

Perencanaan Cold Storage Untuk Penyimpanan Produk Ikan Mujair di Kabupaten Merauke

Yulius Frengky Berek¹

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik,
Universitas Musamus
e-mail: hengkyberek22@gmail.com

Klemens A. Rahangmetan⁴

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik,
Univesitas Musamus Jl. Kamizaun Mopah Lama
Merauke Telp. 0971-325976
e-mail: krahangmetan@unmus.ac.id

Peter Sahupala²

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik,
Univesitas Musamus Jl. Kamizaun Mopah
Lama Merauke Telp.0971-325976
e-mail: pieter@unmus.ac.id

Christian Wely Wullur⁵

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik,
Universitas Musamus Jl. Kamizaun Mopah
Lama Merauke Telp. 0971- 325976
e-mail: christianwelly@unmus.ac.id

Daniel Parenden³

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik,
Univesitas Musamus Jl. Kamizaun Mopah Lama
Merauke Telp. 0971-325976
e-mail: daniel@unmus.ac.id

Farid Sariman⁶

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik,
Universitas Musamus Jl. Kamizaun Mopah
Lama Merauke Telp. 0971- 325976
e-mail: fsariman@unmus.ac.id

Abstrak - Adapun tujuan dari penulisan ini adalah Menghitung beban pendinginan pada cold storage ikan beku, Menghitung prestasi siklus kompresi uap meliputi laju aliran massa, daya kompresor, dan COP.

Penelitian ini menggunakan metode rancangan teoritis. Perancangan cold storage untuk penyimpanan produk ikan mujair di daerah merauke, dengan kapasitas satu container tersebut akan dihitung berapa besar pembebanan pendingin yang harus diberikan sehingga mendapatkan efisiensi cold storage yang maksimum. Data rancangan diperoleh dari hasil pengamatan dilapangan.

Adapun hasil perhitungan menunjukkan bahwa Refrigeran yang digunakan Refrigeran 12 (R-12), Produk ikan mujair = 14,04 ton = 14.040 kg, Suhu cold storage : 10° C, Superheated: 5° C, Temperatur refrigeran di kondenser : 35° C, Temperatur refrigeran di evaporator : 5° C, Tekanan di kondenser : 0,80 MPa Tekanan di evaporator : 0,40 Bar serta COP : 4,7

Kata Kunci : *Refrigeran, Beban Pendingin, Coefisien Of Performance*

I. Pendahuluan

Perkembangan teknologi akhirnya megakibatkan manusia mendapatkan cara agar bahan makanan yang berupa sayur-sayuran, ikan dan daging agar bertahan lebih lama. Dari sekian cara-cara yang paling baik adalah dengan cara didinginkan. Karena bahan makanan yang berupa sayur-sayuran, ikan dan daging yang sudah didinginkan akan tetap segar, tidak akan mengalami perubahan rasa, warna, aroma dan tetap terjaga kehygienannya^[1]. Oleh karena itu penulis ingin membuat perencanaan cold storage untuk penyimpanan produk ikan mujair di kota merauke. Dikarenakan Kota Merauke sangat melimpah dengan hasil kekayaannya, baik yang di laut, air tawar, maupun di darat, yang menjadi patokan disini adalah hasil alam dari air tawar yaitu ikan mujair.

Ikan Mujair seperti yang kita ketahui merupakan salah satu produk hasil tangkapan dari masyarakat yang sering kita jumpai di Daerah Merauke.

Cold Storage adalah suatu pemanfaatan dari sistem refrigerasi agar apa yang diawetkan dapat bertahan lebih lama dari kebusukan, terutama dalam hal pengawetan makanan, daging, ikan, sayur-sayuran dan lain-lain. Salah satu seperti ikan mujair sangat mudah membusuk jika terlalu lama berada di suhu udara normal, dari sebab itu maka untuk memperpanjang umur ikan mujair tersebut harus didinginkan. Sedangkan sistem yang di pakai dalam penelitian ini hanyalah metode rancangan teoritis. Pembuatan cold storage sebagai tempat penampung Ikan Mujair ini, akan dianalisis seberapa besar beban pendinginan yang wajib disuplai agar bisa memperoleh hasil efisiensi cold storage yang maksimum. Data dari penghasilan ikan mujair sendiri diperoleh dari hasil survei langsung ke lapangan yaitu ke beberapa masyarakat setempat yang sering menampung Ikan Mujair dan juga dari kantor perikanan Kabupaten Merauke.

Kondisi yang ada di Kabupaten Merauke sendiri memiliki banyak rawa, sehingga Daerah Merauke bisa dibidang memiliki hasil Ikan Mujair yang cukup banyak. Dari hasil tangkapan tersebut banyak dari masyarakat yang menjualnya kembali ke pasar ataupun di jualkan ke warung-warung terdekat. Perlu kita ketahui bersama bahwa masyarakat Merauke kebiasaan menampung Ikan Mujair yang sudah di tangkap menggunakan Cool Box (Kotak yang berisikan es batu), sedangkan es batu mudah mencair dan juga kehangatan Ikan Mujair akan menurun akibat berendam didalam air saat es batunya mencair.

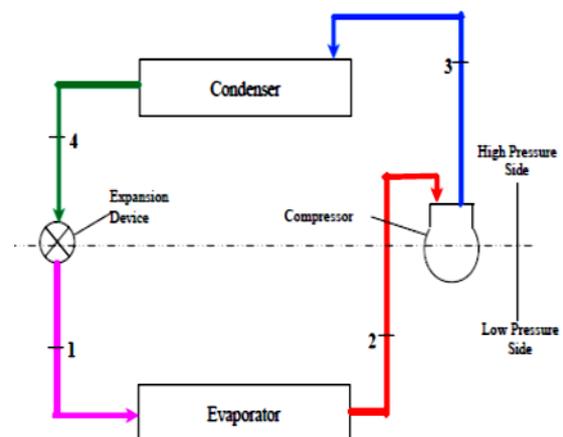
Dari kajian rumusan masalah diatas maka dapat diambil tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Menentukan perencanaan cold storage untuk menyimpan produk ikan mujair.
- menentukan besar efisiensi yang dihasilkan dari perencanaan alat tersebut.

II. Tinjauan Pustaka

Di dalam sebuah alat pendingin kalor akan diserap di evaporator lalu kalor tersebut akan dibuang ke kondensor. Uap yang masuk ke kompresor melalui saluran hisap, berasal dari evaporator yang bertekanan rendah dan juga temperatur yang rendah pula. Kemudian dikompresor uap refrigerant tersebut akan dimampatkan, sehingga uap refrigeran akan bertekanan dan bersuhu lebih tinggi, ketika keluar dari kompresor. Tekanan tersebut jauh lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur udara sekitar. Kemudian uap menunjuk ke kondensor melalui saluran tekan.

Uap tersebut kemudian akan melepaskan kalor di kondensor, sehingga ketika di kompresor uap tersebut akan berubah bentuk menjadi uap cair atau kondensasi, dan cairan itu akan menyatu dalam penampungan cairan refrigeran. Penampungan katup ekspansi akan menerima cairan refrigeran bertekanan tinggi dan ketika keluar dari katup ekspansi tekanan cairan menjadi menurun sehingga menyebabkan cairan refrigeran bersuhu sangat rendah. Dan pada saat itu ketika di evaporator cairan tersebut mulai menguap sampai habis. Sehingga menyebabkan evaporator menjadi lebih adem. Disinilah yang dipakai untuk membekukan bahan makanan seperti sayur-sayuran, daging, ikan dan juga digunakan untuk mendinginkan ruangan. Kemudian uap refrigeran akan dihisap oleh kompresor dan demikian seterusnya proses-proses tersebut berulang kembali.



Gambar 2.1 Cycle The Cooling System

Komponen mesin pendingin yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Kompresor
2. Condensor
3. Filter / Strainer
4. Flow Control
5. Evaporator
6. Pipa refrigerant
7. Pada bagian tekanan yang tinggi ke bagian tekanan yang rendah kita dapat menyalurkan (bypass) uap refrigeran. Contoh dari sistem bypass ialah dengan menyambungkan kedua bagian tekanan yaitu sisi tekanan yang tinggi dan sisi tekanan yang rendah kompresor dengan menggunakan pipa dan menggunakan katup solenoid agar uap refrigeran dapat langsung dipindahkan ke sisi tekanan rendah.
8. Agar uap refrigeran dapat mengalir langsung di dalam kompresor, maka katup pemasukan kompresor harus tetap terbuka.
9. Menggunakan motor listrik yang berkecepatan ganda ataupun dengan menggunakan dua motor listrik yang berkecepatan berbeda, maka kita dapat mengendalikan kecepatan motor.

Kompresor dapat merubah uap refrigeran masuk dengan temperatur dan tekanan rendah, kemudian akan jadi uap yang mempunyai tekanan lebih tinggi. Kompresor juga bisa merubah temperatur refrigeran menjadi lebih tinggi karena sebuah proses yang bersifat isentropik.

- 1) Sumber panas internal antara lain :
 - a. Panas yang timbul akibat dari suhu badan dari penghuni.
 - b. Panas yang diakibatkan karena lampu dan peralatan listrik lainnya.
 - c. Panas yang dihasilkan dari alat-alat lainnya.

Jumlah beban pendingin di dalam setiap ruang biasanya disebut dengan nama beban pendinginan total.

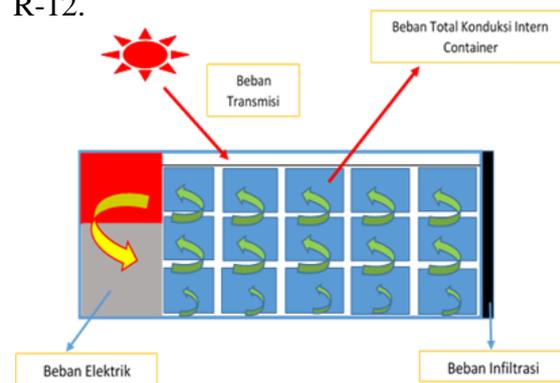
Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi beban pendingin ruang, yaitu :

1. Perubahan temperatur udara luar.
2. Perubahan intensitas radiasi.

3. Matahari dan dampak penyimpanan kalor pada dinding bagian luar gedung.

Beban panas eksternal terdiri dari beban infiltrasi dan beban transmisi melalui dinding luar dan atap. Sedangkan beban panas internal terdiri dari beban elektrik dan beban total konduksi intern container.

Agar bisa menghasilkan nilai COP maka, dibutuhkan data tentang refrigeran yang akan dipakai. Dalam penelitian ini refrigeran yang digunakan yaitu model R-12.



Gambar 2.2. Beban Pendingin Dalam

III. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober-Februari 2019/2020. Pelaksanaan tempat penelitian di lakukan di Laboratorium UNMUS dan kediaman penulis. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif.

Merancang sistem pendingin pada perencanaan cold storage tersebut dengan memakai refrigeran R-12.

Data rancangan yang dianjurkan antara lain :

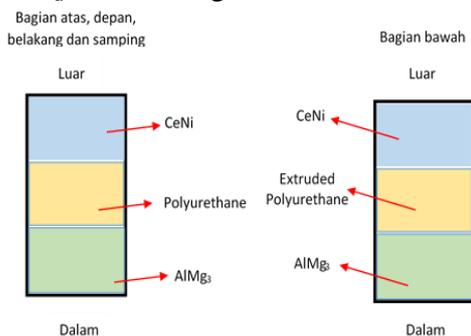
1. Instalasi dari listriknya refrigerator diabaikan.
2. Kecepatan air flow rate 96,3 – 77 m³/min.
3. Suhu ikan mujair disamakan yaitu antara 0°C - 17,8°C.
4. Keadaan udara steady state dan aliran refrigeran steady flow.
5. Temperatur rata-rata udara luar 30°C.
6. Temperatur permukaan luar 36,8°C.
7. Data-data pendingin diambil dari jurnal penelitian terdahulu dari Peter Sahupala

and Reinyelda D. Latuheru : Cold Storage Design In Container

Perhitungan beban pendinginan dengan metode referensi dari cooling load metode Carrier (metode TETD). Dimensi cold storage adalah sebagai berikut:

1. Ukuran Container :
Tinggi : 2,591 meter
Lebar : 2,438 meter
Panjang : 6,058 meter
2. Jenis produk : Ikan Mujair
3. Beban maksimum : 14 ton
4. Tempat ikan : Karton
5. Dimensi Karton :
Tinggi : 195 mm
Lebar : 210 mm
Panjang : 288 mm
6. Suhu udara luar adalah 30⁰C
7. Suhu udara didalam sebuah container diasumsikan seragam yaitu -17,8⁰C
8. Kecepatan alir udara rata-rata (*air flow rate*) adalah 96,3-77m³/menit

Lapisan material penyusun kontainer dapat ditunjukkan sebagai berikut :



Gambar 3.1 Lapisan material penyusun kontainer

Alat yang digunakan dalam penelitian perencanan cold storage ini adalah sebuah mesin pendingin.

Bahan-bahan yang dapat digunakan dalam penelitian ini adalah satu buah box kontener, ikan mujair sebagai bahan penelitian, box karton untuk tempat pengepakan ikan mujair yang akan didinginkan.

IV. Hasil dan Pembahasan

4.1 Hasil

Berikut ini adalah data nilai rata-rata ikan mujair di kabupaten Merauke dalam 10

bulan terakhir yaitu dari bulan januari – oktober tahun 2019 dalam satuan (kg).

Tabel 4.1 Data ikan mujair Januari – Oktober 2019

NILAI RATA-RATA PER BULAN (Kg)		
Rata-Rata	Januari	45.3
	Februari	11.6
	Maret	14.2
	April	17.1
	Mei	11.0
	Juni	10.3
	Juli	14.7
	Agustus	67.0
	September	9.8
	Oktober	19.8

Tabel 4.2 Data Jumlah Ikan Mujair Per Bulan Januari – Oktober 2019

JUMLAH IKAN PER BULAN(Ekor)		
Jumlah(Ekor)	Januari	3171
	Februari	383
	Maret	897
	April	1179
	Mei	508
	Juni	680
	Juli	986
	Agustus	2614
	September	362
	Oktober	1586

Tabel 4.3 Data Ukuran Ikan Mujair

DATA IKAN MUJAIR			
Panjang (mm)	Tinggi/Tebal (mm)	Lebar (mm)	Berat (Kg)
288,00	38,79	103,00	0,65

Sumber : Data penelitian pribadi

4.2 Pembahasan

Konstruksi yang dirancang adalah berbentuk balok dengan dinding, atap dan lantainya tertutup rapat namun dibagian depan diberi pintu. Dinding terbuat dari plat baja setebal 7 mm, plat aluminium setebal 5 mm, gabus (sebagai isolasi) setebal 50 mm dan plat aluminium untuk bagian dalam setebal 5 mm. Untuk bagian dalam lantai terbuat dari plat aluminium setebal 5 mm, gabus 50 mm, plataluminium 5 mm, plat baja 7 mm. Untuk ukuran cold storage yang dirancang adalah 2,591 meter untuk tinggi, 2,438 meter untuk lebar dan 6,058 meter untuk panjang.

Selanjutnya, seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya dimensi perencanaan perancangan cold storage adalah sebagai berikut :

➤ Dimensi karton

Tinggi : 195 mm = 0,195 m

Panjang : 576 mm = 0,576 m

Lebar : 210 mm = 0,210 m

➤ Ukuran ikan mujair

Panjang : 288 mm = 0,288 m

Tinggi/tebal : 38,79 mm = 0,3879 m

Lebar : 103,00 mm = 0,103 m

Berat : 0,65 kg

Setelah data-data di atas kita dapatkan, maka yang di lakukan selanjutnya adalah menentukan berapa ekor ikan yang dapat di simpan dalam ukuran dimensi karton yang sudah kita tentukan. Maka di sini di dapatkan jumlah ikan yang dalam sebuah box karton berisi 20 ekor ikan, dengan susunan 5 ekor ke atas, 2 baris ke samping dan 2 baris ke depan.

Sehingga dapat di tentukan berat ikan dalam satu karton yaitu dengan cara:

Berat ikan dalam satu karton = berat ikan per ekor x jumlah ikan di dalam satu karton
= 0,65 kg x 20

= 13 kg per karton

Data dari dimensi kontainer yang sudah di ketahui adalah sebagai berikut :

Tinggi : 2,591 meter = 2,6 meter

Lebar : 2,438 meter = 2,4 meter

Panjang : 6,058 meter = 6,0 meter

Berdasarkan data dimensi kontainer di atas maka dapat ditentukan jumlah karton dalam

sebuah kontainer yaitu dengan cara mencari berapa baris karton dalam suatu kontainer.

Panjang kontener : Panjang karton = 6,0 : 0,576 = 10,41 = 10 karton

Disini diasumsikan 9 karton sehingga ada celah untuk suhu dingin sehingga pendinginannya efisien.

Lebar kontener : Lebar karton

= 2,4 : 0,210 = 11,42 = 11

Disini diasumsikan untuk diambil 10 karton agar terdapat celah untuk pendinginan.

Tinggi kontener : Tinggi karton

= 2,6 : 0,195 = 13,33 = 13

Diasumsikan untuk di pakai 12 karton saja.

Maka jumlah karton dalam sebuah kontener dapat dicari dengan cara :

Diketahui : Panjang kontener diasumsikan berisi 9 baris karton

Lebar kontener diasumsikan berisi 10 baris karton

Tinggi kontener diasumsikan berisi 12 baris karton

Jumlah karton = 9 baris karton x 10 baris karton x 12 baris karton
= 1080 karton

Maka didapatkan jumlah total karton dalam sebuah kontener adalah berjumlah 1080 buah karton.

Setelah didapatkan jumlah total karton dalam kontener, maka dapat di tentukan berat total ikan dalam kontener tersebut dengan cara :

berat total ikan dalam kontener = jumlah karton x berat ikan per karton = 1080 x 13 = 14.040 kg = 14,04 Ton

Pada *cold storage*, komponen *cooling load* (beban pendinginan) berasal dari:

- perpindahan panas dari bangunan
- perembesan udara dari luar
- produk yang disimpan
- penyinaran matahari
- sumber panas lain

Adanya perbedaan temperatur didalam ruangan dan diluar ruangan mengakibatkan timbulnya beban pendinginan dan bangunan. Dalam perancangan ini temperatur *cold storage* yaitu 10° C dan temperatur lantai 27°C.

- Beban pendinginan melalui dinding dan pintu

Untuk perpindahan panas melalui dinding dan pintu dapat dihitung dengan persamaan :

$$q_1 = UA (T_1 - T_2)$$

dimana :

q_1 : Perpindahan panas melalui dinding dan pintu

U : *over-all coefficient of heat transmission* = $1/R_{tot}$

A : Luasan permukaan

T_1 : Temperatur udara luar = $30^{\circ}C$

T_2 : Temperatur ruang cold storage = $10^{\circ}C$

Tabel 4.4 Sifat dan Karakteristik Udara, bahan Logam dan Bukan Logam

Lapisan	Tebal (m)	k(W/m ² °C)	$r = \frac{l}{k} (m^{\circ}C/W)$	R(m ² °C/W)
Udara Luar	-	-	-	0,029
Plat Baja	0,007	54	0,0185	$129,5 \times 10^{-6}$
Plat Aluminium	0,005	204	0,0049	$24,5 \times 10^{-6}$
Gabus	0,05	0,043	23,255	1,1628
Plat Aluminium	0,005	204	0,0049	$24,5 \times 10^{-6}$
Udara Dalam	-	-	-	0,12
R total = 1,3119 (m ² °C/W)				

Sumber : Holman J.P. *Perpindahan Kalor*. Terjemahan Ir. E. Jasjfi. M.Sc. Erlangga 1994

Luas permukaan dinding dan pintu adalah :

$$A_{dinding} = (2,438 \times 6,096 \times 2) + (2,438 \times 2,438 \times 2) = 41,612 \text{ meter}^2$$

Maka besar beban pendingin melalui dinding dan pintu

$$q_l = \frac{1}{1,3119} \times 41,612 \text{ m}^2 \times (30^{\circ}C - 10^{\circ}C)$$

$$q_{l1} = 634,378 \text{ Watt}$$

b. Beban pendinginan melalui atap

Untuk konstruksi atap sama dengan dinding, hanya yang terjadi adalah perbedaan aliran kalornya. Pada dinding aliran kalornya horizontal dan pada atap vertikal.

T_1 = temperatur udara luar = $30^{\circ}C$

T_2 = temperatur ruang cold storage = $10^{\circ}C$

Tabel 4.5 Sifat dan Karakteristik Udara, bahan Logam dan Bukan Logam

Lapisan	Tebal (m)	k(W/m ² °C)	$r = \frac{l}{k} (m^{\circ}C/W)$	R(m ² °C/W)
Udara Luar	-	-	-	0,029
Plat Baja	0,007	54	0,0185	$129,5 \times 10^{-6}$
Plat Aluminium	0,005	204	0,0049	$24,5 \times 10^{-6}$
Gabus	0,05	0,043	23,255	1,1628
Plat Aluminium	0,005	204	0,0049	$24,5 \times 10^{-6}$
Udara Dalam	-	-	-	0,12
R total = 1,3119 (m ² °C/W)				

Sumber : Holman J.P. *Perpindahan Kalor*. Terjemahan Ir. E. Jasjfi. M.Sc. Erlangga 1994

Luas permukaan atap adalah :

$$A_{lantai} = 2,438 \text{ m} \times 6,096 \text{ m} = 14,862 \text{ m}^2$$

maka besar beban pendinginan melalui atap :

$$q_l = \frac{1}{1,3119} \times 14,862 \text{ m}^2 \times (30^{\circ}C - 10^{\circ}C)$$

$$q_{l2} = 219,868 \text{ Watt}$$

c. Beban Pendinginan Melalui Lantai

Konstruksi pada lantai sama dengan atap, namun ada perbedaan suhu antara lantai dengan udara dalam cold storage.

T_1 = temperatur udara luar = $30^{\circ}C$

T_2 = temperatur ruang cold storage = $10^{\circ}C$

Tabel 4.6 Sifat dan Karakteristik Udara, bahan Logam dan Bukan Logam

Lapisan	Tebal (m)	k(W/m ² °C)	$r = \frac{l}{k} (m^{\circ}C/W)$	R(m ² °C/W)
Udara Luar	-	-	-	0,029
Plat Baja	0,007	54	0,0185	$129,5 \times 10^{-6}$
Plat Aluminium	0,005	204	0,0049	$24,5 \times 10^{-6}$

um				
Gabus	0,05	0,043	23,255	1,1628
Plat Alumini um	0,005	204	0,0049	24,5 x 10 ⁻⁶
Udara Dalam	-	-	-	0,12
R total = 1,3119 (m ² °C/W)				

Sumber : Holman J.P. *Perpindahan Kalor. Terjemahan Ir. E. Jasifi. M.Sc. Erlangga 1994*

Luas permukaan lantai adalah :

$$A_{\text{lantai}} = 2,438 \text{ m} \times 6,096 \text{ m}$$

$$A_{\text{lantai}} = 14,862 \text{ m}^2$$

Maka besar beban pendinginan melalui lantai adalah :

$$q_l = \frac{1}{1,3119} \times 14,862 \text{ m}^2 \times (27^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C})$$

$$q_l = 165,209 \text{ Watt}$$

Sehingga total beban pendingin melalui bangunan/container adalah :

$$Q_{\text{bangunan}} = q_1 + q_2 + q_3$$

$$Q_{\text{bangunan}} = 634,378 + 219,868 + 165,209$$

$$Q_{\text{bangunan}} = 1019,455 \text{ Watt}$$

Atau

$$Q_{\text{bangunan}} = \frac{1019,455}{1000} \times 3600$$

$$Q_{\text{bangunan}} = 3670,038 \text{ kJ/jam}$$

a) Beban Pendinginan Produk

Cold storage yang dirancang adalah sebagai ruang penyimpanan ikan mujair. Beban pendinginan yang dihasilkan oleh ikan mujair merupakan salah satu sumber laju perpindahan panas yang cukup besar. Adapun karakteristik dari produk udang yang disimpan adalah :

- Titik beku ikan mujair = -10 °C
- panas spesifik diatas titik beku = 3,76837 KJ/kg °C
- panas spesifik dibawah titik beku = 2,05166 KJ/kg °C
- panas laten = 284,012 KJ / kg
- waktu maksimal penyimpanan = 8 bulan

A. Beban pendinginan produk diatas titik beku :

$$q_1 = \frac{WxCpx(T_1 - T_2)}{\text{waktupendinginan} \times \text{chillingfactor}}$$

Dimana :

$$T_2 = \text{suhu produk masuk ruangan} = 28^\circ\text{C}$$

$$T_1 = \text{suhu pembekuan (titik beku ikan mujair)} = -10^\circ\text{C}$$

$$(W) = \text{berat total ikan} = 14 \text{ ton}$$

$$q_1 = \frac{10000 \times 3,76 \times (28 - (-10))}{24 \text{ jam} \times 0,5}$$

$$q_1 = 119067 \text{ kJ/jam}$$

B. Beban pendinginan untuk proses pembekuan :

$$q_2 = \frac{WxCp}{\text{waktupembekuan}}$$

$$q_2 = \frac{10000 \times 284,012}{24}$$

$$q_2 = 118338,33 \text{ kJ/jam}$$

C. Beban pendinginan dibawah titik beku :

$$q_3 = \frac{WxCpx(T_2 - T_1)}{\text{waktupendinginan}}$$

$$q_3 = \frac{10000 \times 2,051 \times (28 - (-10))}{24}$$

$$q_3 = 32474,2 \text{ kJ/jam}$$

Maka total beban pendingin dari produk diatas adalah

$$Q_{\text{produk}} = q_1 + q_2 + q_3 = 119067 + 118338,33 + 32474,2 = 269879,53 \text{ kJ/jam}$$

Sebelum menghitung beban pendingin dari kardus, terlebih dahulu mendata apa saja yang diperlukan dalam perhitungan ini. Berikut tabel data-data dari kardus pembungkus.

Tabel 4.7 Data-Data Kardus Pembungkus

Berat 1 kardus kosong	0,4 kg
Berat total ikan	14 ton. (1 kardus ikan = 13 kg, jumlah kardus dalam 1 konteiner 1080 kardus, jadi diperoleh berat ikan = 130 x 1080 = 14000 kg atau 14 ton.

Berat isi ikan per kardus	13 kg
Jumlah kardus dalam kontainer	1080 kardus (Kartun disusun melintang kesamping konteiner dengan susunan 10 kardus memanjang ke kelakang, 11 kardus tersusun melintang kesamping dan 13 kardus tersusun menumpuk keatas)
Berat kardus total	0,31 kg x 1080 kardus = 335 kg
Panas spesifik kardus	0,32 KJ / kg°C

Selain berisi produk yang disimpan, ruangan *cold storage* memiliki isi muatan lainnya. Masing-masing muatan tersebut menimbulkan beban pendinginan. Produk berupa udang ini dibungkus dengan kotak kardus dengan karakteristik sebagai berikut

7. Temperatur kardus masuk ruangan = 28°C
8. Temperatur cold storage beban pendingin dari kardus = 10°C

$$Q_k = \frac{W x C_p x (T_2 - T_1)}{\text{waktupendinginan}}$$

$$Q_k = \frac{400 x 0,32 x (28 - 10)}{24 \text{ jam}}$$

$$Q_k = 96 \text{ kJ/jam}$$

Adapun beban pendingin dari kardus dapat ditentukan dengan persamaan berikut ; $Q_k =$

$$\frac{W x C_p x (T_2 - T_1)}{\text{Waktu Pendingin}}$$

Diasumsikan bahwa waktu pendinginan adalah 24 jam, sehingga :

$$Q_k = \frac{400 x 0,32 x (28 - 10)}{24}$$

$$Q_k = 96 \text{ kJ/jam}$$

Akibat pintu cold storage yang terkadang dibuka sehingga akan mengakibatkan terjadinya perembesan udara atau pergantian udara, oleh karena itu maka beban pendingin dapat ditentukan dengan persamaan berikut :

$$Q_k = \frac{V x \text{Pergantian udara per jam} x \text{faktor perubahan}}{\text{Pergantian udara}}$$

Dengan :

V = Volume ruangan

$$V = P x L x T$$

$$V = 6,096 x 2,438 x 2,438$$

$$V = 36,2336 \text{ m}^3 = 1279,5775 \text{ ft}^3$$

Apabila diasumsikan bahwa dalam 24 jam pintu cold storage dibuka selama 5 kali untuk melakukan aktivitas kerja maka $5/24 = 0,2083$ dan faktor pergantian udara pada temperatur kamar 30°C (86 F) dan temperatur cold storage 10°C (50 F) dengan ratio kelembaban 60% yaitu 1,50 BTU/cu.ft, maka diperoleh :

$$Q_{pu} = 1279,577508 x 0,2083 x 1,50$$

$$Q_{pu} = 399,804 \text{ BTU/jam}$$

$$Q_{pu} = 421,817 \text{ kJ/jam}$$

Radiasi sinar lampu juga akan mempengaruhi beban pendingin cold storage, hal ini juga tergantung dari jumlah dan spesifikasi lampu. Dalam rancangan ini, data lampu yang terpasang sebagai berikut :

- a. Jumlah lampu : 1 buah
- b. Daya lampu : 5 Watt
- c. Lama penyalaaan : 3 jam
- d. Jenis lampu : TL (nilai allowance factor = 1,25)

Dari data tersebut diatas maka diperoleh beban pendingin karena faktor pencahayaan.

$$q_{\text{Watt}} = \text{Watt total} x \text{use factor} x \text{allowance factor}$$

$$q_{\text{Watt}} = 5 x 3,4 x 1,25$$

$$q_{\text{Watt}} = 21,25 \text{ kJ/jam}$$

b) Motor Listrik

Motor listrik digunakan dalam siklus pendingin, dimana berfungsi untuk memutar fan evaporator dengan demikian evaporator dapat mengeluarkan kalor. Direncanakan daya motor listrik adalah sebesar 8 HP dan bekerja selama 24 jam sehingga beban pendingin dapat ditentukan sebagai berikut :

$$q_m = \text{faktor beban motor} x \text{daya motor} x \text{jumlah motor}$$

$$q_m = 3700 \text{ BTU/HP.hour} x 8 \text{ HP} x 1$$

$$q_m = 29600 \text{ BTU/jam}$$

$$q_m = 31229,766 \text{ kJ/jam}$$

c) Beban Kalor Pekerja

Diasumsikan bahwa batas masuk cold storage adalah 5 orang pekerja dan waktu kerja per hari adalah 3 jam, kalor dari tubuh manusia ekuivalen dengan 1000 BTU/jam sehingga diperoleh :

$q_{pek} = \text{jumlah pekerja} \times \text{jam kerja} \times \text{panas ekuivalen}$

$$q_{pek} = 5 \times 3 \times 1000$$

$$q_{pek} = 15000 \text{ BTU/jam}$$

$$q_{pek} = 15840 \text{ kJ/jam}$$

Total kalor yang ditimbulkan adalah sebesar

$$Q_{total} = q_l + q_m + q_{pek}$$

$$Q_{total} = 21,25 + 31229,766 + 15840$$

$$Q_{total} = 47090,016 \text{ kJ/jam}$$

Total beban pendingin untuk cold storage adalah

$$Q_{teo} = q_{bangunan} + q_{produk} + Q_k + Q_{pu} + Q_{tot}$$

$$Q_{teo} = 2778,1992 + 114215,63 + 96 + 421,817 + 47090,016$$

$$Q_{teo} = 164601,6622 \text{ kJ/jam}$$

$$Q_{teo} = 156024 \text{ BTU/jam}$$

Bila terjadi beban berlebihan, agar tidak terjadi over load pada mesin maka perlu ditambahkan faktor pengaman sebesar 10%, sehingga diperoleh :

$$10\% \text{ safety factor} = 156024 \text{ BTU/jam} \\ = 171626,4 \text{ BTU/jam}$$

Jadi beban pendingin total adalah

$$\frac{171626,4}{12000} \\ = 14,3022 \text{ TR (ton refrigeran)} \\ = 50,254 \text{ kW}$$

V. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan beban pendingin maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Rancangan ini jenis *Refrigeran yang digunakan adalah Refrigeran 12 (R-12)*. Beban pendingin siklus adalah sebesar 50,254 kW. Cold storage yang dirancang untuk proses pengawetan udang dengan kapasitas 14 ton.
2. Parameter perancangan antara lain Temperatur pendingin dalam cold storage 10° C, temperature Superheated adalah 5°

C, temperatur Sub cooled adalah 5° C, Temperatur refrigeran di kondenser adalah 35° C, Temperatur refrigeran di evaporator adalah 5° C, Tekanan di kondenser adalah 0,80 MPa, Tekanan di evaporator adalah 0,40 MPa sehingga diperoleh coefficient of performance (COP) sebesar 4,76.

Daftar Pustaka

- [1] A. Murtono, "Analisis beban pendingin cold storage PT . Sari Tuna Makmur Aertembaga Bitung , Sulawesi Utara," *Ilmu dan Teknol. Perikan.*, vol. 2, no. 2, pp. 89–93, 2015.
- [2] K. Anwar, "Efek Beban Pendingin terhadap Performa Sistem Mesin Pendingin," *J. SMARTek*, vol. 8, no. 3, p. 203, 2010.
- [3] R. M. Fajarani, Y. Handoyo, and R. H. Rahmanto, "Analisis beban pendinginan pada daging," vol. 7, no. 1, pp. 12–22, 2019.
- [4] P. Sahupala, R. D. Latuheru, Cold Storage Design In Container. *IJMET* Vol. 10, Issue 01, Januari 2019, pp 643-649.
- [5] S. Siagian, "Perhitungan Beban Pendingin Pada Cold Storage Untuk Penyimpanan Ikan Tuna Pada Pt . X," *Article*, vol. 13, pp. 139–149, 2017.
- [6] M. R. Rahmat, "Perancangan cold storage untuk produk reagen," vol. 3, no. 1, pp. 16–30, 2015.
- [7] M. M. Merdiagung, H. H. Prastowo, and T. F. Nugroho, "Modifikasi Kinerja Cold Storage 10 Ton Menggunakan CFD, *J. Tek. ITS*, vol. 3, no. 1, pp. G4–G7, 2014.