung dan koil terdapat pipa koil tunggal atau pipa ganda didalam sebuah silinder, refrigeran mengalir didalam koil pipa, untuk mendinginkan air atau larutan garam yang ada dibagian luar koil. Evaporator jenis ini hanya dipakai pada mesin refrigeran yang kecil, karena perpindahan kalornya sangat rendah.

b. Evaporator Tabung dan Pipa Jenis Ekspansi

Pada evaporator tabung dan pipa jenis ekspansi kering menggunakan banyak pipa yang dipasang didalam tabung. Refrigeran mengalir didalam pipa, sedangkan cairan yang hendak didinginkan mengalir melalui luar pipa refrigeran, yaitu didalam tabung.

c. 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, yaitu jenis ekspansi langsung, refrigeran diuapkan secara langsung didalam pipa



evaporator, sedangkan pada jenis ekspansi tidak 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 perpindahan kalor yang berhubungan dengan udara, karena konduktivitas thermalnya kecil.

II.6. Penentuan Sistem dan Refrigeran

II.6.1. Prinsip Refrigerasi.

Refrigerasi dapat didefinisikan sebagai proses penyerapan panas dari suatu objek yang temperaturnya lebih tinggi dan akan dilepas ke objek yang temperaturnya lebih rendah. Proses penyerapan dan pelepasan panas dilakukan oleh sebuah sistem yang dinamakan sistem refrigerasi. Refrigerasi merupakan terapan dari teori perpindahan panas dan termodinamika.

Berdasarkan proses-proses refrigerasi, refrigeran dalam menjalankan fungsinya sebagai media pendingin mengalami perubahan fase yaitu dari cair berubah menjadi uap kembali menjadi cairan, kecuali pada pendingin yang menggunakan udara sebagai refrigerannya. Maka media pendingin adalah wujud zat cair (liquid).

II.6.2. Klasifikasi Siklus Refrigerasi.

Seperti telah dijelaskan bahwa refrigerasi itu merupakan suatu proses penyerapan panas. Dalam sistem refrigerasi digunakan fluida kerja yang dinamakan refrigeran. Refrigeran inilah yang kemudian akan disirkulasikan melalui perlengkapan sistem refrigerasi dan akan merupakan media penyerapan panas. Pada umumnya sistem refrigerasi menggunakan siklus tertutup, sehingga

panas yang diserap media pendingin (refrigeran) akan dibuang melalui peralatan yang ada didalam sistem dan refrigeran yang terus bersikulasi melalui peralatan pendukung sistem ini.

Berdasarkan proses yang dialami refrigeran siklus dapat dibedakan atas :

1. Siklus Kompresi Uap (Vapor Compression Cycle)
2. Siklus Pancaran Uap (Steam Jet Refrigeration Cycle)
3. Siklus Udara (Air Refrigeration Cycle)

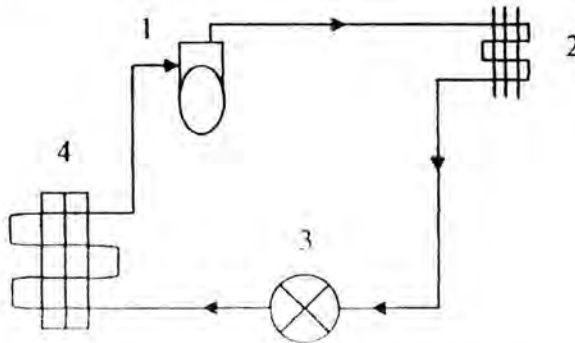
II.6.2.1. Siklus Kompresi Uap (Vapor Compression Cycle)

Siklus kopresi uap ini merupakan daur model sebagian besar sistem refrifgerasi yang dipakai secara umum, sistem refrigerasi dengan siklus kompresi uap dilengkapi dengan komponen-komponen sebagai berikut :

- a. Kompresor, yang berfungsi untuk melakukan tekanan refrigerasi pada fasa gas yang diserap dari evaporator sehingga akan menghasilkan gas tekanan tinggi.
- b. Kondensor, sesuai dengan namanya, didalam alat ini refrigeran akan mengalami kondensasi, yaitu perubahan fasa refrigeran dari gas menjadi cair secara perlahan akibat pendinginan dari luar. Biasanya kondensor ini didinginkan dengan udara dan air.
- c. Receiver tank, untuk menampung cairan refrigeran bertekanan tinggi dari kondensor.
- d. Katup ekspansi, berfungsi untuk menurunkan tekanan refrigeran, penurunan tekanan ini diikuti pula penurunan temperatur pengkondisian yang diinginkan.

- e. Evaporator, dengan alat ini refrigeran menyerap panas dari sistem yang dikondisikan. Panas yang diserap ini akan menyebabkan penguapan (evaporasi) pada refrigeran.

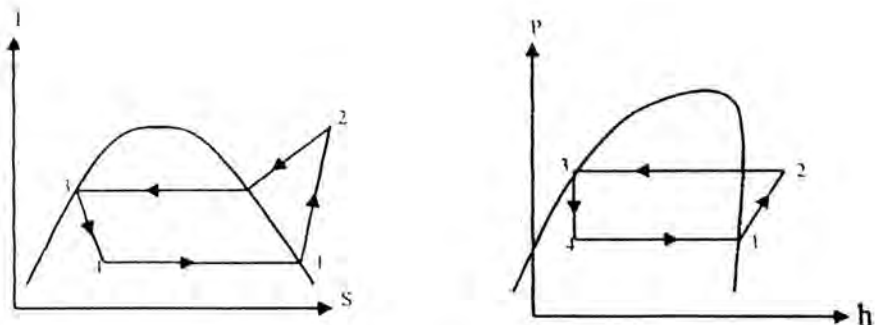
Secara diagram siklus kompresi dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Dari Sebuah Siklus Kompresi Uap Sederhana Dan Komponen Utamanya

Kerangan gambar

1. Kompresor
2. Kondensor
3. Katub Ekspansi
4. Evaporator



Gambar 3.2 Diagram analisa Termodinamika Siklus Uap (a) T - S diagram, (b) P - h Diagram Mollier.

Keterangan gambar

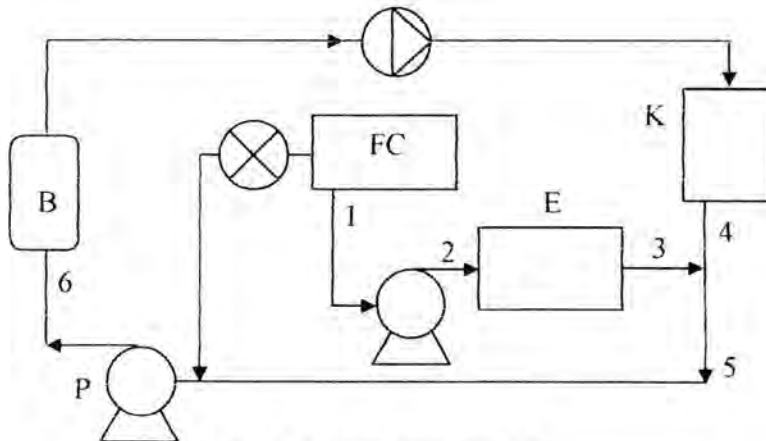
- 1 – 2 Proses ini terjadi didalam kompresor, refrigeran dihisap dari evaporator pada fasa uap jenuh. Akibat kerja yang diberikan oleh kompresor tekanan refrigeran akan naik dan berubah ke fasa uap lanjut. Jadi pada proses 1 – 2 ini refrigeran berada pada fasa gas.
- 2 – 3 Proses ini terjadi dalam kondensor, gas refrigeran dari kompresor dialirkan kekondensor, pada kondensor ini refrigeran melepaskan panas laten yang dikandungnya, sehingga dari uap lanjut perlahan – lahan refrigeran akan berubah menjadi fase cair jenuh, proses ini terjadi pada tekanan konstan (isobar).
- 3 – 4 Proses ini terjadi pada katub ekspansi, pada katub ekspansi refrigeran mengalami penurunan tekanan. Penurunan tekanan juga diikuti dengan oleh penurunan temperatur. Setelah melalui katub ekspansi ini refrigeran diharapkan sudah pada fasa cair jenuh.
- 4 – 1 Proses ini terjadi pada evaporator, refrigeran akan menyerap panas dari sekelilingnya. Panas yang diserap ini menimbulkan perubahan fasa pada refrigeran. Hingga akhirnya keluar dari evaporator refrigeran sudah pada fasa jenuh.

II.6.2.2. Siklus Pancaran Uap (Steam Jet Refrigeration Cycle)

Siklus pancaran uap ini diterapkan apabila temperatur pengkondisian berada sedikit lebih tinggi dari 32⁰F. Batas ini ditetapkan oleh titik beku air, yang merupakan fluida kerja pada siklus ini.

Pada siklus ini digunakan sebuah boiler yang akan menghasilkan uap. Uap ini akan dialirkan melalui sebuah nozel, sehingga energi potensial uap berubah menjadi energi kinetis, energi kinetis ini kan digunakan untuk menarik kabut air dari flash chamber.

Nozel ini akan mempertahankan ruang flash chamber pada tekanan dan temperatur rendah. Air ini kemudian akan dialirkan melalui suatu system yang akan dikondisikan. Sementara itu uap dari nozel dialirkan kekondensor. Bagian sistem dan prosesnya ditunjukkan pada gambar 3.3



Gambar 3.3 Siklus Pancaran Uap

Keterangan gambar :

B : Boiler

N : Nosel

FC : Flash Chamber

P : Pompa

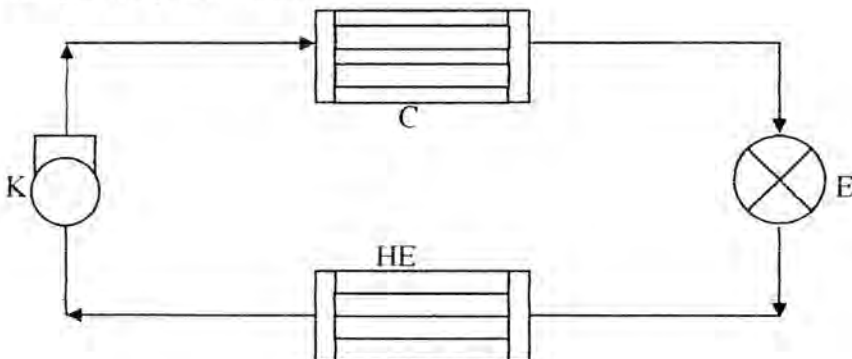
K : Kondensor

E : Evaporator

II.6.2.3. Siklus Udara (Air Refrigeration Cycle)

Pada sistem ini refrigeran yang digunakan adalah udara. Dalam siklusnya udara dalam keadaan fasa gas. Refrigeran jenis ini peralatan yang dibutuhkan antara lain :

- Kompresor yang berfungsi untuk menaikkan tekanan udara sehingga dapat mengalirkan melalui katub ekspansi.
- Cooler yang berfungsi untuk melepaskan panas dari udara, akibat yang diberikan oleh kompresor. Cooler ini merupakan sebuah heat exchanger fluida pendinginnya dapat digunakan udara atau air.
- Katub ekspansi berfungsi untuk menurunkan tekanan, penurunan tekanan ini dan diikuti pula penurunan temperatur. Sehingga telah melalui katub ini fluida udara sudah pada temperatur dingin yang diharapkan.
- Heat exchanger udara dingin dari katub ekspansi mengalir kesebuah heat exchanger yang diletakkan dalam sistem yang dikondisikan. Udara ini akan menyerap panas dari sistem hingga temperaturnya hampir sama dengan temperatur udara.



Gambar 3.4 Diagram Alir Siklus Refrigerasi Udara

Keterangan gambar :

- K : Kompresor
- C : Cooler
- E : Evaporator
- HE : Heat exchanger

II.7. Kondisi Penyimpanan.

Kondisi penyimpanan optimum untuk suatu produk batas penyimpanan dengan suatu waktu yang relatif pendek ataupun selang waktu penyimpanan yang leratif lama tergantung pada :

- Sifat masing-masing produk
- Lama penyimpanan

Pada kesempatan ini diberikan tugas merencanakan sebuah gudang pendingin yang akan digunakan untuk penyimpanan 40 ton udang dengan data – data sebagai

berikut :

- Temperatur ruangan : $- 24^{\circ} \text{C}$
- Kelembaban relatif : 55 %

II.8. Temperatur Penyimpanan.

Temperatur penyimpanan optimum dari suatu produk selalu dibuat sedikit diatas temperatur penajaman pembekuan (Freezing). Hal ini didasarkan atas pengujian lapangan. Adapun alasannya adalah :

- Manjamin kesegaran produk
- Pendinginan produk yang merata

II.9. Situasi Dan Kondisi Kerja sistem.

Situasi dan system kondisi kerja pendingin sebagai mana yang telah direncanakan sebelumnya pada gudang pendingin yaitu :

- Temperatur air rata-rata : 30^0 C
- Temperatur udara luar rata-rata : 33^0 C
- Kita pilih refrigeran mengingat ruangan tersedia harus sebesar mungkin yaitu untuk mempertahankan temperatur yang cocok untuk udang.
- Sesuai dengan perencanaan ditentukan ruang minus koil refrigeran pada kelembaban relatif (RH) 55 % maka diperoleh dari survey temperatur evaporasi (Temperatur refrigeran dievaporator) adalah 30^0 C.

Dari keterangan diatas maka dapat disimpulkan bahawa sistem bekerja pada :

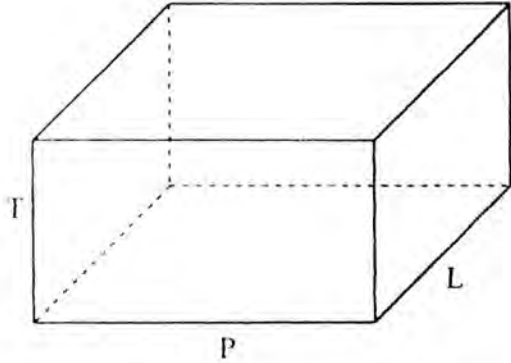
- Temperatur koil : 30^0 C
- Temperatur refrigeran : 30^0 C
- Lama penyimpanan : 3 s/d 4 minggu

II.10. Penentuan Dimensi Atau Volume Gudang Pendingin

Penyimpanan bahan – bahan pada gudang (storage). Pada prinsipnya sama dengan penggunaan pada domestik, komersial, industri. Untuk menghitung volume gudang pendingin dapat dicari dengan menggunakan faktor – faktor sebagai berikut :

- Kapasitas ruang pendingin 30 ton = 30.000 Kg

Dimana udang yang berkapasitas 30 ton tersebut akan disimpan didalam gudang pendingin yang akan dikemas didalam kotak yang berukuran :



Gambar 3.6 Kotak Tempat Udang

$P = 0,45 \text{ m}$

$L = 0,25 \text{ m}$

$T = 0,20 \text{ m}$

Maka volume kotak = $P \times L \times T$

$0,45 \text{ m} \times 0,25 \text{ m} \times 0,20 \text{ m}$

$= 0,0225 \text{ m}^3$

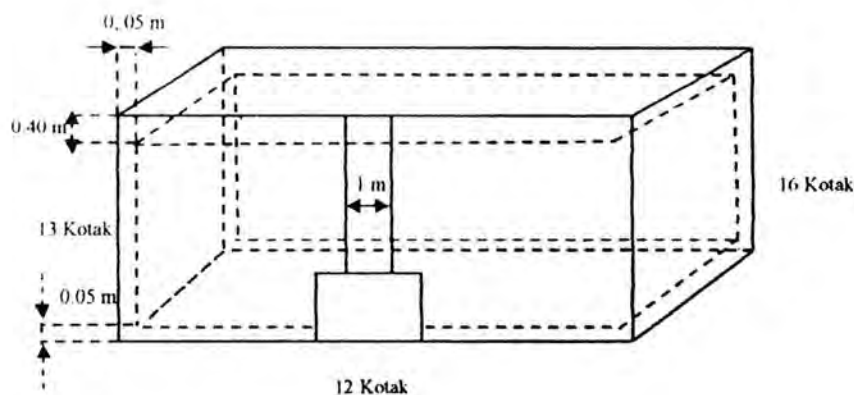
Dimana isi untuk 1 kotak = 12 kg

Kapasitas 30 ton = $\frac{30.000 \text{ kg}}{12 \text{ kg}}$

= 2500 kota

= $2500 \times 0,0225 \text{ m}^3$

= $56,25 \text{ m}^3$



Gambar 3.7 Skema Kontruksi Dan Dimensi Ruang Cold Storage

Maka :

$$P = 0,05 + 1 + 0,05 + 12 \times 0,45 = 6,5 \text{ m} + 2 (0,3) = 7,1$$

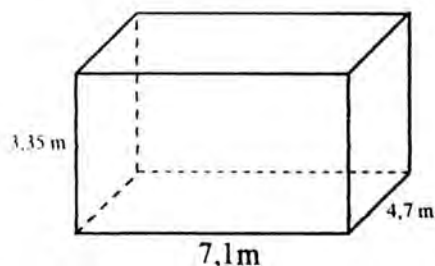
$$L = 0,05 + 0,05 + 16 \times 0,25 = 4,1 \text{ m} + 2 (0,3) = 4,7$$

$$T = 0,05 + 0,40 + 13 \times 0,20 = 3,05 \text{ m} + 0,3 = 3,35$$

Maka volume gudang sebenarnya adalah

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= P \times L \times T \\ &= 7,1 \text{ m} \times 4,7 \text{ m} \times 3,35 \text{ m} \\ &= 111,7895 \text{ m}^3. \end{aligned}$$

Sehingga didapat dimensi gudang sebenarnya



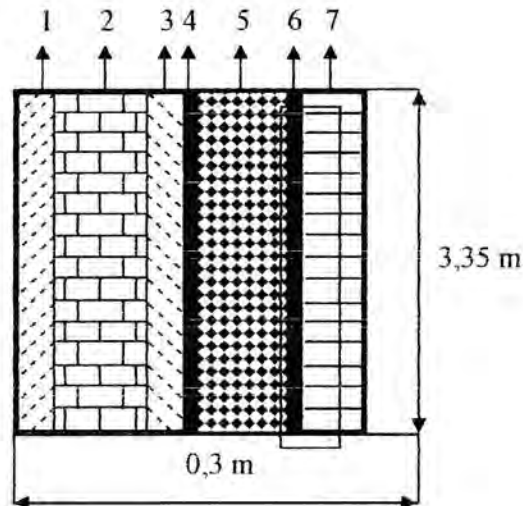
Gambar 3,8 Dimensi Ruang Cold Storage Sebenarnya

Maka volume gudang

$$= P \times L \times T$$

$$= 7,1 \text{ m} \times 4,7 \text{ m} \times 3,35 \text{ m}$$

$$= 111,7895 \text{ m}^3.$$



Gambar 3.9 Konstruksi Dinding Gudang

Keterangan gambar :

- | | | |
|------------------|-----------|-----------|
| 1. Plaster semen | = 2 cm | = 0,02 m |
| 2. Batu bata | = 10 cm | = 0,1 m |
| 3. Plaster semen | = 2 cm | = 0,02 m |
| 4. Plat baja | = 0,5 cm | = 0,005 m |
| 5. Gabus | = 13 cm | = 0,13 m |
| 6. Plat baja | = 0,05 cm | = 0,005 m |
| 7. Kayu papan | = 2 cm | = 0,02 m |

BAB III

METODE BEBAN PENDINGIN

Sesuai dengan keterangan bab I dan bab II sistem refrigerasi ini hanya berlangsung pada produk udang setelah menjalani berbagai proses hingga masuk kedalam gudang pendingin, sebelum diproses lanjut hingga keemasan dengan waktu penyimpanan didalam gudang pendingin yang direncanakan selama 3 sampai 4 minggu.

Adapun tujuan ini memasukkan ke dalam gudang pendingin adalah menghindari terjadinya kebusukan atau keracunan sebelum sampai dipasar.

Diketahui bahwa panas dapat berpindah dari tempat yang bertemperatur tinggi ke tempat yang bertemperatur rendah melalui tiga mekanisme yaitu :

1. Konduksi, yaitu proses perpindahan panas melalui medium stasioner (zat padat) seperti : tembaga, dinding beton, dan medium padat lainnya.
2. Radiasi, yaitu proses perpindahan panas pancaran.
3. Konveksi, yaitu proses perpindahan panas diantara benda padat dan fluida yang bergerak.

Secara umum komponen panas yang diserap oleh sebuah sistem refrigerasi dapat dibagi menjadi 2 golongan yaitu :

1. Komponen panas yang tergolong dalam panas yang perubahan temperatur, misalnya :
 - Panas transmisi melalui dinding.
 - Radiasi matahari.

- Infiltrasi udara.
 - Panas dari produk dan peralatan yang berada dalam ruangan.
 - Para pekerja.
 - Faktor koreksi.
2. Komponen panas dalam panas laten, yaitu panas yang menyebabkan penguapan. Panas ini didapat dari sumber panas yang mengandung uap air. Dengan melihat fungsi penguapan dan kondisi ruangan yang akan direncanakan, maka sumber – sumber panas yang mungkin adalah :
- Panas dari luar akibat transmisi termal melalui dinding.
 - Panas infiltrasi melalui celah pintu dan pada saat pembekuan pintu untuk memasukan ataupun mengeluarkan produk dari dalam gudang.
 - Panas radiasi melalui dinding yang berkontak langsung dengan sinar matahari.
 - Panas internal, yaitu panas dari lampu – lampu yang ada dalam ruangan. Panas dari dalam operator selama proses pengisian atau pengeluaran produk, panas dari motor penggerak kipas yang digunakan untuk mensirkulasikan didalam ruangan.

III.1 Beban Transmisi Thermal

Seperti telah diterangkan didepan bahwa beban transmisi thermal adalah panas yang merambat melauai dinding akibat adanya perbedaan temperatur pada kedua sisinya. Untuk keperluan pencernaan ini, dinding dilapisi dengan isolasi.

Bahan isolasi ini biasanya diambil bahan yang mempunyai konduktivitas rendah, sehingga nilai tahanan thermalnya cukup besar dengan konstruksi dinding tergambar dibawah ini. Dimana pada bagian luar dinding adalah plaster dan batu yang disusun melebar. Hal ini dimaksudkan untuk memperoleh nilai Δx yang lebih besar yang akan meningkatkan nilai tahanan kalor dinding karena diketahui bahwa tahanan panas konduksi berbanding lurus dengan tebal media penghantar panas.

Pada bagian dalam dinding dibuat kayu balok tebalnya 0,05 m, dengan jarak satu simpanan tidak tersusun rapat dengan dinding, sehingga ruangan yang akan bermanfaat sebagai ruang sirkulasi udara.

Besar panas terhantar melalui dinding menurut [1] dapat dihitung dengan persamaan :

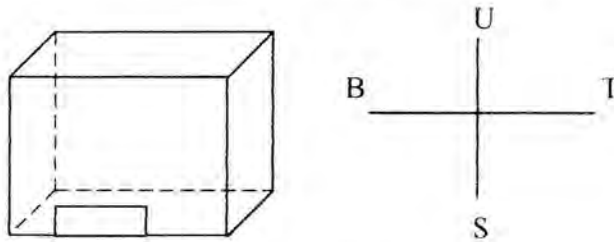
$$q = U \cdot A \cdot \Delta T \dots\dots\dots \text{persamaan (4.1)}$$

Dimana :

- q = Besarnya berpindah panas yang terjadi (Watt)
- U = Koefisien berpindah panas menyeluruh ($W / m^2 \cdot ^\circ C$)
- A = Luas penampang (m^2)
- ΔT = Selisih temperatur ($^\circ C$)
= $T_0 - T_1$
- T_0 = Temperatur udara luar
- T_1 = Temperatur ruangan

III.1.1. Dinding Utara

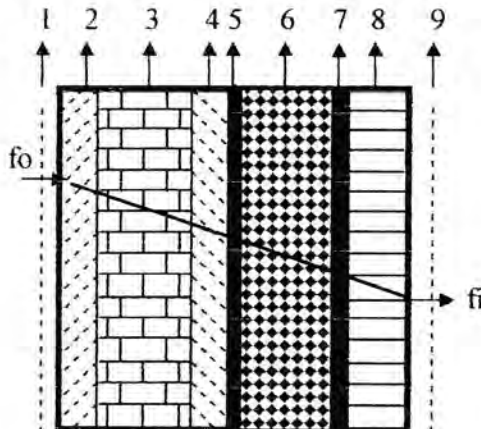
Konstruksi ruangan harus memungkinkan tidak banyak panas dari luar masuk kedalam ruangan. Hal ini dimaksudkan agar temperatur ruangan dapat dijaga pada temperatur yang ditentukan, salah satu cara terbaik adalah melapisi dinding dengan isolasi. Isolasi ini akan berfungsi sebagai tahanan panas.



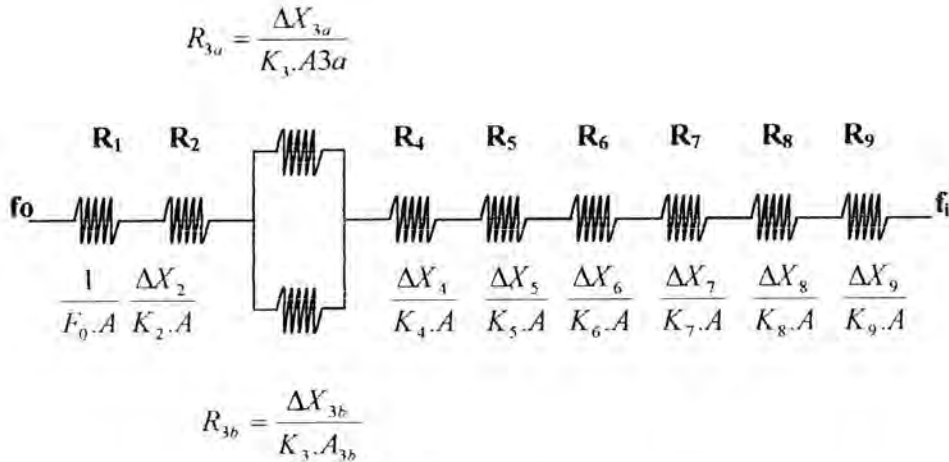
Gambar 4.1 Posisi Cold storage

Konstruksi lapisan dinding yang direncanakan telah dijelaskan diatas, namun demikian akan digambarkan kembali berikut dengan analogi listriknya.

Analogi listrik ini menunjukkan lapisan dinding sebagai tahanan thermal, ini akan menjadi fungsi dan koefisien perpindahan panas menyeluruh (U) :



Gambar 4.2 Konstruksi Dinding



Gambar Analogi Listrik

Besarnya nilai tahanan thermal konveksi dan konduksi menurut [2] dapat ditulis :

$$R_{\text{Konveksi}} = \frac{l}{h \cdot A} \dots \dots \dots \text{persamaan (4.2)}$$

$$R_{\text{Konduksi}} = \frac{\Delta X}{K \cdot A} \dots \dots \dots \text{persamaan (4.3)}$$

Dimana :

h = Koefisien perpindahan panas konveksi (W / m².⁰C)

K = Koefisien perpindahan panas konduksi (W / m.⁰C)

A = Luas penampang pindahan panas (m²)

ΔX = Tebal dinding (m)

Dengan memasukkan persamaan (1), maka akan diperoleh :

$$q = \frac{\Delta T}{\frac{l}{F_0 \cdot A} + \frac{\Delta X_2}{K_2 \cdot A} + \frac{1}{\frac{\Delta X_{3a}}{K_3 \cdot A_{3a}} + \frac{\Delta X_{3b}}{K_3 \cdot A_{3b}}} + \frac{\Delta X_4}{K_4 \cdot A} + \frac{\Delta X_5}{K_5 \cdot A} + \dots}$$

$$\frac{x_6}{K_6 \cdot A} + \frac{x_7}{K_1 \cdot A} + \frac{x_8}{K_8 \cdot A} + \frac{1}{F_1 \cdot A} \dots\dots\dots \text{persamaan (4.4)}$$

Konduktivitas thermal dan koefisien perpindahan panas untuk lapisan dinding ditunjukkan pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Koefisien tahanan thermal konduksi dan konveksi untuk lapisan dinding

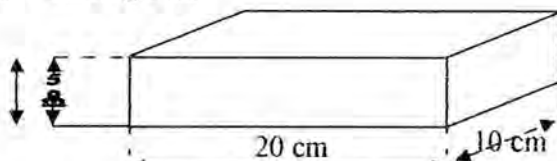
Lapisan Tahanan Thermal	X (cm)	K (W/m. ⁰ C)	h (w/m ² . ⁰ C)
Lapisan film udara luar	-	-	9,37
Plaster semen	0,02	0,29	-
Batu bata	0,1	0,69	-
Plaster semen	0,02	0,29	-
Plat baja	0,005	16,3	-
Gabus	0,13	0,045	-
Plat baja	0,005	16,3	-
Kayu papan	0,02	0,15	-
Lapisan film udara dalam	-	-	22,717

Sumber : Refrigerasi dan pengkondisian udara, Wilbert F. Stoker dan Jerold W. Jones (Principles of refrigeration)

Maka luas permukaan keseluruhan dinding adalah :

$$\begin{aligned} A &= P \times T \\ &= 7,1 \text{ m} \times 3,35 \text{ m} = 23,785 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Luas permukaan dinding bata



Gambar 4.3 Batu Bata

Dimana :

$$\begin{aligned} P &= 20 \text{ cm} &= 0,2 \text{ m} \\ T &= 5 \text{ cm} &= 0,05 \text{ m} \end{aligned}$$

Luas permukaan plaster antara bata adalah :

$$\begin{aligned} A_p &= A - b \\ &= 23,785 \text{ m}^2 - 15,309333 \text{ m}^2 \\ &= 8,475667 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Keterangan gambar isolasi :

1. Lapisan film udara dalam

$$F_1 = 22,70 \text{ W / m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

2. Plaster semen

$$K_2 = 0,29 \text{ w / m} \cdot ^\circ\text{C} \quad i = x_2 = 0,02 \text{ m}$$

3. Batu bata

$$K_3 = 0,69 \text{ W / m} \cdot ^\circ\text{C} \quad i = x_3 = 0,1 \text{ m}$$

4. Plaster semen

$$K_4 = 0,29 \text{ w / m} \cdot ^\circ\text{C} \quad i = x_4 = 0,02 \text{ m}$$

5. Plat baja

$$K_5 = 16,3 \text{ W / m} \cdot ^\circ\text{C} \quad i = x_5 = 0,005 \text{ m}$$

6. Gabus

$$K_6 = 0,045 \text{ W / m} \cdot ^\circ\text{C} \quad i = x_6 = 0,13 \text{ m}$$

7. Plat baja

$$K_7 = 16,3 \text{ W / m} \cdot ^\circ\text{C} \quad i = x_7 = 0,005 \text{ m}$$

8. Kayu balok

$$K_8 = 0,15 \text{ W / m} \cdot ^\circ\text{C} \quad i = x_{10} = 0,02 \text{ m}$$

9. Lapisan film udara luar

$$F_0 = 9,37 \text{ w / m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Dimana tebal plaster ($l_1 = 20 \text{ mm} = 0,02 \text{ m}$, dan $l_b = \text{tinggi batu bata} = 0,05 \text{ m}$).

Untuk menghitung jumlah batu bata yang dibutuhkan pada dinding dengan posisi horizontal dengan menggunakan persamaan : $l_1 (n + 1) + l_b (n) = l$

$$0,02 + (N + 1) + 0,2 (n) = 7,1 \text{ m}$$

$$0,02 n + 0,02 + 0,2 n = 7,1 \text{ m}$$

$$0,22 \cdot n = 7,1 - 0,02$$

$$n_1 = \frac{7,08}{0,22}$$

$$= 32,1818 \text{ batu bata}$$

Untuk jumlah batu bata yang dibutuhkan dengan posisi vertikal adalah

$$l_1 (n + 1) + l_b (n) = l$$

$$0,02 n + 0,02 + 0,05 (n) = 3,35$$

$$n = 3,35 - 0,02$$

$$n_2 = \frac{3,33}{0,07} = 47,5714 \text{ batu bata}$$

Maka jumlah total batu bata untuk dinding = $32,1818 \times 47,5714$

$$= 1530,9333 \text{ batu bata}$$

Dengan demikian luas perpindahan panas untuk 1 buah batu bata adalah :

$$A_b = 0,2 \times 0,05$$

$$= 0,01 \text{ m}^2$$

Maka luas permukaan dinding bata adalah :

$$A_b = 1530,9333 \times 0,01$$

$$= 15,309333 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned}
 q &= \frac{(33^{\circ}\text{C} - (-24^{\circ}\text{C}))}{\frac{1}{9,37 \times 23,785} + \frac{0,02}{0,29 \times 23,785} + \frac{1}{\frac{1}{0,1} + \frac{1}{0,1}} + \frac{0,02}{0,29 \times 23,785} + \frac{1}{22,70 \times 23,785}} \\
 &= \frac{57^{\circ}\text{C}}{0,515651} \\
 &= 110,53988 \text{ W} \\
 &= 0,11053988 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

Maka dapat dicari koefisien perpindahan panas menyeluruh (U), menurut [4]

$$\begin{aligned}
 U \cdot A &= \frac{1}{R_{total}} \dots \dots \dots \text{persamaan (4.5)} \\
 U &= \frac{1}{R_{total}} \\
 &= \frac{1}{0,515651} \\
 &= 0,0815344 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}
 \end{aligned}$$

Dimana :

U = koefisien perpindahan panas menyeluruh (W/m² °C)

A = luas permukaan (m²)

= 23,785

R_{tot} = tahanan total seluruh dinding

= 0,2509936 °C/W

III.1.2. Dinding Selatan

Konstruksi dinding selatan tidak jauh berbeda dengan dinding utara. Namun dinding selatan ini langsung berhubungan dengan udara luar dengan temperatur 33°C dan terdapat pintu yang digunakan untuk mengisi dan mengeluarkan produk dengan ukuran $2\text{ m} \times 3\text{ m}$.

$$A_x = A_T - A_P$$

$$A_T = \text{Luas total}$$

$$= 7,1\text{ m} \times 3,35\text{ m} = 23,785\text{ m}^2$$

$$A_P = \text{Luas pintu}$$

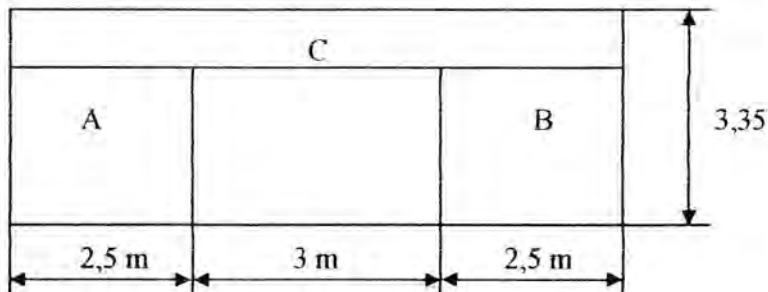
$$= 2\text{ m} \times 3\text{ m} = 6\text{ m}^2$$

Maka :

$$A_x = A_T - A_P$$

$$= 23,785\text{ m}^2 - 6\text{ m}^2$$

$$= 17,785\text{ m}^2$$



Gambar 4.2 Konstruksi dinding selatan

Untuk menghitung jumlah bata pada dinding selatan ini harus dikurangkan dengan luas dinding pintu

1. Mencari jumlah batu bata pada bidang A

Dengan posisi horizontal

$$n_A \cdot (0,2) + (n_A + 1) 0,02 = 2,5 \text{ m}$$

$$0,2 + 0,02 \cdot n_A + 0,02 = 2,25 \text{ m}$$

$$0,02 \cdot n_A = 2,5 - 0,02$$

$$n_A = \frac{2,48}{0,02}$$

$$n_A = 11,2727 \text{ batu bata}$$

Dengan posisi vertikal

$$n_{A1} \cdot (0,05) + (n_{A1} + 1) 0,02 = 2 \text{ m}$$

$$0,05 n_{A1} + 0,02 + 0,02 \cdot n_{A1} = 2 \text{ m}$$

$$0,07 n_{A1} = 2 - 0,02$$

$$n_{A1} = \frac{1,98}{0,07} = 28,2857 \text{ batu bata}$$

Maka jumlah bata pada bagian A = $11,2727 \times 28,2857$

$$= 318,8562 \text{ batu bata}$$

Dari jumlah batu bata pada bidang A sama dengan jumlah batu bata pada bidang

B karena ukurannya sama.

2. Mencari jumlah batu bata pada bidang C

Pada posisi horizontal

$$n_C (0,2) + (n_C + 1) 0,02 = 7,1 \text{ m}$$

$$0,2 + 0,02 \cdot n_C + 0,02 = 7,1 \text{ m}$$

$$0,22 \cdot n_C = 7,1 - 0,02$$

$$n_C = \frac{7,08}{0,22}$$

$$n_C = 32,1818 \text{ batu bata}$$

Pada posisi vertikal

$$n_C (0,05) + (n_C + 1) \cdot 0,02 = 1,35 \text{ m}$$

$$0,05 n_C + 0,02 \cdot n_C + 0,02 = 1,35 \text{ m}$$

$$0,07 \cdot n_C = 1,35 - 0,02$$

$$n_C = \frac{1,33}{0,07}$$

$$n_C = 19 \text{ batu bata}$$

Maka jumlah batu bata keseluruhan pada bidang C = $32,1818 \times 1$

$$= 611,4542 \text{ batu bata}$$

Maka permukaan plaster antara bata (Ab)

$$\begin{aligned} Ab &= (318,8562 \cdot (2) + 611,4542) \cdot (0,01) \\ &= 12,4916 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Luas permukaan plaster antara bata (Ap)

$$\begin{aligned} Ap &= A - Ab \\ &= 17,785 \text{ m}^2 - 12,4916 \text{ m}^2 \\ &= 5,2934 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Maka dapat dihitung total perpindahan panas untuk dinding selatan adalah :

$$q = \frac{(33^{\circ}\text{C} - (-24^{\circ}\text{C}))}{\frac{1}{9,37 \times 17,785} + \frac{0,02}{0,29 \times 17,785} + \frac{1}{\frac{1}{0,01} + \frac{1}{0,1}} + \frac{0,02}{0,29 \times 17,785} + \frac{1}{0,69 \times 12,4916} + \frac{1}{0,69 \times 5,2934}}$$

$$\begin{aligned} & \frac{0,005}{16,3 \times 17,785} + \frac{0,13}{0,045 \times 17,785} + \frac{0,005}{16,3 \times 17,785} + \frac{0,02}{0,15 \times 17,785} + \frac{1}{22,70 \times 17,785} \\ &= \frac{57^{\circ}C}{0,44273446} \\ &= 128,745343 \text{ W} \\ &= 0,12874534 \text{ KW} \end{aligned}$$

$$U \cdot A = \frac{1}{R_{total}} \dots \dots \dots \text{Persamaan (4.6)}$$

$$\begin{aligned} R &= \frac{1}{A \cdot R_{total}} \\ &= \frac{1}{17,785 \cdot 0,44273446} \\ &= 0,1269997 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}C \end{aligned}$$

III.1.3. Dinding Barat

Konstruksi dinding barat dan timur tidak berbeda, dimana dinding ini berhubungan langsung dengan udara luar, sehingga total perpindahan panas untuk dinding barat adalah :

➤ Jumlah batu bata yang dibutuhkan secara horizontal

$$1_1 (n + 1) + 1_b (n) = 4,7 \text{ m}$$

$$0,02 (n + 1) + 0,2 = 4,7$$

$$0,02 n + 0,02 + 0,2 n = 4,7$$

$$0,02 n = 4,7 - 0,02$$

$$n = \frac{4,68}{0,02}$$

$$n = 21,2727$$

➤ Secara vertikal

$$l_1(n+1) + l_b(n) = 3,35 \text{ m}$$

$$0,02n + 0,02 + 0,05n = 3,35$$

$$0,07n = 3,35 - 0,02$$

$$n = \frac{3,33}{0,07}$$

$$n = 47,5714$$

Maka jumlah total batu bata pada dinding barat adalah :

$$= 21,2727 \times 47,5714$$

$$= 1011,9721 \text{ batu bata}$$

Maka luas permukaan dinding batu bata (A_b)

$$A_b = 1011,9721 \times 0,01$$

$$= 1011,119721 \text{ m}^2$$

Dan luas permukaan plaster antara bata (A_p)

$$A_p = A - A_b$$

$$= 15,745 \text{ m}^2 - 10,119721 \text{ m}^2$$

$$= 5,6252 \text{ m}^2$$

Sehingga dapat dicari total perpindahan panasnya (q)

$$\begin{aligned}
 q &= \frac{(33^{\circ}\text{C} - (-24^{\circ}\text{C}))}{\frac{1}{9,37 \times 15,745} + \frac{0,02}{0,29 \times 17,745} + \frac{1}{\frac{1}{0,1} + \frac{1}{0,1}} + \frac{0,02}{0,29 \times 15,745} + \frac{0,005}{16,3 \times 15,745} + \frac{0,13}{0,045 \times 15,745} + \frac{0,005}{16,3 \times 15,745} + \frac{0,02}{0,15 \times 15,745} + \frac{1}{22,70 \times 15,745}} \\
 &= \frac{57^{\circ}\text{C}}{0,4597914485} \\
 &= 123,9692478 \text{ W} \\
 &= 0,1239692478 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

$$U \cdot A = \frac{1}{R_{total}} \dots\dots\dots \text{Persamaan (4.7)}$$

$$R = \frac{1/R_{total}}{A}$$

$$= \frac{1/0,4597914485}{15,745}$$

$$= 0,13813268 \text{ W/m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

III.1.4. Dinding Timur

Konstruksi dinding timur sama dengan dinding barat.. Dimana total perpindahan panasnya dapat dicari dengan persamaan :

$$q = \frac{\Delta T}{\sum R} \dots\dots\dots \text{Persamaan (4.8)}$$

Dimana :

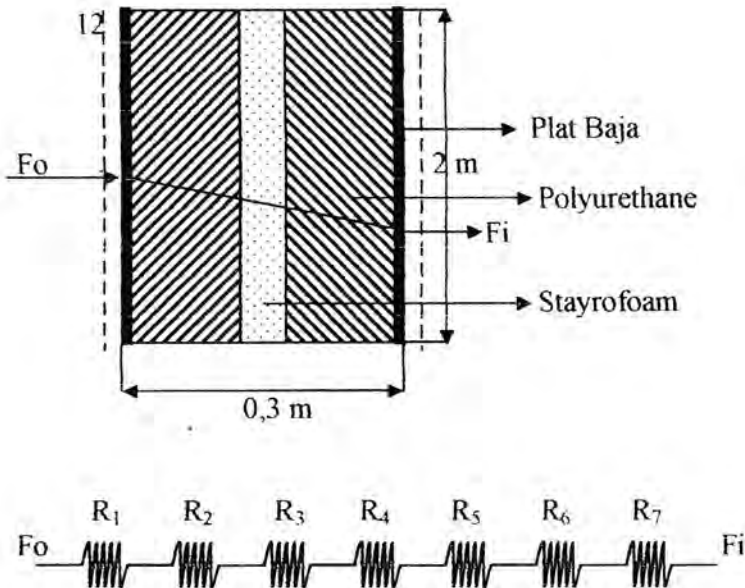
$$\begin{aligned}\Sigma R &= \text{Total tahanan panas dinding} \\ &= 0,4597914485 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}\end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned}q &= \frac{25 - (-24)}{0,4597914485} \\ &= 123,9692478 \text{ W} \\ &= 0,1239692478 \text{ KW}\end{aligned}$$

III.1.5. Beban Transmisi Melalui Pintu

Pada cold storage ini terdapat satu pintu pada dinding selatan, dimana ruangan ini sudah dikondisikan pada temperatur $25 \text{ } ^\circ\text{C}$ dengan ukuran pintu $2 \times 3 \text{ m}$, dengan konstruksi lapisan dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Konstruksi Pintu, Serta Analogi Listriknya

Besarnya perpindahan panas yang terjadi dapat dihitung :

$$q = \frac{\Delta T}{\frac{1}{F_0 \cdot A} + \frac{\chi_2}{K_2 \cdot A} + \frac{\chi_3}{K_3 \cdot A} + \frac{\chi_4}{K_4 \cdot A} + \frac{\chi_5}{K_5 \cdot A} + \frac{\chi_6}{K_6 \cdot A} + \frac{1}{F_1 \cdot A}} \dots \dots \dots \text{Persamaan (4.9)}$$

Tabel 4.2 Nilai koefisien tahanan thermal konduksi dan konveksi untuk pintu

Lapisan Tahanan Thermal	Tebal (cm)	K (W / m . °C)	h (W / m ² . °C)
Lapisan film udara luar	-	-	9,37
Plat baja	0,02	16,3	-
Stayrofoam	0,03	0,025	-
Poyurethane	0,25	0,023	-
Lapisan film udara dalam	-	-	22,70

Sumber : Refrigerasi dan pengkondisian udara, Wilbert F. Stoker dan jerold W. Jones (Principles of refrigeration)

Dimana luas permukaan dinding pintu :

$$A = P \times L = 2 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 6 \text{ m}^2$$

Maka besarnya perpindahan panas melalui pintu adalah :

$$q = \frac{25 - (-24)}{\frac{1}{9,37 \cdot 6} + \frac{10^{-2}}{16,6} + \frac{0,03}{0,025 \cdot 6} + \frac{0,36}{0,023 \cdot 6} + \frac{0,03}{0,025 \cdot 6} + \frac{2 \cdot 10^{-2}}{16,3 \cdot 6} + \frac{1}{22,70 \cdot 6}}$$

$$= \frac{25 - (-24)}{2,300901247} = 21,2960006 \text{ W}$$

$$= 0,02129600306 \text{ KW}$$

$$U \cdot A = \frac{1}{R_{total}} \dots \dots \dots \text{Persamaan (4.10)}$$

$$U = \frac{1}{R_{total} \cdot A}$$

$$= \frac{1}{2,300901247 \cdot 6} = 0,07243538 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

III.1.6. Beban Transmisi Thermal Melalui Atap

Tabel 4.3 Nilai koefisien tahanan thermal konduksi dan konveksi untuk atap.

Lapisan Tahanan Thermal	Tebal (cm)	K ($W/m \cdot ^\circ C$)	h ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)
Lapisan film udara luar	-	-	9,37
Beton	0,11	0,72	-
Aspal	0,02	0,025	-
Plat baja	0,005	16,3	-
Gabus	0,13	0,045	-
Plat baja	0,005	16,3	-
Triplek	0,02	0,115	-
Lapisan film udara dalam	-	-	22,70

Sumber : Refrigerasi dan pengkondisian udara, Wilbert F. Stoker dan Jerold W. Jones (Principles of refrigeration)

Besarnya perpindahan panas melalui atap dapat dihitung :

$$q = \frac{\Delta T}{\frac{1}{F_0 \cdot A} + \frac{\chi_2}{K_2 \cdot A} + \frac{\chi_3}{K_3 \cdot A} + \frac{\chi_4}{K_4 \cdot A} + \frac{\chi_5}{K_5 \cdot A} + \frac{\chi_6}{K_6 \cdot A} + \frac{1}{F_1 \cdot A}} \dots \dots \dots \text{Persamaan (4.11)}$$

Dimana luas perpindahan panas (A)

$$\begin{aligned} A &= P \times L \\ &= 7,1 \text{ m} \times 4,7 \text{ m} \\ &= 33,37 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka total perpindahan panasnya adalah :

$$\begin{aligned} q &= \frac{33^\circ C - (-24^\circ C)}{\frac{1}{9,37 \cdot 33,37} + \frac{0,1}{0,72 \cdot 33,37} + \frac{0,02}{0,025 \cdot 33,37} + \frac{0,005}{16,3 \cdot 33,37} + \frac{0,13}{0,045 \cdot 33,37} + \frac{0,005}{16,3 \cdot 33,37} \\ &\quad + \frac{0,02}{0,115 \cdot 33,37} + \frac{1}{22,70 \cdot 33,37}} \\ &= \frac{57}{0,1244556} \\ &= 457,994658 \text{ W} \\ &= 0,457994658 \text{ KW} \end{aligned}$$

$$U \cdot A = \frac{1}{R_{total}} \dots \dots \dots \text{Persamaan (4.12)}$$

$$U = \frac{1}{R_{total} \cdot A}$$

$$= \frac{1}{0,1244556 \cdot 33,37}$$

$$U = 0,24078495 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

III.1.7. Beban Transmisi Thermal Melalui Lantai

Tabel 4.4 Nilai koefisien tahanan thermal konduksi dan konveksi untuk lantai

Lapisan Tahanan Thermal	Tebal (cm)	K (W / m . $^\circ\text{C}$)	h (W / m ² . $^\circ\text{C}$)
Lapisan film udara luar	-	-	9,37
Batu	0,1	0,72	-
Beton	0,1	0,72	-
Aspal	0,02	0,025	-
Plat baja	0,005	16,3	-
Gabus	0,13	0,045	-
Plat baja	0,005	16,3	-
Triplek	0,02	0,115	-
Lapisan film udara dalam	-	-	22,70

Sumber : Refrigerasi dan pengkondisian udara, Wilbert F. Stoker dan Jerold W. Jones (Principles of refrigeration)

Maka besarnya perpindahan panas yang masuk melalui lantai adalah :

$$q = \frac{[25^\circ\text{C} - (-24^\circ\text{C})]}{\frac{1}{9,37 \cdot 33,37} + \frac{0,1}{0,27 \cdot 33,37} + \frac{0,1}{0,27 \cdot 33,37} + \frac{0,02}{0,025 \cdot 33,37} + \frac{0,005}{16,3 \cdot 33,37} + \frac{0,13}{0,045 \cdot 33,37} + \frac{0,005}{16,3 \cdot 33,37} + \frac{0,02}{0,115 \cdot 33,37} + \frac{1}{22,70 \cdot 33,37}}$$

$$= \frac{51^\circ\text{C}}{0,1286176104}$$

$$= 396,5242383 \text{ W}$$

$$= 0,3965242383 \text{ KW}$$

$$U \cdot A = \frac{I}{R_{total}} \dots\dots\dots \text{Persamaan (4.13)}$$

$$U = \frac{I}{R_{total} \cdot A}$$

$$= \frac{1}{0,1286176104 \cdot 33,37}$$

$$U = 0,23299325 \text{ W/m}^2 \cdot \text{ } ^\circ\text{C}$$

Maka total panas yang terjadi akibat transmisi thermal melalui konstruksi bangunan dapat dilihat tabel dibawah ini :

Tabel : 4.5 Total Panas Yang Terjadi Pada Konstruksi Ruangan.

No	Dinding	q (KW)	U (W/m ² °C)
1	Dinding utara	0,11053988 KW	0,0815344
2	Dinding selatan	0,128745343 KW	0,1269997
3	Dinding barat	0,1239692478 KW	0,13813268
4	Dinding timur	0,1239693478 KW	0,13813268
5	Pintu	0,021296003 KW	0,07243538
6	Atap	0,457979950263 KW	0,24078515
7	Lantai	0,3965242383 KW	0,232993259
	Total	1,363038986 KW	1,031013249

III.1.8. Beban Infiltrasi

Infiltrasi atau perembesan udara luar kedalam ruangan mempengaruhi suhu udara dan tingkat kelembaban diruangan. Besarnya beban thermal akibat infiltrasi ini menurut pers [5], dapat merumuskan dengan :

$$q_s = 1,23 \cdot G \cdot (T_0 - T_i) \text{ dan } q_l \dots\dots\dots \text{Persamaan (4.14)}$$

$$q_l = 3010 \cdot G \cdot (W_0 - W_i) \dots\dots\dots \text{Persamaan (4.15)}$$

Dimana :

G = Laju aliran volumetrik udara luar (L / detik)

W = Rasio Kelembaban (Humidity Ratio) (Kg udara / Kg udara kering

T = Temperatur

Q = Besarnya panas yang timbul akibat infiltrasi

s, L = Sub cript menyatakan sensibel dan laten heat.

Laju aliran volumetrik udara dapat dihitung menurut [6] :

$$Q = a + b \cdot V + c \cdot (T_0 - T_1) \dots\dots\dots \text{Persamaan (4.16)}$$

Dimana :

a, b, c = Konstanta infiltrasi (Tabel)

V = Kecepatan udara luar (m/s)

Kecepatan udara luar rata – rata (5 – 30) Km / Jam, diambil 5 Km / Jam = 1,3889 m/s, dengan pertimbangan bahwa lokasi pabrik terdapat didaerah kawasan industri yang menyebabkan besarnya hambatan untuk laju udara.

Tabel 4.5 Konstanta infiltrasi dalam

Kualitas Konstruksi	a	b	c
Rapat	0,15	0,010	0,007
Sedang	0,20	0,015	0,04
Renggang	0,25	0,020	0,022

Sumber : Refrigerasi dan pengkondisian udara, Wilbert F. Stoker dan Jerold W. Jones
(Principles of refrigeration)

Dengan mengasumsikan kualitas konstruksi cukup rapat, mengingat ruangan tidak dilengkapi dengan ventilasi, maka :

$$Q = 0,15 + (0,010 \times 1,3889) + 0,007 \times (33 - (- 24))$$

$$= 0,562889 \text{ L / det}$$

Maka panas sensibel yang terjadi adalah :

$$q_s = 1,23 \times 0,562889 \text{ L / det} \times (33 - (-24))$$

$$= 39,46414 \text{ W}$$

$$= 0,03946414 \text{ KW}$$

Sementara untuk nilai humidity ratio dapat dilihat pada tabel sifat – sifat udara :

$$W_0 = 0,0327 \text{ Uap air / Kg udara kering}$$

$$W_1 = 0,0003533 \text{ Uap air / Kg udara kering}$$

Maka :

$$q_l = 3000 \cdot G \cdot (W_0 - W_1)$$

$$= 3000 (0,562889) \cdot (0,0327 - 0,0003533)$$

$$= 54,6228 \text{ W}$$

$$= 0,0546228 \text{ KW}$$

Maka total panas infiltrasi :

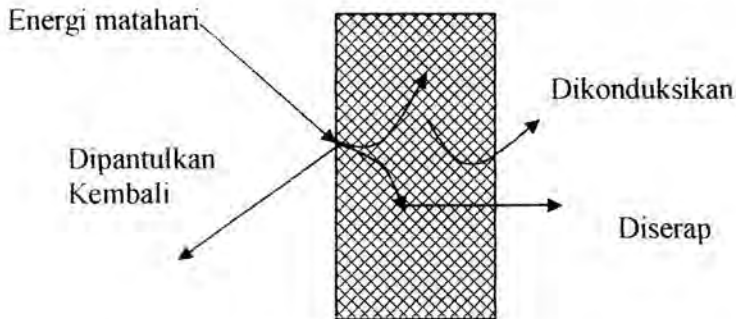
$$\text{Panas total infiltrasi} = q_s + q_l$$

$$= 0,03946414 + 0,0546228$$

$$= 0,09408694 \text{ KW}$$

III.9. Beban Radiasi

Radiasi thermal (Thermal Radiation) ialah gelombang elektron magnetik yang dipancarkan oleh suatu benda karena suhunya. Proses perolehan kalor bagi suhu dinding tak tembus cahaya dilukiskan secara semantik pada gambar sebagian energi matahari dipantulkan dan sisanya diserap energi yang diterima ini, sebahagian dikonversikan dan sebagian diradiasikan kembali keluar. Sisanya yang diserap diteruskan kedalam dengan cara konduksi.



Gambar 4.6 Beban panas transmisi pada permukaan tak tembus cahaya

Pada perencanaan ini dapat dilihat pada gambar skema konstruksi bangunan, bahwa sisi dinding yang terkena langsung matahari adalah sisi dinding, besarnya kalor yang dikonduksikan akibat radiasi matahari menurut [7] dirinuskan dengan :

$$Q = U \cdot A \cdot CLTD \dots\dots\dots \text{Persamaan (4.17)}$$

Dimana :

$$U = \text{Koefisien perpindahan panas menyeluruh (W / m}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$$

$$A = \text{Koefisien perpindahan panas (m}^2 \text{)}$$

$$U \times A = 1,031013249 \times 23,785 \text{ m}^2 = 24,52265 \text{ W / } ^\circ\text{C}$$



CLTD = Beda suhu untuk beban pendingin dinding cahaya matahari

Tabel 4.6 Beban suhu untuk beban pendingin (CLTD) untuk dinding yang terkena cahaya matahari

Jenis pendingin*	Masa persatuan luas kg/m ²	Kapasia kalor, kJ/m ² .K	Waktu matahari	Arah							
				U	TL	T	Teng	S	BD	B	B L
G	50	15	7	4	15	17	10	1	1	1	1
			8	5	20	26	18	3	3	3	3
			9	5	22	30	24	7	4	5	4
			10	7	20	31	27	12	6	6	6
			11	8	16	28	28	17	9	8	8
			12	10	15	22	27	22	14	10	10
			13	12	14	16	23	25	21	15	12
			14	13	15	17	20	26	28	23	15
			15	13	15	17	18	24	33	31	20
			16	14	14	16	16	21	35	37	26
			17	14	14	15	15	17	34	40	31
			18	15	12	13	13	14	29	37	31
			19	12	10	11	11	11	26	27	23
			20	8	8	8	8	8	13	16	14
			CLTD _{max}	15	22	31	28	26	35	40	31

Sumber : Refrigerasi dan pengkondisian udara, Wilbert F. Stoker dan Jerold W. Jones (Principles of refrigeration)

Harga CLTD dapat dilihat dibawah ini, konstruksi dinding yang digunakan yaitu lapisan dinding beton dan isolasi, maka dapat dogolongkan pada jenis dinding "G", dan waktu matahari 12 jam pada dinding. Dari tabel diperoleh harga CLTD : 22

Maka :

$$\begin{aligned}
 Q &= 24,52265 \text{ W / } ^\circ\text{C} \times 22 \\
 &= 539,4983 \text{ W} \\
 &= 0,5394983 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

III.1.10. Beban Internal

Sumber – sumber utama perolehan kalor dari dalam (beban internal)

adalah lampu – lampu ruangan yang telah direncanakan, yaitu :

1. Beban dari para pekerja pada saat memasukkan dan mengeluarkan produk.
2. Beban dari lampu didalam ruangan.
3. Beban dari motor listrik penggerak kipas.

III.1.11. Beban Dari Pekerja

Tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menyusun dan membongkar produk dari dalam gudang sebanyak 4 orang, diasumsikan rata – rata waktu yang dibutuhkan 3 jam untuk menyusun dan 3 jam pembongkar produk. Jadi total waktu yang dibutuhkan adalah 6 jam. Proses penyusunan dan pembongkaran produk dilakukan 1 kali idalam sehari.

Panas yang bersumber dari pekerja dibedakan atas sensibel (q_s) dan panas laten (q_l). Besarnya panas dapat dihitung menurut [8] :

$$q_s = \text{Perolehan kalor sensibel per orang} \times \text{jumlah orang} \times \text{CLF}$$

$$q_l = \text{Perolehan kalor laten per orang} \times \text{jumlah orang} \times \text{CLF}$$

Perolehan kalor sensibel dan laten per orang untuk berbagai jenis kegiatan dapat dilihat pada tabel 4.7 :

Tabel L : 4.7. Perolehan Kalor Sensibel Dan Laten.

Degree of avtivity	Typical Application	Sensible Heat W	Latent Heat W
Saled at theater	Theaer – Matinee	65	30
Saled at theaer	Theater – Evening	70	30
Saled, very light work	Offices, hotels, apartements	70	45
Moderately active office work	Offices, hotels, apartements	75	55
Sending, ligh work: walking	Department store, etail store	75	55
Walking standing	Drug store, bank	75	70
Sendentary work	Restaurant	80	80
Light bench work	Factory	80	140
Moderate dancing	Dance hall	90	160
Walking 1,3 m/: light machine work	facory	110	185
Burling	Bowling alley	170	255
Heavy work	Factory	170	255
Heavy machune work, lifting	factory	185	285

Karena jenis pekerjaan yang dilakukan adalah berjalan, maka diperoleh :

$$q_s = \text{Perolehan kalor sensibel per orang} \times \text{jumlah orang} \times 110 \text{ KW}$$

$$q_l = \text{Perolehan kalor laten per orang} \times \text{jumlah orang} \times 185 \text{ KW}$$

CLF adalah cooling load factor, yaitu faktor – faktor beban pendingin ditunjukkan pada tabel 4.8 seperti dibawah ini, harga CLF ini tergantung kepada total waktu pekerja didalam ruangan dan lam memasuki ruangan.

Tabel 4.8 Cooling load faktor (CLF) untuk beban kalor sensible.

Total waktu ke ruang	Momen Akhir Each Hour into Space																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
1	0.09	0.25	0.37	0.43	0.48	0.50	0.47	0.36	0.25	0.14	0.04	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
2	0.19	0.39	0.56	0.71	0.79	0.81	0.76	0.54	0.34	0.21	0.10	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
3	0.30	0.49	0.67	0.79	0.81	0.79	0.54	0.24	0.21	0.10	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
4	0.31	0.51	0.67	0.73	0.76	0.70	0.51	0.34	0.21	0.10	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
5	0.31	0.51	0.64	0.74	0.71	0.56	0.37	0.31	0.17	0.07	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
6	0.31	0.54	0.70	0.71	0.70	0.51	0.31	0.34	0.18	0.09	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
7	0.31	0.56	0.72	0.71	0.60	0.51	0.33	0.27	0.19	0.06	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
8	0.32	0.59	0.73	0.70	0.52	0.51	0.34	0.30	0.19	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
9	0.32	0.59	0.70	0.67	0.53	0.51	0.33	0.30	0.19	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Maka dari tabel 4.8 diatas diperoleh harga CLF untuk perolehan kalor sensibel adalah 0,01. Sementara untuk beban laten, harga CLF adalah 1, maka diperoleh :

$$q_s = 110 \text{ W} \times 4 \times 0,01$$

$$= 4,4 \text{ W}$$

$$= 4,4 \times 10^3 \text{ KW}$$

$$q_l = 185 \text{ W} \times 4 \times 1$$

$$= 740 \text{ W}$$

$$= 0,740 \text{ KW}$$

Maka total panas dari pekerja (q) adalah :

$$q = 4,4 \times 10^3 + 0,740$$

$$= 0,7444 \text{ KW}$$

III.1.12. Beban Dari Lampu

Ruangan direncanakan dilengkapi 4 buah lampu masing – masing berdaya 40 Watt. Besarnya panas yang diperoleh dari lampu menurut [9] :

$$q = \text{Daya lampu (Watt)} \cdot (F_u) \cdot (F_b) \cdot \text{CLF} \dots\dots\dots \text{Persamaan (4.18)}$$

Dimana :

F_u = Faktor penggunaan atau fraksi penggunaan lampu yang terpasang,

= 1,0 (diambil)

F_b = Faktor balast

= 1,2 (untuk lampu neon)

CLF = Cooling load faktor, tergantung lamanya lampu digunakan.

Tabel 4.9 Faktor Beban Pendinginan (CLF)

Lamp Type	Room Volume	Room Area	Number of hours after lights are turned on																									
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		
A	0.41	A	0.97	0.31	0.21	0.14	0.10	0.07	0.05	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
			B	0.11	0.41	0.61	0.71	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78	0.79	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94
			C	0.34	0.47	0.59	0.71	0.75	0.76	0.76	0.77	0.78	0.79	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94
			D	0.24	0.71	0.72	0.73	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78	0.79	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94
A	0.11	B	0.26	0.49	0.64	0.74	0.79	0.82	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00	1.00		
			C	0.11	0.44	0.71	0.74	0.77	0.79	0.81	0.83	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00	
			D	0.19	0.71	0.72	0.73	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78	0.79	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	
			E	0.12	0.74	0.75	0.77	0.78	0.79	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	
A	0.11	C	0.05	0.44	0.71	0.80	0.84	0.87	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00		
			D	0.11	0.71	0.72	0.73	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78	0.79	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92		
			E	0.11	0.71	0.72	0.73	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78	0.79	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92		
			F	0.11	0.71	0.72	0.73	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78	0.79	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92		
A	0.11	D	0.11	0.41	0.61	0.71	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78	0.79	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92			
			E	0.11	0.41	0.61	0.71	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78	0.79	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91			
			F	0.11	0.41	0.61	0.71	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78	0.79	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91			
			G	0.11	0.41	0.61	0.71	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78	0.79	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91			
A	0.11	E	0.01	0.31	0.51	0.64	0.70	0.73	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78	0.79	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90			
			F	0.01	0.31	0.51	0.64	0.70	0.73	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78	0.79	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89			
			G	0.11	0.41	0.61	0.71	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78	0.79	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91			
			H	0.11	0.41	0.61	0.71	0.74	0.75	0.76	0.77	0.78	0.79	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91			

Lamanya pelayanan lampu diasumsikan 10 jam, dengan lampu yang dipasang tergantung bebas, lama lampu dinyalakan 14 jam. Maka dari tabel 4.9 diatas diperoleh harga CLF = 0,97, sehingga diperoleh :

$$\begin{aligned}
 q &= 4 \times 40 \text{ Watt} \times 1,0 \times 1,2 \times 0,97 \\
 &= 186,24 \text{ Watt} \\
 &= 186,24 \times 10^{-3} \text{ KW}
 \end{aligned}$$

III.1.13. Beban Dari Motor Listrik Pendingin Kipas (Fan)

Fan disini berfungsi untuk mensirkulasikan udara didalam ruangan melalui evaporator. Direncanakan akan menggunakan 3 buah fan dengan diameter masing – masing 0,8 m daya dibutuhkan sebuah motor untuk menghembuskan udara pada kecepatan 8 m / det, maka dapat dihitung menurut [10] :

$$P = \frac{\pi}{8 \times g} \rho \times D^2 \times V^2 \dots\dots\dots \text{Persamaan (4.19)}$$

Dimana :

P = Daya (Watt)

g = Percepatan gravitasi

p = Massa jenis udara, dari tabel sifat – sifat udara, dimana temperatur udara yang dibutuhkan (- 24 ⁰C), maka := 1,4128 Kg / m³

D = Diameter

V = Kecepatan udara (m / det)

Maka :

$$\begin{aligned} P &= \frac{3,14}{8 \times 9,81} \times 1,4128 \text{ Kg / m}^3 \times (0,8)^2 \times (8 \text{ m / det })^3 \\ &= 18,5225 \text{ W} \end{aligned}$$

Maka total daya yang dibutuhkan untuk ketiga motor dalah :

$$\begin{aligned} P_{\text{Total}} &= 3 \times 18,5225 \text{ W} \\ &= 55,5675 \text{ W} \\ &= 0,55596 \text{ KW} \end{aligned}$$

Besarnya panas dari motor ini dapat dihitung menurut [11] sebagai berikut :

$$Q = P \times \text{Faktor koreksi} \times \frac{\text{LamaPemakan}}{24\text{Jam}} \dots\dots\dots \text{Persamaan (4.20)}$$

Faktor koreksi ini ditunjukkan pada tabel 4.10 seperti dibawah ini dengan daya motor total = $55,596 \cdot 10^{-3}$ KW, dan evaporator dan fan didalam ruangan diperoleh faktor koreksi = 1,67

Tabel 4.10 Faktor koreksi beban panas dari motor listrik

Daya motor (KW)	Efisiensi Motor (%)	Faktor koreksi		
0,01 ÷ 0,5	33,3	1,67	1,0	0,67
0,5 ÷ 2,0	55,0	1,45	1,0	0,45
2,0 ÷ 15,0	85,0	1,15	1,0	0,15

Sumber : Principles of Refrigeration, Roy J. Jones.

Maka beban panas dari motor listrik adalah :

$$\begin{aligned} q &= 55,596 \times 10^{-3} \times 1,67 \times 1 \\ &= 92,845 \cdot 10^{-3} \text{ K} \end{aligned}$$

Maka panas total keseluruhan yang diperoleh dapat kita tabelkan sebagai berikut :

Tabel : 4.11 Total Panas Keseluruhan Dari Konstruksi Ruangan.

Beban panas (Kalor)	Besarnya Beban Panas (Kalor) (KW)
Beban transmisi dari konstruksi bangunan	1,363038986
Beban infiltrasi	0,09426902
Beban radiasi	0,5394983
Beban internal	
➤ Beban pekerja	0,7444
➤ Beban dari lampu	$23,04 \times 10^{-3}$
➤ Beban dari motor listrik	$92,845 \times 10^{-3}$
Total Panas	3,900056 KW

Sebagai faktor koreksi terhadap seluruh perhitungan dan faktor keamanan, maka diambil koreksi 10 %, maka total panas yang harus diserap oleh evaporator sebagai beban pendingin :

$$q_{\text{Total}} = 3,900056 \text{ KW} + (10 \% \times 3,900056 \text{ KW}) \dots\dots, \text{ Persamaan (4.21)}$$

$$= 4,29006163 \text{ KW}$$

Maka kapasitas refrigerasi (Q) \rightarrow 1 kw = 3,516 TOR

$$Q = \frac{4,29006163}{3,516} \times 1 \text{ TOR}$$

$$= 1,220154 \text{ TOR}$$

BAB V

SARAN DAN KESIMPULAN

Dari seluruh pembahasan diatas dapat dibuatkan kesimpulan sebagai berikut :

- Siklus yang digunakan : Siklus Refrigran Kompresi Uap
- Refrigran : R – 22
- Temperatur gudang : - 24 °C
- Kelembaban relatif : 55 %
- Dimensi ruang (P x L x T) : (7,1 x 4,7 x 3,35) m
- Kapasitas pendingin : 1,220154 TOR
- Beban pendingin : 4,29006163 KW

Peralatan-peralatan utama :

- a) Kondensor : Cangkan Dan Tabung (Shell And Tube)
 - 1. Pendingin : Air
 - 2. Diameter Tabung : 1 inci
 - 3. Bahan tabung : Aluminium
 - 4. Susunan : Selang-seling segitiga
 - 5. Pitch : 1,25 inci
 - 6. Jumlah tabung : 36
 - 7. Temperatur kondensasi : 37 °C

b). Evaporator

1. Jenis : Evaporator Ekspansi Langsung
2. Temperatur evaporator : -30°C
3. Susunan evaporator : on line
4. Panjang pipa : 0,9126 m
5. Luas Penampang Pipa : $1,4855\text{ m}^2$
6. Jumlah unit cooler : 4 unit
7. Jumlah Tabung : 24

c). Kompresor

1. Jenis : Kompresor torak (reciprocating)
2. Diameter piston : 46,45 mm
3. Jumlah silinder : 4 buah
4. Motor penggerak : motor listrik
5. Daya motor penggerak : 4,3864 kw

SARAN

• Instalasi sistem pendingin tetap baik dan menghindari dari gangguan yang tidak diinginkan. Maka perlu kita terapkan sistim perawatan dan pengontrolan secara kontiniu, karena sering terjadi kerusakan dan gangguan yang disebabkan dari kelalaian pengontrolan dan perawatan dari sistim tersebut.

Sistem refrigrasi harus bebas dari kotoran-kotoran seperti : air, debu dan lain-lainnya. Dan untuk memperlancar pengoperasian pada sistem gudang pendingin maka tiap-tiap instalasi pada sistim ini kita selalu mengontrol pada waktu mesin bekerja.

PERAWATAN MESIN

Pemeriksaan Mesin Refrigerasi

Beberapa hal berikut ini adalah cara yang tepat dan efektif untuk mengatasi kerusakan dan efektif untuk mengatasi kerusakan dan kecelakaan pada mesin refrigerasi :

1. Kekuatan : Instalasi hendaknya cukup kokoh dan tahan terhadap tekanan gas.
2. Kerapatan gas : Instalasi harus bebas dari kebocoran gas, apabila tekanan isap menjadi sangat rendah (vacum) batas dijaga agar udara tidak masuk kedalam sistem.
3. Uap air : Dengan freon, sistem refrigerasi harus bebas dari air.
4. Debu : Sistem refrigerasi harus bebas dari debu antara kotoran lain (karena adanya kompressor)
5. Kualitas air pendingin : Untuk mempunyai sistem dar ikorosi maka harus diperhatikan kualitas air pendingin yang hendak dipakai.
6. Minyak pelumas : Harus dipakai minyak pelumas yang cocok untuk mencegah terjadinya endapan terak.

7. Perumusan pendingin : Perumusan pendingin harus bersih.
8. Pencetakan alat pengaman : Pemasangan dan penyetelan harus tepat.

Perawatan :

Perawatan sistem refrigerasi mengikuti pekerjaan untuk mempertahankan agar semua peralatan ada dalam keadaan sebaik-baiknya supaya dapat diperoleh :

1. Waktu operasi maksimal
2. Penilaian daya yang rendah dan biaya operasi yang murah
3. Operasi yang aman
4. Operasi yang memuaskan melalui penjadwalan yang berkala, penghematan tenaga kerja dan pekerjaan yang berlebihan dan penghematan penggunaan bahan dan energi.

Untuk menghindari kerusakan dan kecelakaan mana semua peralatan dan alat keamanan harus dievaluasi secara periode kegiatan tersebut dinamai perawatan tuntunan atau dalam pengawalan perawatan terutama hendaknya didefinisikan sesuai dengan peralatan yang bersangkutan pertimbangan ekonomi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sumanto, “Dasar – dasar Mesin Pendingin”. Andi Offset, Yokyakarta, 1989 hal. 13.
- [2] Ricard C. Jordan and Goile B. Freister “Refrigeration and Air Condition”, Prentice Hill of India Private Limited, hal. 208.
- [3] Ibid (2), hal. 219.
- [4] Ibid (2), hal. 223.
- [5] W. F. Stoeker Jerold W. Jones. Alih Bahasa Ir. Supratman Hara “Refrigerasi dan Pengkondisian Udara” Edisi Kedua Penerbit Erlangga, tahun 1989, hal. 64.
- [6] Ibid (5), hal. 65.
- [7] Ibid (5), hal. 78.
- [8] Ibid (5), hal. 59.
- [9] Ibid (5), hal. 67.
- [10] Ibid (5), hal. 227.
- [11] Ibid (5), hal. 78.
- [12] Ibid (5), hal. 234.
- [13] J. P. Holman “Perpindahan Kalor”, Edisi Ke – 6, Terjemah E. Jasifi, Erlangga, Bandung, hal. 482.
- [14] Ibid (5), hal. 482.
- [15] Ibid (5), hal. 482.
- [16] Ibid (13), hal. 260.

- [17] W. F. Stoeker Jerold W. Jones. Alih Bahasa Ir. Supratman Hara “Refrigerasi dan Pengkondisian Udara”, Edisi Kedua Penerbit Erlangga, tahun 1989, hal. 195.
- [18] J. P. Holman “Perpindahan Kalor”, Edisi Ke – 6, Terjemahan E. Jasifi, Erlangga, Bandung, hal. 459.
- [19] Ir. Tunggul. M. Sitompul. SE. M.sc “Alat Penukar Kalor”, PT. Raja Grafindo Persada, Jakarta, hal. 208.
- [20] Ibid (19), hal. 208.
- [21] Ibid (19), hal. 208.
- [22] Ibid (19), hal. 208.
- [23] Ibid (19), hal. 211.
- [24] Ibid (19), hal. 217.
- [25] J. P. Holman “Perpindahan Kalor”, Edisi Ke – 6, Terjemahan E. Jasifi, Erlangga, Bandung, hal. 471.
- [26] Ibid (25), hal. 217.
- [27] W. F. Stoeker Jerold W. Jones. Alih Bahasa Ir. Supratman Hara “Refrigerasi dan Pengkondisian Udara”, Edisi Kedua Penerbit Erlangga, tahun 1989, hal. 197.
- [28] Heizo Saito “Penyegaran Udara” Terjemahan Wiranto Aris Munandar, Penerbit PT. Paradnya Paramita, Jakarta, Cetakan Ke – 4 tahun 1980, hal. 133.