

# PERANCANGAN COLD STORAGE UNTUK PRODUK REAGEN

Muhammad Rais Rahmat<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Dosen Prodi Teknik Mesin – Universitas Islam 45 Bekasi

## ABSTRAKSI

*Cold Storage merupakan suatu mesin refrigerasi yang digunakan untuk menyimpan suatu produk dalam suhu tertentu, sehingga kualitas produk tetap terjaga. Dalam perancangan cold storage ini dilatar belakangi oleh beberapa permasalahan, antara lain bahwa saat ini produk reagen disimpan pada unit refrigerator berdaya tampung kecil, yaitu sekitar 300 kit. Sedang untuk kedepannya produk reagen akan diproduksi dalam jumlah yang banyak sekitar yaitu sekitar 1500 kit. Oleh karena itu, untuk mengatasi permasalahan itu maka penulis akan merancang suatu alat pendingin yang bisa menampung jumlah produk reagen dalam kapasitas besar yaitu cold storage. Suhu yang diperlukan oleh produk reagen berkisar 2–8°C. Saat beroperasi cold storage harus dapat mengatasi beban pendinginan dari produk yang didinginkan, beban transmisi, beban infiltrasi dan beban tambahan. Dengan menggunakan rumus perpindahan panas, diagram tekanan-entalpi dan tabel dapat dihitung beban pendinginan, laju aliran massa, daya kompresor dan koefisien prestasi (COP) dari daur kompresi uap. Dari hasil perancangan didapat beban pendinginan total 5248,7 Watt atau 1,49 TR, laju aliran massa refrigeran sebesar 0,035 kg/det, daya compressor yang dibutuhkan 1,29 kW dan koefisien prestasi kerja (COP) sebesar 3,97.*

**Kata kunci :** *Cold Storage, Refrigerasi, Beban Pendinginan*

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi di bidang refrigerasi dan pengkondisian udara mengalami kemajuan dengan pesat seiring berkembangnya zaman. Teknologi refrigerasi memberikan banyak keuntungan bagi manusia. Salah satu penggunaan sistem refrigerasi adalah manusia untuk industri penyimpanan dan pendistribusian produk diagnostik. Sehingga produk diagnostik yang disimpan dengan sistem refrigerasi tersebut dapat terjaga kualitas dan kesegarannya sampai waktu yang lama dan saat diperlukan untuk didistribusikan kepada konsumen.

Pada saat ini produk diagnostik disimpan pada unit refrigerator pada temperatur 2 – 8 ° C. Pada unit refrigerator tidak bisa menampung banyak produk diagnostik karena keterbatasan tempat. Mengingat besarnya peranan sistem refrigerasi ( pendinginan ) dalam industri penyimpanan produk diagnostik dan makin banyaknya produk yang dihasilkan sehingga menuntut agar produk tersebut tersimpan dalam kualitas yang baik dan jumlah yang banyak, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul *Perancangan Unit Cold Storage Room*.

Penulis akan merancang unit cold storage sesuai dengan dimensi ruangan yang tersedia. Ruangan ini akan dirancang untuk mendinginkan produk diagnostik dalam jumlah yang banyak. Perhitungan beban pendinginan ini perlu dilakukan untuk mengetahui apakah mesin refrigerasi (cold storage ) yang digunakan dalam penyimpanan produk diagnostik dapat mengatasi beban pendinginan yang ada.

### 1.2 Permasalahan

Pada saat ini produk reagen disimpan di dalam unit showcase refrigerator. Namun, unit tersebut tidak bisa menampung produk reagen dalam jumlah yang banyak. Sedangkan untuk kedepannya produk reagen akan diproduksi cukup banyak, sehingga memerlukan tempat dengan daya tampung besar. Untuk mengatasi masalah tempat penyediaan produk reagen, maka penulis mengajukan sebagai solusi untuk dibuatkan unit cold storage room.

### 1.2. Batasan Masalah

- Design Cold Storage dengan temperatur 2–8 °C.
- Jumlah beban pendinginan cold storage diambil berdasarkan data-data yang ada di lapangan.
- Temperatur lingkungan konstan
- Temperatur produk seragam
- Produk yang disimpan adalah reagen herpelisa
- Penentuan jenis-jenis komponen sistem Cold Storage.

### 1.3. Tujuan Penulisan

- Menghasilkan rancangan unit cold storage room dengan temperatur 2 - 8°C, kapasitas 1500 kit reagen
- Pengembangan Iptek khususnya bidang rancang bangun Cold Storage.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Cold Storage

Cold Storage merupakan suatu alat mesin pendingin yang menampung benda-benda yang akan mengalami proses pendinginan. Unit cold storage biasa digunakan dalam kehidupan sehari-hari untuk mendinginkan atau mengawetkan makanan seperti daging, sayuran dan buah-buahan begitu juga dengan minuman. Adapun penggunaan cold storage di industri biasa digunakan untuk mendinginkan bahan baku atau bahan jadi dari suatu produk. Salah satu tujuan cold storage adalah untuk memperpanjang umur penyimpanan dengan cara pendinginan.



Gambar 2.1 Unit Cold Storage    Gambar 2.2 Unit Refrigerator    Gambar 2.3 Contoh Produk Reagen

Komponen-komponen yang ada dalam sistem cold storage adalah :

- Condensing unit yang terdiri dari kompresor dan kondensor.
- Indoor unit yang terdiri dari evaporator dan katup ekspansi.
- Aksesoris pendukung terdiri dari filter dryer, sight glass, solenoid valve, hand valve & pressure switch.

### 2.2 Refrigerator

Showcase refrigerator adalah suatu alat pendingin yang digunakan untuk menyimpan produk yang membutuhkan kondisi temperatur yang sesuai dengan karakter produk tersebut. Refrigerator banyak dipakai untuk keperluan rumah tangga dan industri. Penggunaannya untuk menyimpan produk makanan dan minuman. Untuk di industri refrigerator untuk menyimpan produk jadi yaitu salah satunya produk reagen diagnostik. Komponen-komponen yang dipakai di refrigerator adalah

- Kompresor
- Evaporator
- Pipa kapiler
- Kondensor

### 2.3 Reagen

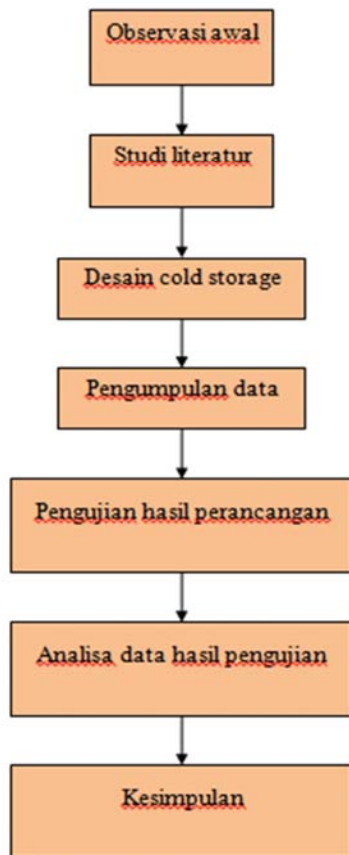
Reagen atau sering disebut pereaksi adalah suatu zat yang berperan dalam suatu reaksi kimia atau diterapkan untuk tujuan analisis. Istilah reagen juga digunakan untuk menunjuk pada zat kimia dengan kemurnian yang cukup untuk sebuah analisis atau percobaan. Sebagai contoh sebuah reagen air tidak boleh mengandung banyak ketidakmurnian seperti ion natrium, klorida atau bakteri dan juga memiliki tahanan listrik yang tinggi. Penggolongan reagen terbagi menjadi dua, yaitu :

- Reagen padat adalah pereaksi yang berbentuk padatan atau serbuk, seperti calcium carbonate.
- Reagen cair adalah pereaksi yang berbentuk cairan, baik encer maupun kental, seperti hydrochloric acid.

Di dalam penyusunan skripsi ini, jenis reagen yang akan didinginkan oleh cold storage adalah reagen cair. Produk reagen ini mempunyai komposisi didalam cairan tersebut adalah protein dan enzim. Pada penyimpanannya produk reagen ini harus berada pada kisaran suhu 2 – 8 °C. Apabila produk reagen ini berada pada batas atas suhu tersebut maka akan merusak kandungan protein dan enzim yang ada pada produk reagen ini, sehingga akan memperpendek umur dari kualitas produk tersebut. Kemudian jika produk reagen ini berada pada batas bawah suhu tersebut, maka akan membekukan produk sehingga produk tersebut akan rusak.

### 3. Metodologi Penelitian

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

#### 3.2 Observasi Awal

Tahap ini merupakan langkah awal sebelum melakukan penelitian dimana kita melakukan pengenalan dan pengamatan sebelum menemukan identifikasi masalah. Pada tahap ini kita melakukan pengamatan langsung ke lapangan yaitu PT Sevana Distribution Jl Dr Saharjo No.45, Jakarta Selatan.

#### 3.3 Studi Literatur

Mempelajari buku-buku sumber untuk mendapatkan teori-teori dan konsep-konsep yang mendukung dalam pelaksanaan perancangan.

#### 3.4 Perancangan dan Desain Gambar

Tahap perancangan desain ini mencakup beberapa kegiatan seperti perancangan model dan bentuk mesin, dimensi yang diperlukan sesuai dengan kapasitas produksi dan pemilihan material atau komponen-komponen yang akan digunakan.

#### 3.5 Pengumpulan Data

Cara pengumpulan data Jenis data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah :

##### 1) Data Primer

Data ini adalah data yang langsung diperoleh dari sumber melalui pengamatan dan pencatatan langsung.

- a) Ukuran dimensi ruangan
- b) Bahan insulasi yang digunakan
- c) Banyaknya produk reagen yang diinginkan

##### 2) Data skunder

Data yang diperoleh bukan dari hasil pengamatan langsung. Data ini diperoleh melalui referensi tertentu atau literatur-literatur yang berhubungan dengan perancangan.

#### 3.6 Pengujian Hasil Perancangan

Tahap selanjutnya adalah pengujian hasil perancangan unit cold storage di lokasi perusahaan PT Sevana Distribution Jl. Dr Saharjo No.45, Jakarta Selatan. Pada tahap awal pengujian dilakukan untuk memastikan unit cold storage beroperasi sesuai dengan perancangan. Kemudian pengujian yang lainnya adalah melakukan pengukuran temperatur ruangan cold storage sesuai spesifikasi yang diinginkan dan menganalisa kinerja mesin pendingin dari sistem refrigerasi dari unit cold storage.

#### 3.7 Analisa Hasil Pengujian dan Kesimpulan

Dalam tahap ini data hasil pengujian diolah untuk mengetahui keberhasilan dari perancangan unit cold storage serta untuk mengetahui seberapa optimalnya kinerja dari unit cold storage hasil rancangan ini. Kemudian setelah data hasil pengujiannya selesai diolah maka kita dapat mengambil kesimpulan dari hasil perancangan unit cold storage ini.

### 4. Pembahasan

#### 4.1 Obyek Penelitian

Obyek penelitian adalah unit penyimpan produk reagen yang akan didistribusikan ke rumah sakit dan laboratorium, yaitu **unit cold storage**.

## 4.2 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam pengambilan data adalah sebagai berikut :

- a. Thermometer Infrared (Gambar 4.1.)
- b. Pressure Gauge (Gambar 4.3.)
- c. Tabel Properties Refrigeran R22.(lampiran 2)
- d. Thermometer Glass (Gambar 4.2.)
- e. Tang Ampere Multimeter (Gambar 4.4.)
- f. Diagram Entalpi.(lampiran 3).



Gambar 4.1.



Gambar 4.2.

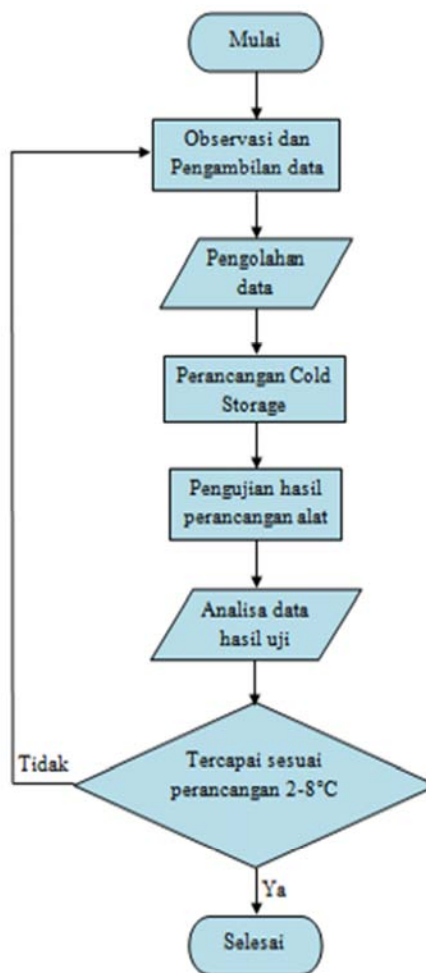


Gambar 4.3.



Gambar 4.4.

## 4.3 Diagram Alir Perancangan dan Pengujian Cold Storage



Gbr 4.5 Diagram Alir Perancangan Cold Storage

Dalam bagian ini akan dilakukan perhitungan beban pendinginan yang terjadi di dalam unit cold storage, sehingga dari hasil perhitungan tersebut penulis dapat menentukan komponen-komponen sistem refrigerasi yang sesuai dengan kapasitas yang dibutuhkan. Adapun data-data yang dibutuhkan dalam perencanaan unit cold storage adalah :

Tabel 4.1 Data-Data Lapangan Yang Dibutuhkan Untuk Perancangan Cold Storage

No.	Uraian	Spesifikasi	Keterangan
1	Dimensi ruangan	$P \times L \times T = 5 \times 3 \times 3 \text{ m}$	45 m <sup>3</sup> berada di lantai 1
2	Temperatur ruangan	2 - 8°C	
3	Temperatur evaporator	-5°C	
4	Produk yang didinginkan	Herpelia reagen	Cairan dalam botol yang sudah dikemas
5	Jumlah produk	1500 kit @ 0.35 kg	total = 525 kg
6	Insulasi ruangan	PU tebal 75 mm	lapis colorbond steel 0,5 mm
7	Temperatur lingkungan	28°C	
8	Temperatur produk sebelum masuk cold storage	26°C	
9	Operasional unit	24 Jam	
10	Jumlah orang	1 orang	selama 1 jam
11	Jumlah lampu	40 Watt	3 unit

#### 4.4 Perhitungan Beban Pendinginan

Beban pendinginan dihitung untuk mendapatkan kapasitas unit cold storage dengan komponen-komponen yang sesuai dengan kebutuhan. Beban pendinginan yang akan terjadi di dalam unit cold storage terdiri dari beban pendinginan dari faktor internal dan beban pendinginan dari faktor eksternal.

Beban pendinginan dari faktor luar bersumber dari ;

- Beban pendinginan yang bersumber melalui dinding ruangan
- Beban pendinginan yang bersumber dari atap ruangan
- Beban pendinginan yang bersumber dari lantai ruangan
- Beban pendinginan dari infiltrasi ruangan

Kemudian beban pendinginan dari faktor dalam bersumber dari :

- Beban pendinginan yang bersumber dari produk yang akan dikondisikan
- Beban pendinginan yang bersumber dari orang
- Beban pendinginan yang bersumber dari peralatan, yaitu motor fan, lampu dan lain-lain.

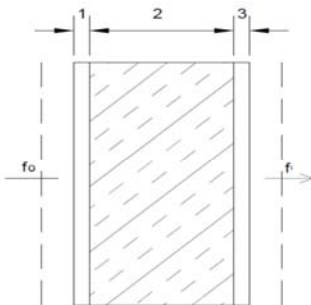
#### 4.5 Beban Pendinginan dari Faktor Eksternal

Beban pendinginan eksternal adalah beban panas yang berasal dari luar atau lingkungan dari unit cold storage seperti dinding, atap, lantai dan kebocoran udara.

##### 4.5.1 Perhitungan Beban Transmisi

Perhitungan beban transmisi adalah untuk menghitung jumlah beban panas yang akan masuk melalui struktur bangunan cold storage room, sehingga mempengaruhi terhadap beban pendinginan.

##### 4.5.1.1 Beban Transmisi dari Dinding



Tabel 4.2 Lapisan Dinding Cold Storage

No	Nama Bahan	Tebal (m)	Konduktivitas termal (W/mk)
1	Colorbond Steel	0,0005	31,2
2	Polyurethan	0,075	0,046
3	Colorbond Steel	0,0005	31,2

(Literature : Principles of Refrigeration, Roy J. Dossat, 1961)

Gambar 4.6 Lapisan Dinding

Dari tabel 2.1 didapatkan harga koefisien perpindahan panas konveksi, dengan konversi 1 Btu/h per square foot per F = 5,6 W/m<sup>2</sup>K. Maka didapat bahwa  $f_i = 9,24 \text{ W/m}^2\text{K}$  dan  $f_o = 22,4 \text{ W/m}^2\text{K}$ , maka :

$$Q = A \times U \times \Delta T, \quad U = \frac{1}{\frac{1}{22,4} + \frac{0,0005}{31,2} + \frac{0,075}{0,046} + \frac{0,0005}{31,2} + \frac{1}{9,24}} = 0,559 \text{ W/m}^2\text{K}$$

**Luas dinding bagian kanan dan kiri**

$$L = p \times l,$$

$$L \text{ a dan b} = 2 \times 3 \times 3 = 18 \text{ m}^2$$

**Luas dinding bagian depan dan belakang**

$$L = p \times l$$

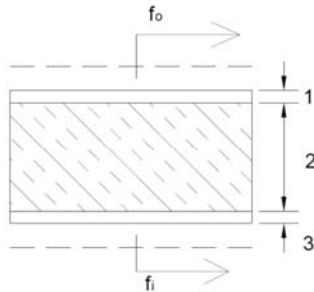
$$\text{Luas c dan d} = 2 \times 5 \times 3 = 30 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas dinding total} = 48 \text{ m}^2$$

$$\Delta T = (t_o - t_i); t_o : \text{temperatur luar}; t_i : \text{temperatur dalam}$$

$$= 28 - 3 = 25$$

$$Q = 48 \times 0,559 \times 25 = 670,8 \text{ W}$$

**4.5.1.2 Beban Transmisi dari Atap**

Tabel 4.3 Lapisan Atap Cold Storage

No	Nama Bahan	Tebal (m)	Konduktivitas termal (W/mk)
1	Colorbond Steel	0,0005	31,2
2	Polyurethan	0,075	0,046
3	Colorbond Steel	0,0005	31,2

(Literature : Principles of Refrigeration, Roy J. Dossat, 1961)

Gambar 4.7 Lapisan Atap

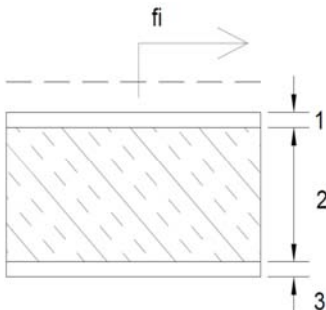
Dari tabel 2.1 didapat :  $f_i = 6,72 \text{ W/m}^2\text{K}$  dan  $f_o = 22,4 \text{ W/m}^2\text{K}$  maka :

$$Q = A \times U \times \Delta T, \quad U = \frac{1}{\frac{1}{22,4} + \frac{0,0005}{31,2} + \frac{0,075}{0,046} + \frac{0,0005}{31,2} + \frac{1}{6,72}} = 0,549 \text{ W/m}^2\text{K}$$

**Luas Atap**

$$L(\text{atap}) = p \times l = 5 \times 3 = 15 \text{ m}^2$$

$$Q = 15 \times 0,549 \times 25 = 205,88 \text{ W}$$

**4.5.1.3 Beban Transmisi dari Lantai**

Tabel 4.4 Lapisan Lantai Cold Storage

No	Nama Bahan	Tebal (m)	Konduktivitas termal (W/mk)
1	Stainless Steel	0,0005	31,2
2	Polyurethan	0,075	0,046
3	Stainless Steel	0,0005	31,2

(Literature : Principles of Refrigeration, Roy J. Dossat, 1961)

Gambar 4.8 Lapisan Lantai

Dari tabel 2.1 didapat :  $f_i = 9,24 \text{ W/m}^2\text{K}$

$$Q = A \times U \times \Delta T, \quad U = \frac{1}{\frac{0,0005}{31,2} + \frac{0,075}{0,046} + \frac{0,0005}{31,2} + \frac{1}{9,24}} = 0,571 \text{ W/m}^2\text{K}$$

**Luas Lantai :**

$$L(\text{lantai}) = p \times l = 5 \times 3 = 15 \text{ m}^2$$

$$Q = 15 \times 0,571 \times 25 = 214,13 \text{ W}$$

$$Q_{\text{total trans}} = 670,8 + 205,88 + 214,13 = 1090,73 \text{ W}$$

#### 4.5.2 Perhitungan Beban Infiltrasi

Volume cold storage = 45 m<sup>3</sup>

Pertukaran udara dalam 24 jam didapat dari tabel 2.2

Dengan rata-rata didapat pertukaran udara 14.0 kali untuk 24 jam

Dari tabel 2.3 didapat beban pertukaran udara untuk temperature dalam ruang cold storage dan kondisi luar cold storage dengan temperature ± 28 °C adalah 28 kkal/m<sup>3</sup>

$$Q_i = \frac{v \times \text{pertukaran udara dalam 24 jam} \times \text{Heat gain}}{24 \text{ Jam}}$$

$$Q_i = \frac{45 \times 14,0 \times 28}{24 \text{ Jam}} = 735 \text{ kkal/h} = 0,854 \text{ kW} = 854 \text{ W}$$

Sehingga  $Q_{\text{Eksternal}} = Q_{\text{Transmisi ruangan}} + Q_{\text{Infiltrasi}} = 1090,73 + 854 = 1944,73 \text{ Watt}$

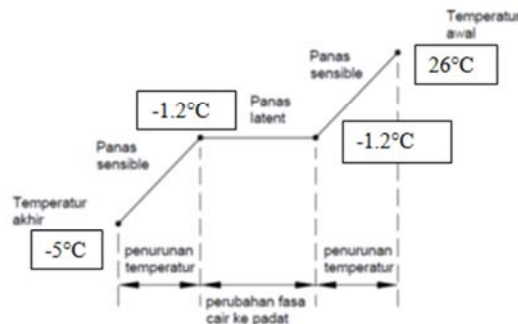
#### 4.6 Perhitungan Beban dari Faktor Internal

Perhitungan beban internal adalah untuk menghitung jumlah beban panas yang dari produk dan alat-alat yang ada di dalam unit cold storage room yang menghasilkan panas.

##### 4.6.1 Perhitungan Beban Pendinginan dari Produk

Produk yang didinginkan adalah produk reagen dengan massa ± 525 kg, produk sebelum masuk ke cold storage berada pada temperature ± 26 °C, temperature produk di dalam cold storage mencapai di kisaran 2 – 8 °C, kemudian kita tetapkan temperature akhir penguapan yaitu - 5 °C. proses pendinginan dilakukan selama 24 jam. Dari data pada lampiran 4 didapat :

Freezing point = -1.2 °C; Co = 0,92 kcal/kg °C ; Cu = 0,47 kcal/kg °C ; Cl = 71 kcal/kg °C



Gambar 4.9 Diagram Perubahan Temperatur Produk

$$Q_1 = m \times C_o \times \Delta T = 525 \times 0,92 \times (26 - (-1,2)) = 13137,6 \text{ kcal} = 55046,5 \text{ kJ}$$

$$Q_2 = m \times C_l = 525 \times 71 = 37275 \text{ kcal} = 156182,25 \text{ kJ}$$

$$Q_3 = m \times C_u \times \Delta T = 525 \times 0,47 \times (-1,2 - (-5)) = 937,65 \text{ kcal} = 3928,75 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{Total Produk}} = \frac{55046,5 + 156182,25 + 3928,75}{\text{Waktu pendinginan}} = \frac{74657,5}{24 \times 3600} = 0,864 \text{ W}$$

#### 4.6.2 Perhitungan Beban Tambahan

Perhitungan ini merupakan beban panas yang bersumber dari selain eksternal dan internal tetapi bisa mempengaruhi beban pendinginan terhadap unit cold storage, seperti beban panas dari pekerja, lampu penerangan dan beban motor listrik fan indoor.

##### 4.6.2.1 Perhitungan Beban Panas dari Pekerja

Kalor yang bersumber dari pekerja ada 2(dua) macam yaitu kalor sensible dan kalor latent. Untuk menghitung masing – masing kalor tersebut dapat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$Q_{\text{Sensible}} = N \times \text{SHG} \times \text{CLF}$$

(Literature: ASHRAE, *fundamental Handbook*, 2001)

Dimana :  $Q_{\text{sensible}}$  : Jumlah kalor sensible pekerja yang berada di dalam ruangan cold storage.  
 SHG : 80 Watt (Tabel Heat Gain from Occupants ; Lampiran 5 )  
 N : Jumlah orang yang berada di ruangan yaitu 1 orang  
 CLF : 0,49 (Tabel Cooling Load Factor : Lampiran 6 )

Dari data-data di atas dapat dihitung kalor sensible yang bersumber dari manusia adalah

$$Q_{\text{sensible}} = 1 \text{ orang} \times 80 \text{ Watt} \times 0,49 = 39,2 \text{ Watt}$$

Kemudian persamaan berikutnya untuk menghitung beban kalor latent dari pekerja

$$Q_{\text{Latent}} = N \times LHG$$

(Literature: ASHRAE, fundamental Handbook, 2001)

Dimana :  $Q_{\text{Latent}}$  : Jumlah kalor latent dari pekerja yang berada di dalam ruangan cold storage  
 LHG : 140 Watt (Tabel Heat Gain from Occupants : Lampiran 7 )  
 N : Jumlah orang yang berada di ruangan yaitu 1 orang

Dari data – data di atas dapat dihitung kalor latent yang bersumber dari pekerja adalah

$$Q_{\text{Latent}} = 140 \text{ Watt} \times 1 \text{ orang} = 140 \text{ Watt}$$

Jadi, Jumlah total kalor yang dikeluarkan oleh pekerja adalah :

$$Q_p = Q_{\text{sensible}} + Q_{\text{Latent}} = 39,2 \text{ Watt} + 140 \text{ Watt} = 179,2 \text{ Watt}$$

#### 4.6.2.2 Perhitungan Beban Panas dari Lampu Penerangan

Selain kalor dari manusia, faktor internal selanjutnya adalah kalor yang bersumber dari lampu penerangan. Kalor yang didapat dari penerangan lampu ini, yaitu kalor latent. Dimana jumlah kalor latent yang diperoleh dari lampu dapat di hitung dengan formula sebagai berikut :

$$Q_{\text{Latent}} = N \times \text{Daya lampu} \times BF \times CLF \times SF$$

(Literature: ASHRAE, fundamental Handbook, 2001)

Dimana :

$Q_{\text{Latent}}$  = jumlah kalor latent yang berasal dari lampu penerangan  
 N = jumlah lampu yang berada di ruangan, yaitu 3 unit  
 Daya lampu = @ 40 Watt  
 BF = Faktor kelonggaran, yaitu 1,25 ( 1,18 – 1,30 )  
 CLF = Faktor beban pendingin = 0,72 (Tabel CLF light: Lampiran 8 )  
 SF = Storage Factor, yaitu 0,78

Dari data di atas dapat dihitung jumlah kalor latent dari lampu penerangan ruangan adalah :

$$Q_{\text{Latent}} = 3 \times 40 \times 1,25 \times 0,72 \times 0,78 = 84,24 \text{ Watt}$$

#### 4.6.2.3 Perhitungan Beban dari Motor Listrik

Motor listrik yang dipakai di dalam unit indoor berjumlah 2 kipas dan heater dengan daya keseluruhan = 2050 Watt. Dari tabel 2.4 didapat bahwa heat equivalent motor listrik dengan daya 375W– 2,2KW adalah 1,25

$Q_m$  = Daya motor x Heat equivalent = 1 x 2050 x 1,25 = 2562,5 Watt, Sehingga,

$Q_{\text{Internal}}$  =  $Q_{\text{Produk}} + Q_{\text{Pekerja}} + Q_{\text{Lampu}} + Q_{\text{Motor}}$

$Q_{\text{Internal}}$  = 0,864 + 179,2 + 84,24 + 2562,5 = 2826,8 Watt

Dari hasil perhitungan dan pengolahan data di atas, maka jumlah total keseluruhan beban pendingina pada perancangan cold storage ini adalah :

$Q_{\text{Total}}$  =  $Q_{\text{Eksternal}} + Q_{\text{Internal}}$  = 1944,73 + 2826,8 = 4771,5 Watt

Untuk faktor keamanan diambil 10% dari beban total pendinginan :

$Q_{\text{Safety}}$  = 4771,5 + (4771,5 x 10%) = 5248,7 Watt = 5,25 kW = 17923,5 Btu/h (1 kW = 3414 Btu/h)

Beban pendinginan dalam Ton Refrigerasi : 1 TR = 12000 Btu/h = 3,516 kW

$$TR = \frac{5,25}{3,516} = 1,49 \text{ TR}$$



Tabel 4.5 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Beban Pendinginan

No	Sumber Beban Pendinginan	Jumlah Beban Pendinginan ( Watt )
<b>A</b>	<b>Faktor Eksternal</b>	
1	Beban pendinginan dari dinding	670,8
2	Beban pendinginan dari atap	205,88
3	Beban pendinginan dari lantai	214,13
4	Beban pendinginan dari infiltrasi	854
<b>B</b>	<b>Faktor Internal</b>	
1	Beban pendinginan dari produk	0,864
2	Beban pendinginan dari pekerja	179,2
3	Beban pendinginan dari lampu	84,24
4	Beban pendinginan dari motor listrik	2562,5
<b>C</b>	<b>Q total</b>	<b>4771,5</b>
<b>D</b>	<b>Q safety 10%</b>	<b>477,15</b>
<b>E</b>	<b>Q total keseluruhan</b>	<b>5248,65</b>

#### 4.7 Pemilihan Komponen Sistem Refrigerasi

##### 4.7.1 Condensing Unit

Berdasarkan hasil perhitungan bahwa beban pendinginan yang didapat adalah 1,49 TR. Dengan menggunakan tabel pemilihan condensing unit (lihat lampiran 9), beban pendinginan dikonversi dulu ke kcal/h, selain itu pemilihan condensing unit terpengaruh oleh jenis refrigerant yang akan digunakan dalam sistem refrigerasi ini. Dalam perancangan ini, penulis mendapat data bahwa beban pendinginan yaitu 17923,5 Btu/h atau  $\pm 4516,7$  kcal/h, kemudian refrigerant yang digunakan adalah R22. Dengan demikian dari hasil tabel tersebut bahwa condensing unit yang akan kita ambil adalah model **FH4524F Merk L'Unite Hermetique 2 HP**.

##### 4.7.2 Evaporator

Untuk bisa menentukan jenis evaporator yang dipakai, kita lihat tabel evaporator ( lampiran 10). Dalam rancangan unit cold storage ini, kita akan pakai jenis evaporator dengan suhu rendah, yaitu  $-40^{\circ}\text{C}$ . Dari hasil perhitungan data bahwa total kapasitas beban pendinginan adalah 17923,5 Btu/h atau dikonversikan 4516,7 kcal /h. Setelah didapat nilainya, maka dari table tersebut jenis evaporator yang dapat digunakan dalam perancangan cold storage ini adalah **Merk Muller type MCF 28**.

##### 4.7.3 Katup Ekspansi

Untuk mendapatkan jenis katup ekspansi yang dapat dipakai dalam perencanaan unit cold storage ini, kita harus mengkonversikan nilai total beban pendinginan dari Btu/h ke Ton Refrigerasi(TR), dimana 17923,5 Btu/h =1,49 TR. Setelah didapat nilai tersebut, maka kita lihat tabel pemilihan jenis katup ekspansi ( lampiran 11). Disana kita tentukan dulu evaporating temperature dan drop tekanan, dari data evaporating temperature yang mendekati dengan perencanaan unit cold storage adalah  $-5^{\circ}\text{C}$ , kemudian drop tekanannya adalah  $14,0 \text{ kg/cm}^2$ . Berdasarkan hasil tabel kita ambil nilai total beban pendinginan yang mendekati adalah 1,41 TR. Dengan demikian jenis katup ekspansi yang didapat adalah **Merk Danfoss type TEX 2**.

##### 4.7.4 Pipa Instalasi

Setelah pemilihan komponen-komponen utama sistem refrigerasi, kita bisa memilih jenis dan dimensi pipa instalasi untuk menyatukan antar komponen utama. Dalam pemilihan pipa yang diperhatikan adalah jumlah beban pendinginan dan evaporating temperature serta jenis refrigeran. Berdasarkan tabel pipa (lampiran 12), jenis dan dimensi pipa yang dipakai adalah sebagai berikut :

###### a. Pipa Suction

Perhatikan tabel pipa suction untuk R-22 ( lampiran 13), disana kita cari nilai beban pendinginan yang mendekati yaitu 3741 kcal dengan evaporating temperature  $-5^{\circ}\text{C}$ . Dari data tersebut didapat spesifikasi pipa suction sebagai berikut :

- Diameter pipa : 5/8 inch
- Diameter luar : 15,88 mm
- Diameter dalam: 13,84 mm
- Luas penampang : 1,5 cm<sup>2</sup>
- Volume aliran : 5,4 m<sup>3</sup>/h

#### b. Pipa Liquid

Perhatikan tabel pipa liquid untuk R-22 (lampiran 14), disana kita cari nilai beban pendinginan yang mendekati yaitu 2975 kcal dengan evaporating temperature -10°C. Dari data tersebut didapat spesifikasi pipa liquid sebagai berikut :

- Diameter pipa : 1/4 inch
- Diameter luar : 6,35 mm
- Diameter dalam : 4,75 mm
- Luas penampang : 0,18 cm<sup>2</sup>
- Volume aliran : 0,065 m<sup>3</sup>/h
- Pipa Pressure

Perhatikan tabel pipa pressure untuk R-22 (lampiran 15), disana kita cari nilai beban pendinginan yang mendekati yaitu 3687 kcal dengan evaporating temperature -5°C. Dari data tersebut didapat spesifikasi pipa pressure sebagai berikut :

- Diameter pipa : 3/8 inch
- Diameter luar : 9,53 mm
- Diameter dalam: 8 mm
- Luas penampang : 0,5 cm<sup>2</sup>
- Volume aliran : 1,8 m<sup>3</sup>/h

#### 4.7.5 Solenoid Valve

Untuk pemilihan jenis solenoid valve dapat dilihat pada tabel pemilihan solenoid ( lampiran 16). Disana nilai beban pendinginan yang mendekati adalah 1 TR dengan drop tekanan 3 Psi. Dari data tersebut kita bisa mendapatkan jenis solenoid valve yaitu **Merk SPORLAN type E3 3/8 ODF Solder**.

#### 4.7.6 Filter Dryer

Untuk pemilihan jenis komponen filter dryer dapat menggunakan tabel filter dryer merk Catch-All. Disana nilai beban pendinginan yang mendekati adalah 1 - 2 TR dengan jenis refrigerant R-22 lihat tabel (lampiran 17). Berdasarkan data tersebut, maka jenis filter dryer yang dapat digunakan adalah **C-163 SAE Flare 3/8 inch**.

#### 4.7.7 Sight Glass

Untuk pemilihan jenis sight glass dapat menyesuaikan dengan ukuran pipa liquid yaitu 3/8 inch. Dari data tersebut kita bisa menentukan jenis sight glass dengan melihat tabel sight glass (lampiran 18) adalah **Merk SPORLAN SA-13 3/8 inch Flare**.

#### 4.7.8 Thermo Control

Untuk pemilihan thermo control disesuaikan dengan kebutuhan range pengaturan temperature ruangan yaitu 2 - 8°C. Jenis thermo control yang akan kita pakai adalah **Merk Dixell XR30CX** dengan setting temperature ON pada 8°C dan OFF pada 2°C.

#### 4.7.9 Pressure Control

Dalam pemilihan High Low Pressure Switch, sebelumnya kita harus mengetahui dulu temperature kondensasi. Dimana pada seluruh sistem refrigerasi memiliki temperature kondensasi maksimum 45°C. Setelah dapat nilai temperature tersebut kemudian dikonversikan ke tekanan yaitu 260 Psi lihat tabel konversi temperature ke tekanan . Kemudian nilai 260 Psi dikonversi lagi ke satuan Bar ( 1 bar = 14,5 Psi ), maka nilai pressure adalah 17,93 Bar. Dari data tersebut kita dapat memilih jenis HLP switch (lampiran 19) adalah HLP switch **Merk Ranco type 0 17-6701 LP Automatic HP Automatic** maksimal tekanan yang diijinkan adalah 20 Bar.

Tabel 4.6 Data Spesifikasi Hasil Pemilihan Komponen-Komponen Sistem Refrigerasi

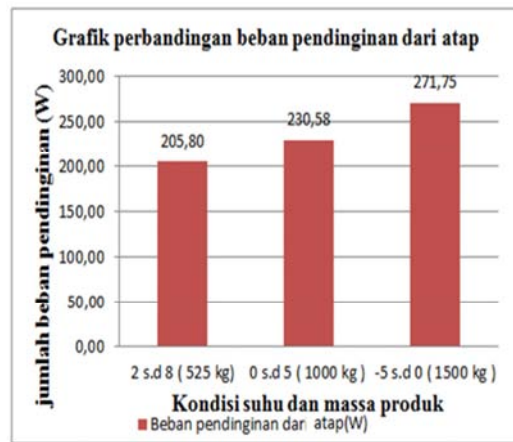
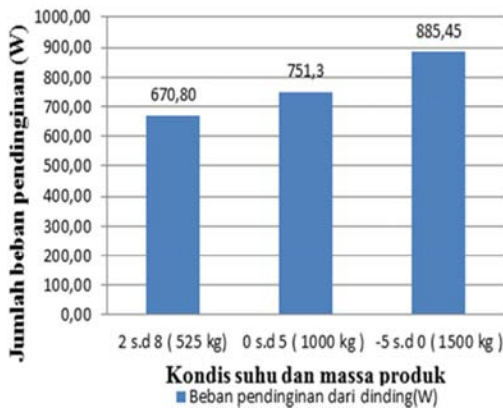
No.	Komponen	Model	Merk / Spesifikasi	Kapasitas
1	Condensing Unit	FH4524F	L' unite Hermetique	2 HP
2	Evaporator	MCF 28	Muller	442 Watt
3	Katup Ekspansi	TXV type F	Danfoss	
4	Pipa Suction		5/8 "	
5	Pipa Liquid		1/4 "	
6	Pipa Pressure		3/8 "	
7	Solenoid Valve	E3 ODF Solder	SPORLAN 3/8 "	
8	Filter Dryer	C-163 SAE Flare	Catch All 3/8 "	
9	Sight Glass	SA 13 Flare	SPORLAN 3/8 "	
10	Thermo Control	XR30CX	Dixell -50° s.d 110° C	
11	Pressure Control	017 - 6701 LP/HP Auto	Ranco LP : 0 - 100 Psi HP : 0 - 400 Psi	20 Bar

Tabel 4.7 Perbandingan Analisa Beban Pendinginan

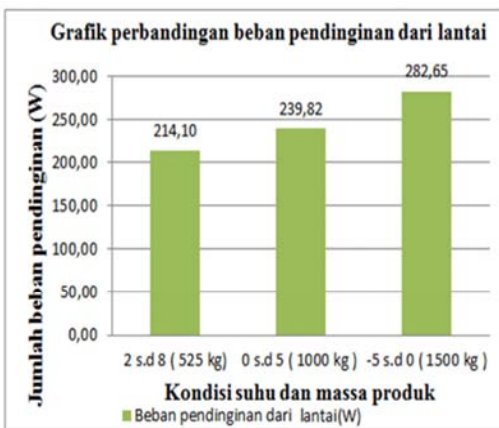
No	Item	Suhu Cold Storage		
		Suhu (°C)		
		2 s.d 8	0 s.d 5	-5 s.d 0
	Massa Produk (kg)	525	1000	1500
1	Beban pendinginan dari dinding (W)	670,8	751,3	885,45
2	Beban pendinginan dari atap (W)	205,8	230,58	271,75
3	Beban pendinginan dari lantai (W)	214,1	239,82	282,65
4	Beban pendinginan dari infiltrasi (W)	854	854	854
5	Beban pendinginan dari produk (W)	0,864	4,644	7,13
6	Beban pendinginan dari lampu (W)	84,24	84,24	84,24
7	Beban pendinginan dari pekerja (W)	179,2	179,2	179,2
8	Beban pendinginan dari motor listrik (W)	2562,5	2562,5	2562,5
9	Q total (W)	4771,5	4906,28	5126,91
10	Q safety 10% (W)	477,15	490,62	512,69
11	Q total keseluruhan (W)	5248,7	5396,91	5639,6

Dari hasil perbandingan perancangan cold storage kita dapat menggambarkan dalam bentuk grafik.

Grafik perbandingan beban pendinginan dari dinding



Gambar 4.10 Grafik Beban Pendinginan dari Dinding, Gambar 4.11 Grafik Beban Pendinginan dari Atap

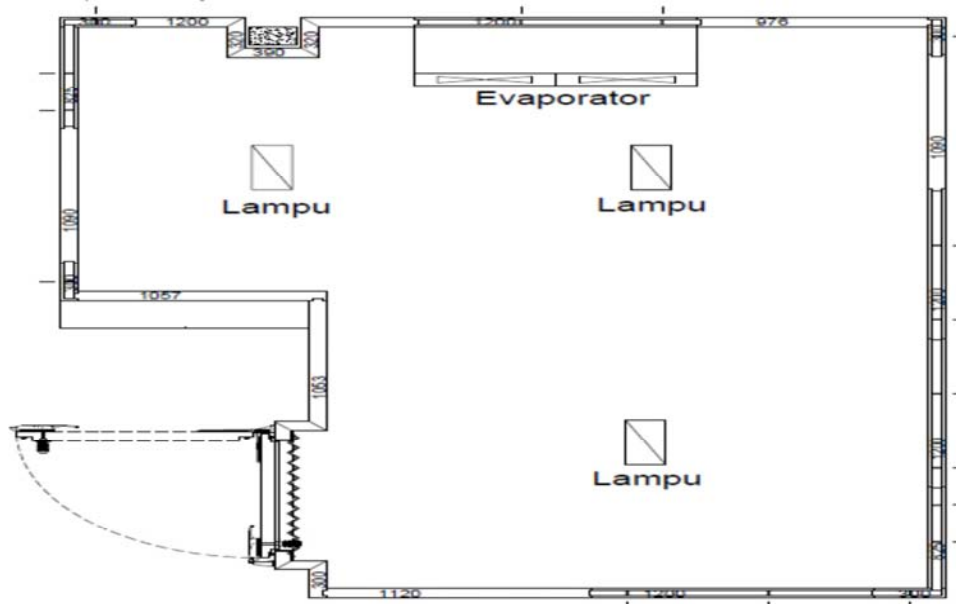


Gambar 4.12 Grafik Beban Pendinginan dari Lantai Gambar 4.13 Grafik Beban Pendinginan dari Produk

Hasil analisa bahwa apabila jumlah produk semakin banyak maka beban pendinginan akan semakin besar. Kemudian apabila temperatur yang diinginkan semakin rendah maka beban pendinginan dari transmisi bangunan akan semakin besar juga.

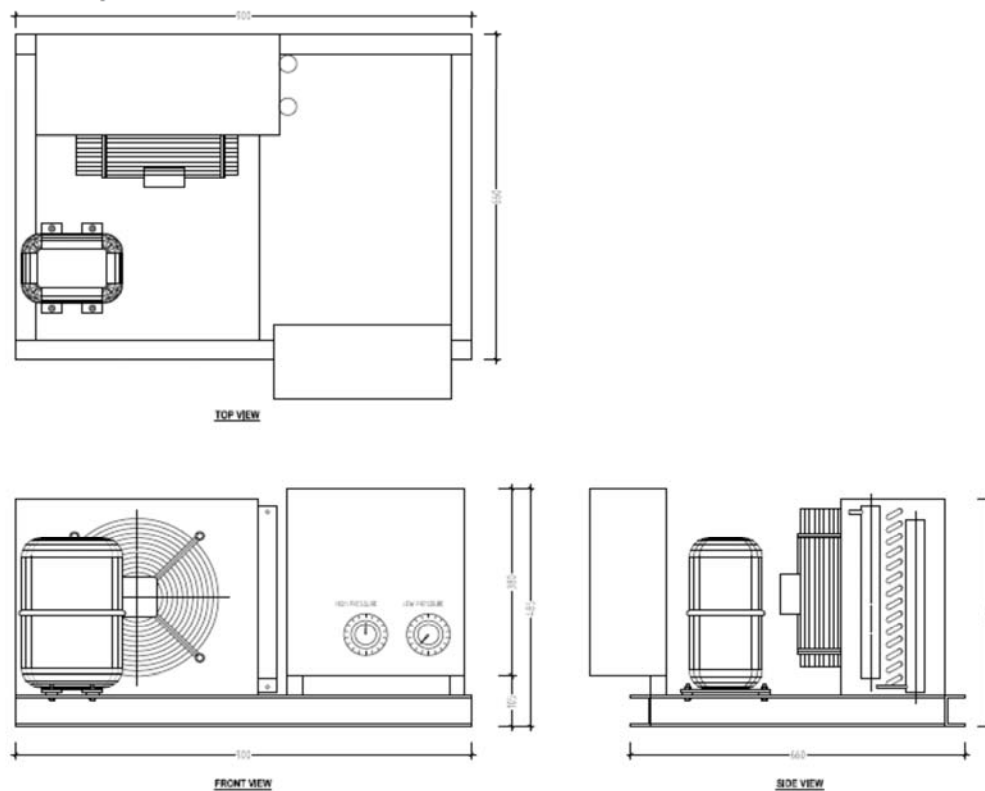
## 4.8 Perancangan Unit Cold Storage

### 4.8.1 Layout Ruangan



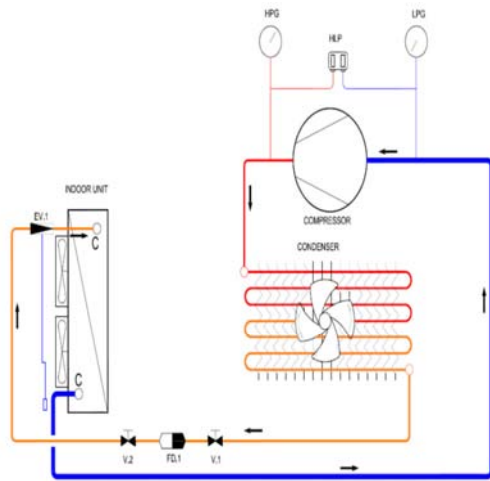
Gambar 4.14 Layout Perancangan

### 4.8.2 Perancangan Outdoor Unit



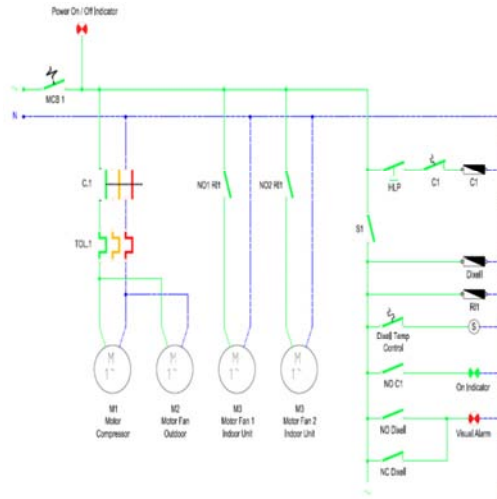
Gambar 4.15 Outdoor Unit Cold Storage

### 4.8.3 Perancangan Piping Diagram



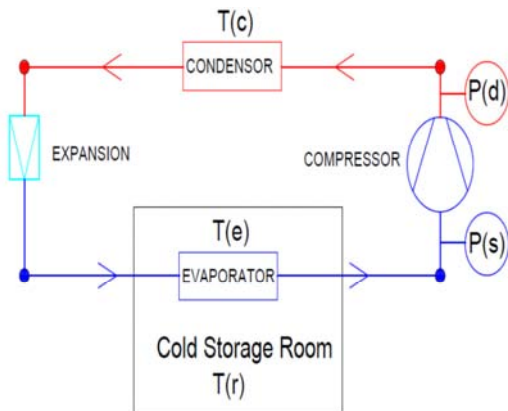
Gambar 4.16 Piping Diagram

### 4.8.4 Perancangan Wiring Diagram



Gambar 4.17 Wiring Diagram Cold Storage

### 4.9 Pengujian Sistem Refrigerasi Pada Unit Cold Storage



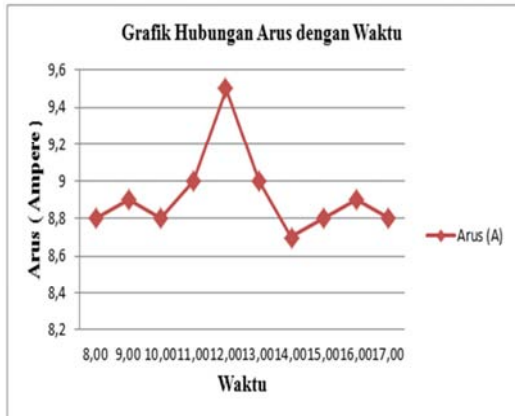
Gambar 4.18 Diagram Titik Pengujian Sistem Refrigerasi Unit Cold Storage

Tabel 4.8 Hasil Pengukuran Temperatur, Tekanan dan Arus

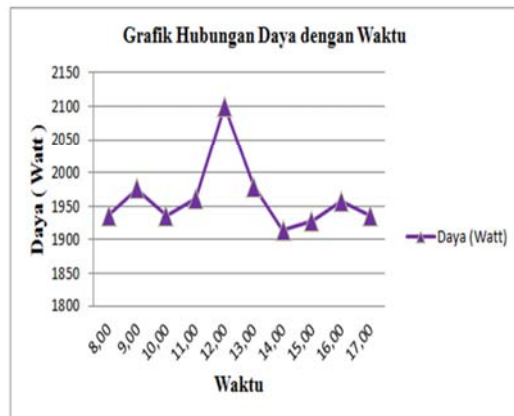
Jam	Te (°C)	Tc (°C)	Tr (°C)	Ps (Psi)	Pd (Psi)	Arus (A)	Voltage (V)	Daya (Watt)
08.00	2	43	4	50	255	8,8	220	1936
09.00	3	45	6	52	250	8,9	222	1975,2
10.00	2	45	5	50	255	8,8	220	1936
11.00	1	44	3	55	255	9,0	218	1962
12.00	2	45	4	55	260	9,5	221	2099,5
13.00	2	43	5	55	260	9,0	220	1980
14.00	-2	45	7	53	255	8,7	220	1914
15.00	0	43	4	50	255	8,8	219	1927,2
16.00	-1	45	3	50	250	8,9	220	1958
17.00	1	45	5	45	255	8,8	220	1936

Te : Suhu evaporator ; Tc : Suhu condensor ;  
 Tr : Suhu ruangan ; P(s) : Tekanan suction ;  
 P(d) : Tekanan discharge

Adapun data-data yang didapat pada saat pengujian sistem refrigerasi adalah :



Gambar 4.19 Grafik Hubungan Arus dengan Waktu

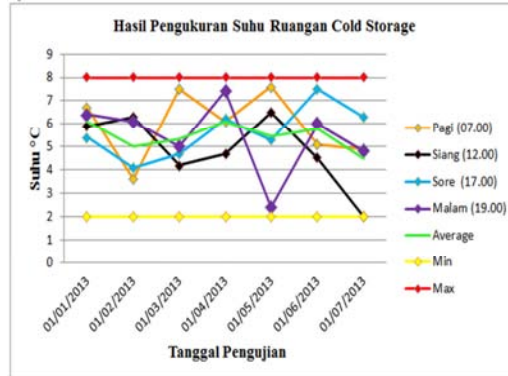


Gambar 4.20 Grafik Hubungan Daya dengan Waktu

Hasil Analisa bahwa nilai arus dan daya mengalami kenaikan pada pukul 12.00, dikarenakan pada saat itu kondisi temperatur lingkungan tinggi sehingga mempengaruhi kinerja unit cold storage.

Tabel 4.9 Hasil Pengukuran Temperatur Ruang Cold Storage Aktual

No.	Tanggal	Pagi (07.00)	Siang (12.00)	Sore (17.00)	Malam (19.00)	Average	Min	Max
1	1/4/2013	6,7	5,9	5,4	6,4	6,1	2	8
2	2/4/2013	3,6	6,3	4,1	6,1	5,0	2	8
3	3/4/2013	7,5	4,2	4,7	5	5,4	2	8
4	4/4/2013	6,1	4,7	6,2	7,4	6,1	2	8
5	5/4/2013	7,6	6,5	5,3	2,4	5,5	2	8
6	6/4/2013	5,1	4,5	7,5	6	5,8	2	8
7	7/4/2013	4,9	2	6,3	4,8	4,5	2	8



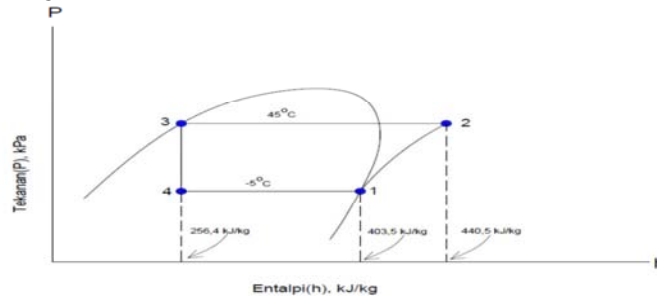
Gambar 4.21 Grafik Hasil Pengukuran Suhu Ruang

#### 4.10 Analisa Sistem Refrigerasi dari Unit Cold Storage

Dari hasil pengujian unit cold storage, bahwa unit ini menggunakan sistem refrigerasi kompresi uap dengan menghasilkan kapasitas 5 kW dengan menggunakan refrigeran 22, bekerja pada suhu pengembunan 45°C dan suhu penguapan -5°C, maka dengan data di atas kita bisa menganalisa performa dari sistem cold storage tersebut.

Langkah pertama untuk menganalisa sistem ini, kita gambarkan diagram tekanan-entalpi (Gambar 4.18) dan menentukan dari tabel A-6(lampiran 20), dan Gambar A-7(lampiran 21), entalpi-entalpi pada titik-titik penting. Nilai  $h_1$  adalah entalpi uap jenuh pada -5°C, yaitu 403,5 kJ/kg.

Untuk menemukan  $h_2$  melalui garis entropi tetap geser titik 1 hingga mencapai tekanan jenuh yang sesuai dengan suhu 45°C. Tekanan pengembunan ini adalah nilai  $h_2 = 440,5$  kJ/kg. Nilai  $h_3$  dan  $h_4$  identik dan sama dengan entalpi cairan jenuh pada suhu 45°C, yaitu 256,4 kJ/kg. Sehingga  $h_1 = 403,5$  kJ/kg ;  $h_2 = 440,5$  kJ/kg ;  $h_3 = h_4 = 256,4$  kJ/kg



Gambar 4.22 Diagram Tekanan-Entalpi Pada Sistem Refrigerasi

Dari hasil data-data di atas, maka analisa-analisa yang terjadi pada sistem refrigerasi adalah :

- a. Efek refrigerasi(RE) :

$$RE = h_1 - h_4 = 403,5 - 256,4 = 147,1 \text{ kJ/kg}$$

- b. Kerja kompresi

$$W_{komp} = h_2 - h_1 = 440,5 - 403,5 = 37,0 \text{ kJ/kg}$$

- c. Laju alir refrigeran dapat dihitung dengan membagi kapasitas refrigerasi dgn dampak refrigerasi.

$$\text{Laju alir} = \frac{\text{Beban Refrigerasi}}{RE} = \frac{5,25 \text{ kW}}{147,1 \text{ kJ/kg}} = 0,035 \text{ kg/det}$$

- d. Daya yang dibutuhkan oleh kompresor adalah kerja kompresi per kilogram dikalikan dengan laju aliran refrigerasi.

$$\text{Daya kompresor} = \text{Laju alir} \times \text{Kerja kompresi} = 0,035 \text{ kg/det} \times 37,0 \text{ kJ/kg} = 1,29 \text{ kW}$$

- e. Koefisien prestasi( COP ).

$$COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} = \frac{403,5 - 256,4}{440,5 - 403,5} = 3,97$$

- f. Daya kompresor per kilowatt refrigerasi adalah

$$\text{Daya refrigerasi} = \frac{1,29 \text{ kW}}{5,25 \text{ kW}} = 0,25 \text{ kW/kW}$$

## 5. Penutup

### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- Untuk perancangan cold storage room dengan volume ruang sebesar 45 m<sup>3</sup> membutuhkan kapasitas pendinginan sebesar 1,49 TR.
- Beban pendinginan yang terjadi dalam unit sistem cold storage merupakan jumlah dari beban panas dari beban transmisi, beban infiltrasi, beban produk dan beban-beban tambahan yang mempengaruhi sistem ini adalah sebesar 5248,7 Watt.
- Dari hasil perancangan unit sistem cold storage untuk kebutuhan volume ruangan ini dan temperatur ruangan 2 - 8°C didapat komponen-komponen utama dan komponen-komponen tambahan untuk sistem refrigerasi adalah sebagai berikut :

Tabel 5.1 Daftar Spesifikasi Teknis Unit Cold Storage

No.	Komponen	Model	Merk / Spesifikasi	Kapasitas
1	Condensing Unit	FH4524F	L' unite Hermetique	2 HP
2	Evaporator	MCF 28	Muller	442 Watt
3	Katup Ekspansi	TXV type F	Danfoss	
4	Pipa Suction		5/8 "	
5	Pipa Liquid		1/4 "	
6	Pipa Pressure		3/8 "	
7	Solenoid Valve	E3 ODF Solder	SPORLAN 3/8 "	
8	Filter Dryer	C-163 SAE Flare	Catch All 3/8 "	
9	Sight Glass	SA 13 Flare	SPORLAN 3/8 "	
10	Thermo Control	XR30CX	Dixell -50° s.d 110° C	
11	Pressure Control	017-6701 LP/HP Auto	Ranco LP 0 – 100 PSI HP 0 – 400 PSI	20 Bar

- Berdasarkan hasil analisa pengujian bahwa unit sistem cold storage memiliki laju aliran massa refrigeran sebesar 0,035 kg/det, daya compressor yang dibutuhkan 1,29 kW dan koefisien prestasi kerja (COP) sebesar 3,97.

### 5.2 Saran

- Untuk menghasilkan analisa yang lebih akurat, maka perancangan cold storage bisa disimulasikan dengan menggunakan salah satu program software seperti MATLAB.
- Untuk ke depannya dalam pengujian hasil perancangan cold storage, ada variable yang bisa diubah-ubah sehingga dapat mempermudah dalam menganalisa dari sistem cold storage ini.
- Untuk ke depannya perancangan cold storage yang berkapasitas 1000 kg dan 1500 kg bisa dilakukan pengujian sehingga dapat membandingkan dengan perancangan cold storage yang berkapasitas 525 kg yang sekarang ini sudah dilakukan pengujian.
- Agar hasil analisa pengujian cold storagenya lebih akurat, maka dalam pengambilan data harus lebih lengkap dan detail lagi.

### DAFTAR PUSTAKA

ASHRAE. *Handbook Of Fundamental*. 1990

Bernard D. Wood, Zulkifli Harapa *Penerapan Termodinamika Edisi Kedua*. Jakarta: Erlangga, 1988.

Dirja, *Dasar-dasar Mesin Pendingin*. Jakarta: Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, 2004..

Dossat, Roy J.. *Principles Of Refrigeration*, Japan, 1961

Drs. Emon Paringga, E. Karyanto. *Teknik Mesin Pendingin Volume 1*. Jakarta: CV. Restu Agung, 2003

Hasan, Syamsuri, dkk, *Sistem Refrogerasi dan Tata Udara*. Jakarta: Direktorat Pembinaan sekolah Menengah kejuruan, 2008.

Sumanto, 2002. *Dasar-dasar Mesin Pendingin*, Andi, Yogyakarta.

Stoecke, Wilbert F. and Jerold W. Jone. *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*, Edisi Kedua, terjemahan Supratman Hara. Jakarta: Erlangga, 1982.

Wiranto Arismunandar dan Heizo Sato. *Penyegaran Udara*. Jakarta: Erlangga, 1995.

<http://teachintegration.wordpress.com/hvac-forum/basic/siklus-refrigerasi/>