Authentic Research of Global Fisheries Application Journal
(Aurelia Journal)
E-ISSN 2715-7113
E-mail: aureliajournal.pkpd@gmail.com

PERHITUNGAN BEBAN PENDINGIN PADA COLD STORAGE UNTUK PENYIMPANAN HASIL TANGKAPAN

CALCULATION OF COOLING LOAD IN COLD STORAGE FOR CATCH STORAGE

Mula Tumpu[1,*], Moh. Nurhabibie Eka Putra[1], Juniawan Preston Siahaan[1], M. Zaki Latif Abrori[1], Bobby Demeianto[1], Dendi Haris[2]
[1]Program Studi Permesinan Kapal, Politeknik Kelautan dan Perikanan Dumai,
Jl Wan Amir No.1 Pangkalan Sesai, Kota Dumai, Riau, 28826, Indonesia
[1]Program Studi Perikanan Tangkap, Politeknik Kelautan dan Perikanan Karawang,
Jl. Lingkar Tanjungpura, Karangpawitan, Karawang, Jawa Barat 41315, Indonesia
*Korespondensi: mulatumpu7@gmail.com (M Tumpu)
Diterima 7 Agustus 2024 – Disetujui 27 Oktober 2024

ABSTRAK. Sistem pendinginan dan penyimpanan merupakan faktor kunci dalam menjaga kualitas ikan. Sistem pendingin yang efektif membantu menjaga suhu ikan pada tingkat yang aman untuk mengurangi pertumbuhan bakteri dan memperlambat proses degradasi. Sistem pendingin atau refrigerasi merupakan suatu media pendingin yang dapat berfungsi menyerap panas lingkungan atau melepaskan panas ke lingkungan. Dengan menggunakan perhitungan beban pendinginan yang akurat pada sistem pendingin cold storage, menghasilkan produk ikan yang lebih segar, aman, dan berkualitas bagi konsumen. Perhitungan dilakukan untuk mengetahui jumlah energi yang dibutuhkan untuk mempertahankan suhu optimal pada Cold Storage. Penelitian diawali dengan menghitung beban yang mempengaruhi Cold Storage baik dari faktor eksternal maupun internal, kemudian proses kompresi dari kompresor, kecepatan perpindahan panas pada evaporator, Koefisien Kinerja Aktual (COP), Koefisien Kinerja Carnot (COP) dan Efisiensi.

KATA KUNCI: Cold Storage, COP, sistem pendingin.

ABSTRACT. *Cooling and storage systems are key factors in maintaining fish quality. An effective cooling system helps maintain the temperature of the fish at a safe level to reduce bacterial growth and slow down the degradation process. A cooling or refrigeration system is a cooling medium that can function to absorb heat from the environment or to release heat into the environment. By using accurate cooling load calculations in the cold storage cooling system, this produces fresher, safer and better quality fish products for consumers. Calculations are carried out to determine the amount of energy needed to maintain optimal temperature in cold storage. The research begins by calculating the load that affects Cold Storage both from external and internal factors, then the compression process from the compressor, heat transfer speed in the evaporator, Actual Coefficient of Performance (COP), Carnot Coefficient of Performance (COP) and Efficiency.*

KEYWORDS*: Cold Storage, COP, refrigeration system,*

1. Pendahuluan

Refrigerasi adalah produksi atau pengusahaan dan pemeliharaan tingkat suhu dari suatu bahan atau ruangan pada tingkat yang lebih rendah dari pada suhu lingkungan atau atmosfer sekitar nya dengan cara penarikan atau penyerapan panas dari bahan atau ruangan tersebut. Refrigerasi dapat dikatakan juga sebagai sebagai proses pemindahan panas dari suatu bahan atau ruangan ke bahan atau ruangan lainnya. Pendinginan atau refrigerasi adalah suatu proses penyerapan panas pada suatu benda dimana proses ini terjadi karena proses penguapan bahan pendingin (Djafar & Piarah, 2017). Refrigerasi juga mempertahankan suhu rendah yaitu suatu proses mendinginkan udara sehingga dapat mencapai temperatur dan kelembaban yang sesuai dengan kondisi yang dipersyaratkan terhadap kondisi udara dari suatu ruangan tertentu, faktor suhu dan temperatur sangat berperan dalam memelihara dan pengawetan makanan Refrigerasi memanfaatkan sifat-sifat panas (*Thermal*) dari bahan refrigeran selagi

DOI: 10.15578/aj.v6i2.13717

bahan itu berubah keadaan dari bentuk cairan penaikan suhu di sekitarnya dengan cara penyerapan panas dari bahan atau ruangan tersebut. Proses refrigerasi tidak terlepas dari masalah beban pendinginan selama mesin refrigerasi beroperasi. Dalam pengoperasian mesin refrigerasi dilakukan manajemen pemeliharaan beban yang baik sehingga produk yang didinginkan dapat dibekukan dengan tetap memperhatikan usaha penghematan beban pendingin pada sistem refrigerasi tersebut.(Rodriguez-Martinez et al., 2019)

Beban pendingin adalah jumlah panas yang dipindahkan oleh sistem pengkondisian udara setiap waktu. Beban pendingin terdiri atas panas yang berasal dari ruang dan tambahan panas. Tambahan panas adalah jumlah panas setiap saat yang masuk ke dalam ruang melalui kaca secara radiasi maupun melalui dinding akibat perbedaan temperatur, pengaruh penyimpanan energi pada struktur bangunan, serta peralatan-peralatan listrik seperti lampu dan peralatan elektronik lainnya. Mesin pendingin merupakan salah satu mesin yang mempunyai fungsi utama untuk mendinginkan zat sehingga temperaturnya lebih rendah dari temperatur lingkungan. Komponen utama dari mesin pendingin yaitu kompresor, kondensor, alat ekspansi dan evaporator, serta refrigeran sebagai fluida kerja yang bersirkulasi pada bagian-bagian tersebut.(Supriyadi, 2022).

Perhitungan beban pendingin perlu dilaksanakan terlebih dahulu sebelum dilakukan perencanaan. Hal ini diperlukan karena besarnya beban pendinginan sangat berpengaruh terhadap pemilihan mesin pendingin sehingga titik beku untuk mengawetkan makanan bisa akurat. Beban pendinginan di pengaruhi oleh beberapa faktor, baik faktor dari dalam ruangan (*internal heat gains*) yang meliputi orang-orang, lampu, dan peralatan elektronik yang menghasilkan kalor. Kemudian faktor dari luar ruangan (*external heat gains*) yang meliputi konduksi melalui dinding, atap, plafon, lantai, dan radiasi dari matahari yang melewati kaca. (Siagian et al., 2017).

Sistem pendingin ikan (*Cold Storage*) ini digunakan untuk menyimpan ikan dan mendinginkannya pada suhu tertentu sehingga ikan segar tersebut dapat bertahan lama hingga beberapa minggu bahkan bisa bertahan hingga beberapa bulan. (Fajarani et al., 2019). Adapun tujuan penulis dalam penelitian ini adalah untuk menghitung laju perpindahan kalor yang terjadi melalui dinding, pintu dan atap *cold storage* (konduksi), Menghitung laju perpindahan kalor dari ikan di dalam ruang *cold storage*. Sistem refrigerasi mempunyai 2 jenis komponen dalam kerjanya, komponen utama dan komponen bantu.

2. Metode

2.1. Komponen-komponen pada mesin pendingin

Mesin pendingin, atau sistem refrigerasi, memiliki beberapa komponen utama dan komponen bantu yang bekerja sama untuk menghilangkan panas dari suatu ruang dan menjaga suhu tetap rendah.

a. Kompresor

Kompresor adalah alat yang digunakan untuk menghisap uap refrigerant dan mengkompresinya sehingga tekanan uap refrigerant naik sampai ke tekanan yang diperlukan untuk pengembunan (kondensasi) uap refrigerant di dalam kondensor.

Gambar 1. Kompresor

b. Kondensor

Kondensor berfungsi untuk membuang kalor yang diserap dari evaporator dan panas yang diperoleh dari kompresor, serta mengubah wujud gas menjadi cair. Jumlah kalor yang dilepaskan dalam kondensor sama dengan jumlah kalor yang diserap oleh refrigerant di dalam evaporator setara ekuivalen dengan energi yang diperlukan untuk melakukan kerja kompresi dan kalor dari sistem.

Gambar 2. Kondensor

c. Katup Ekspansi

Katup ekspansi dipergunakan untuk mengekspansikan secara adiabatik cairan refrigerant yang bertekanan dan bertemperatur tinggi sampai mencapai tingkat keadaan tekanan dan temperatur rendah.

Gambar 3. Katup ekspansi

d. Evaporator

Freon di dalam evaporator diberi kalor sehingga terjadi penguapan. Freon yang cair dari kondensor berubah menjadi uap dingin di dalam evaporator. Jadi fungsi evaporator menyerap panas dari udara didekatnya (ruangan pendingin).

Gambar 4. Evaporator

e. Komponen bantu

Komponen bantu adalah sutau komponen atau alat yang digunakan untuk membantu kelancaran kerja mesin pendingin, oleh karena itu tidak mutlak harus ada atau digunakan. Pada mesin pendingin jenis alat bantu yang digunakan tergantung pada kapasitas mesin pendingin dan jenis bahan pendinginnya

i. Oil Separator

Pada media mesin pendingin oil separator dipakai untuk menampung gas freon panas dari hasil kompresi yang masih bercampur dengan minyak lumas.

ii. Filter Dryer (Pengering)
Setelah freon ditampung dalam receiver maka freon dialirkan ke kran-kran pembagi dan menuju dehydrator atau pengering. Dehydrator umumnya dipasang kran bypass (langsung) pada pipa freon. Telah dijelaskan karena suatu kebocoran pada tekanan tinggi maka akan terjadi kekurangan freon.

2.2. Proses Kompresi di Kompresor

Kompresor sistem refrigerasi kompresi uap memompa uap refrigerant bertekanan rendah menjadi uap refrigerant bertekanan tinggi. Uap refrigerant menjadi bertekanan tinggi akibat kerja yang diberikan kompresor pada refrigerant (W). Besarnya kerja kompresi tersebut dapat dihitung berdasarkan data dari siklus refrigerasi kompresi uap pada diagram Tekanan – Entalphy (P-h).

$$W_{komp} = \dot{m}\,(h_2 - h_1) \quad \text{..... (1)}$$

W_{komp} adalah usaha kompresor (kJ), $\dot{m}$ adalah massa refrigeran yang melewati kompresor (kg), h_2 adalah entalpi refrigeran keluaran kompresor (kJ/kg), dan h_1 adalah entalpi refrigeran masukan kompresor (kJ/kg). Atau dengan kata lain kerja kompresor dihitung dari selisih antara entalpi refrigeran keluaran dan masukan kompresor dikalikan dengan massa refrigeran yang melewatinya. Karena refrigeran yang melewati kompresor mengalir dengan kecepatan tertentu, akan sulit sekali untuk menghitung sejumlah massa refrigeran yang melewatinya. Maka akan lebih efektif jika persamaan tersebut dinyatakan dalam satuan energi persatuan waktu (daya) dengan cara mengalikan selisih entalpi keluar dan masuk dengan laju aliran massa refrigeran yang mengalir, yaitu:

$$P_{kompresor} = (h_2 - h_1) \quad \text{..... (2)}$$

Dimana P_{komp} adalah daya mekanik kompresor (kW) Persamaan diatas merupakan rumus untuk menghitung nilai daya mekanik dari kompresor, yaitu kerja yang disebabkan oleh gerakan piston kompresor. Dalam istilah mesin daya ini sering disebut dengan daya output (P_o). Sedangkan yang dinamakan daya input nya adalah merupakan suplai daya listrik yang menggerakkan motor pada kompresor tersebut ($P_{Listrik}$). Hubungan antara keduanya dinyatakan dalam persamaan efisiensi berikut ini.

$$\eta = \left(\frac{P_{komp}}{P_{listrik}}\right) x\ 100\% \quad \text{..... (3)}$$

atau

$$\eta = \left(\frac{COP_{aktual}}{COP_{carnot}}\right) x\ 100\% \quad \text{..... (4)}$$

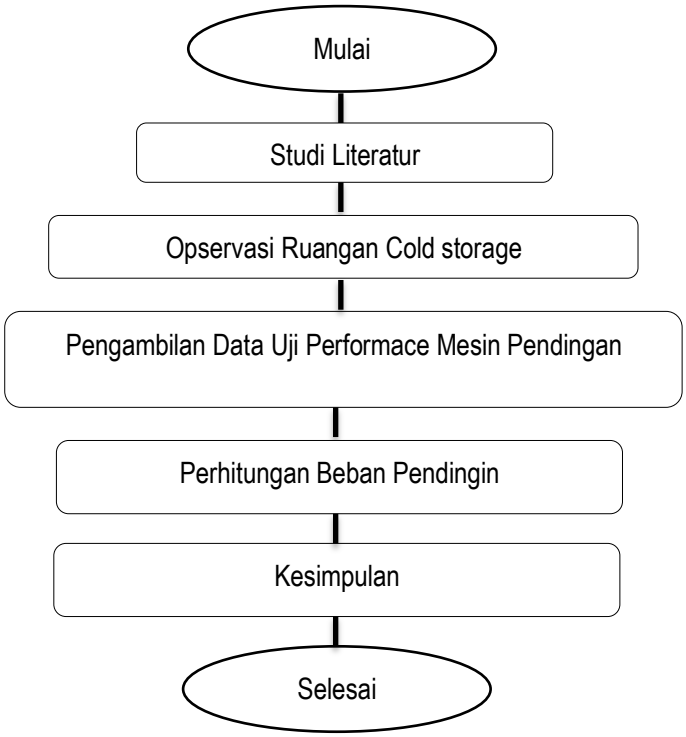
2.3. COP (Coefficient Of Performance)

Kemampuan kerja sistem refrigerasi dinyatakan oleh besaran yang dinamakan COP (Coefficient of Performance). Koefisien prestasi (COP) adalah bentuk penilaian dari suatu mesin refrigerasi, semakin besar COP menunjukan bahwa kerja mesin tersebut semakin baik (Djafar & Piarah, 2017). Coefficient of Performance (COP) merupakan ukuran keefektifan kerja suatu sistem refrigerasi didapat dari perbandingan antara refrigerasi bermanfaat pada unit evaporator dengan kerja bersih yang dilakukan pada unit kompresor.

$$COP_{aktual} = \frac{m\,(h_1 - h_4)}{m\,(h_2 - h_1)} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \quad \text{..... (5)}$$

2.4. Alat dan Metode

Adapun alat yang digunakan selama penelitian ini yaitu Alat Tulis Dan lembar kerja digunakan untuk menulis data-data dan sebagai panduan untuk mempermudah dalam pengambilan data hasil pengukuran digunakan lembar kerja. Termometer digital digunakan untuk mengukur suhu ruangan atau suhu benda yang akan diteliti dan diambil datanya. Multi Tester digunakan untuk mengukur tegangan dan arus listrik pada mesin refrigerasi. *Pressure Geage* digunakan untuk mengukur tekanan pada mesin refrigerasi. Dalam melaksanakan penelitian ini, penulis menggunakan prosedur kerja sebagai berikut.



Gambar 5. Diagram alir

Metode penelitian yang dilakukan dengan melakukan pengambilan data di lapangan dan pengolahan data secara sistematis. pengumpulan data berupa uji performance mesin pendingin, menghitung beban dari sistem refrigrasi serta menentukan efesiensi dari sistem refrigrasi tersebut.

1. Pengamatan (observasi)

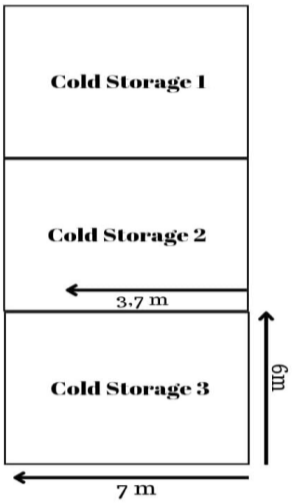
Mencari data dari hasil penelitian yang dapat dipergunakan untuk memberikan suatu kesimpulan atau diagnosis yang disebut observasi apabila mempunyai tujuan, meneliti, melihat, dan mengamati yang berhubungan dengan sistem refrigrasi.

2. Pengujian performance mesin pendingin.

Pada sistem refrigerasi, khususnya *Cold Storage* dalam penulisan ini hanya akan dijelaskan metode perhitungan beban pendinginan untuk panas yang melewati dinding (konduksi), panas dari produk yang ada (dalam hal ini produknya adalah ikan). Sedangkan ketiga beban yang lain tidak diperhitungkan karena tidak terdapat pada sistem atau juga karena nilainya yang kecil sehingga dapat diabaikan. Pengujian performance mesin pendingin diolah dalam sebuah table pengujian mesin pendingin.

3. Hasil dan Pembahasan

Berikut ini data dimensi dari *Cold Storage* yang ada di PT. *High Point Fisheries* yaitu : Dimensi *Cold Storage* : panjang = 7 m, lebar = 6 m, tinggi = 3,7 m. Berikut adalah skema *layout* lokasi dari unit ruangan pendingin *Cold Storage* tersebut, sedangkan untuk gambar detail dari bangunan pendingin unit *Cold Storage* ada pada lampiran.



Gambar 6. Dimensi Coldstorage

Tabel 1. Spesifikasi Cold Storage

Uraian	Penjelasan
Ukuran	$7 \times 6 \times 3{,}7$ m
Plastik/Pvc Curtain	Pada Setiap Sliding Door Dan Swing Door
Kompresor	Semi Hermetic Bitzer 380 V, 10,27 Kw
Freon	R404A
Temperatur Ruangan	$-18°$ sampai $-25°$
Produk Yang Didinginkan	Produk Daging Ikan Tuna
Insulasi Ruangan	Pu Tebal 100mm Dilapis Colorbond Steel 0,5mm Luar Dan Dalam
Temperatur Lingkungan	$\pm 30°$
Operasional Unit	24 Jam
Waktu Pendinginan	4 Jam
Jumlah Lampu	6 pcs
Evaporator	GACCRX 050. 2/2SN 400V, 3P, 50 Hz, 13600 W

Tabel 2. Spesifikasi Mesin Pendingin

Mesin Pendingin	Spesifikasi
Kompresor	Merk : Bitzer
	Type : 4 NES - 14Y - 40P
	System Type : Semi Hermetic
	Type Oli : BSE 32
	Volume Oli : 10 Liter

Mesin Pendingin	Spesifikasi
	Type Gas Freon : 404 A
	Serial Number : 1603106798
Kondensor	Type : C - 150 - 1N
	Serial Number : 150220007
Evaporator	Type : GACCRX 050. 2/2SN
	Serial Number : 704493094

3.1. Perhitunggan Beban

Berdasarkan hasil observasi untuk Cold Storage, di peroleh sistem pendingin yang menggunakan 1 kondensing unit. Kondensing unit tersebut terdiri dari kompresor yang memompa refrigerant masuk ke pipa kapiler. Berdasarkan katalog, kompresor Bitzer dengan kapasitas 14 HP menggunakan refrigerant R-404A. Temperatur disetting sebesar $-18°C$ menggunakan temperatur Defrost Control. Parameter beban konstruksi dinding untuk berbagai material dapat ditentukan dengan persamaan (Roy J. Dossat, Thomas J. Horan, 2002), berikut pintu dan atap dari ruang pendingin ini memiliki lapisan material yang sama. Konstruksi dari dinding, pintu dan atap tersebut sama – sama terdiri dari 3 lapis material.
Data bahan dinding :

a. Colorbond steel
   a. Ketebalan: 0,5 mm
   b. Konduktivitas Thermal: $18{,}03\,\frac{\mathrm{Btu}}{\mathrm{h.F.ft^2}}$ atau $31{,}2\,\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m^2.k}}$
b. Polyurethane
   a. Ketebalan: 100mm
   b. Konduktivitas Thermal: $0{,}013\,\frac{\mathrm{Btu}}{\mathrm{h.F.ft^2}}$ atau $0{,}0224\,\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m^2.k}}$
c. Colorbond steel
   a. Ketebalan: 0,5mm
   b. Konduktivitas Thermal: $18{,}03\,\frac{\mathrm{Btu}}{\mathrm{h.F.ft^2}}$ atau $3.12\,\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m^2.k}}$

Luas dinding bagian kanan dan kiri:
$\mathrm{L} = 3{,}7\mathrm{m} \times 6{,}2\mathrm{m} = 22{,}94\ \mathrm{m^2}$

Luas dinding bagian depan dan belakang
$\mathrm{L} = 7\mathrm{m} \times 5{,}05\mathrm{m} = 35{,}35\mathrm{m^2}$
Luas Total = $58{,}28\ \mathrm{m^2}$
$\Delta\mathrm{T} = \mathrm{T_{Out}} \times \mathrm{T_{in}}$ ..... (6)

Selanjutnya menghitung perpindahan panas (U), Perpindahan panas (U) adalah kebalikan dari total resistansi Thermal (R) dari dinding. Oleh karena itu, U = 1 / ΣR. Nilai U faktor menggunakan persamaan (Roy J. Dossat, Thomas J. Horan, 2002). Nilai h adalah koefisien panas konveksi udara secara bebas dengan nilai 30 W/m^2 K dengan asumsi h_1=h_2

$$\mathrm{U} = \frac{1}{\frac{1}{\mathrm{h_1}} + \in\left(\frac{\Delta \mathrm{x}}{\mathrm{k}}\right) + \frac{1}{\mathrm{h_2}}} \quad \text{..... (7)}$$

$$U = \frac{1}{30+\left(\frac{0,0005}{31,2}+\frac{0,1}{0,0224}+\frac{0,0005}{31,2}\right)+\frac{1}{30}} = 0,220703\,\frac{W}{m^2K}$$

Selanjutnya hitung beban transmisi pada dinding (Q).

$$Q = A \times U \times \Delta T = 58,28\ m^2 \times 0,220703\ \frac{W}{m^2K} \times 321,15°K = 4131W = 4,131kW$$

Selanjutnya perhitungan terhadap beban pada atap. Nilai U faktor menggunakan persamaan (Roy J. Dossat, Thomas J. Horan, 2002).

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_o}+\frac{X_1}{k_1}+\frac{X_2}{k_2}+\frac{X_3}{k_3}+\frac{1}{f_i}} \quad \text{..... (8)}$$

$$f_i = 1,2\,\frac{Btu/_h}{ft^2/_{°F}} = 6,81\,\frac{W}{m^2K}$$

$$f_o = 4,0\,\frac{Btu/_h}{ft^2/_{°F}} = 22,7\,\frac{W}{m^2K}$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{22,7}+\left(\frac{0,0005}{31,2}+\frac{0,1}{0,0224}+\frac{0,0005}{31,2}\right)+\frac{1}{6,81}} = 0,214812\,\frac{W}{m^2K}$$

Luas atap adalah

$$L = 7m \times 6,2m = 43,4m^2$$

Maka nilai beban transmisi pada atap dapat di cari dengan :

$$Q = 43,34m^2 \times 0,214812\ \frac{W}{m^2K} \times 321,15°K = 2994,043W = 2,99kW$$

Tabel 3. Beban Pendingin Faktor Dalam

Data	Keterangan
Titik Beku Daging	$-2℃/271,15\ K$
Panas Spesifik Diatas Titik Beku	$3,24\,\frac{kj}{kg.K}$
Panas Spesifik Dibawah Titik Beku	$2,31\,\frac{kj}{kg.K}$
Panas Laten	191 kj/kg
Temperatur Produk Sebelum Masuk *Cold Storage*	$-2℃$/275,15 K
Temperatur Produk Sesudah	$-20℃/253,15\ K$
Massa Produk yang Masuk	3000kg

Produk yang disimpan pada *Cold Storage* tersebut adalah daging ikan tuna Jenis panas yang diserap pada *Cold Storage* ini merupakan panas laten pembekuan dan panas sensible setelah pembekuan (yaitu panas sensible dari penurunan temperatur -2 °C sampai -12 °C). Sehingga pada perhitungan panas di *Cold Storage* ini memerlukan data kalor sepesifik setelah pembekuan dan kalor laten dari ikan itu sendiri. Dari tabel data yang ada di lampiran, didapat nilai – nilai kalor spesifik dan laten dari jenis ikan tuna tersebut adalah sebagai berikut :

$$Q_1 = m \times c \times \Delta T$$

$$Q_1 = 3000\text{kg} \times 3{,}24 \frac{\text{kj}}{\text{kg.K}} \times (275{,}15 - 253{,}15)^\circ\text{K}$$

$$Q_1 = 213840\ \text{kJ}$$

$$Q_2 = \text{m} \times c_k(\text{kalor laten})$$

$$Q_2 = 573.000\text{kJ}$$

Dengan demikian beban pendnginan total pada produk adalah :

$$Q_{\text{total}} = 213840\ \text{kJ} + 573.000\text{kJ} = 786.840\ \text{kJ}$$

$$Q_{\text{produk}} = \frac{Q_{\text{total}}}{\text{waktu pendinginan}}$$

$$Q_{\text{produk}} = 9{,}10\ \text{kW}$$

Dimana Q adalah Beban Pendinginan, m adalah Massa Ikan Tuna (kg), dan c adalah Kapasitas Kalor Spesifik Ikan Tuna $(\frac{kj}{kg\ J})$ serta ΔT adalah Perubahan Suhu Ikan Tuna (°C)

Tabel 4. Beban Pendingin Faktor Dalam

Data	**Keterangan**
Pekerja / Operator	3 Orang
Motor Heat Gain (MHG)	694 W (Tabel ASHRAE)
Person Heat Gain (PHG)	330W (Tabel ASHRAE)

Dalam pelaksanaanya atau dalam produksi, pembongkaran *Cold Storage* dilakukan oleh 3 operator atau pekerja dan pelaksanaan bongkar itu paling lama dalam sehari memakan waktu 2 jam. Perhitungan beban pada operator/pekerja adalah :

$$Q_{person} = {}^{PHG}/_{pekerja} \times jumlah\ pekerja \times ({}^{2jam}/_{24jam})$$

$$Q_{person} = 0{,}0825\ kW$$

Perhitungan beban pada motor kipas evaporator adalah :

$$Q_{motor} = MHG \times jumlah\ motor$$

$$Q_{motor} = 1{,}38\ kW$$

Setelah melakukan perhitungan beban yang mempengaruhi dari ruangan *Cold Storage,* Selanjutya beban total dapat dihitung dengan cara menjumlahkan semua perhitungan beban yang sudah didapati :

$$Q_{total\ Cold\ Storage} = Q_{dinding} + Q_{atap} + Q_{produk} + Q_{person} + Q_{motor}$$

$$Q_{total\ Cold\ Storage} = 4.131kW + 2{,}99kW + 9{,}10\ kW + 0{,}0825 + 1{,}38\ kW$$

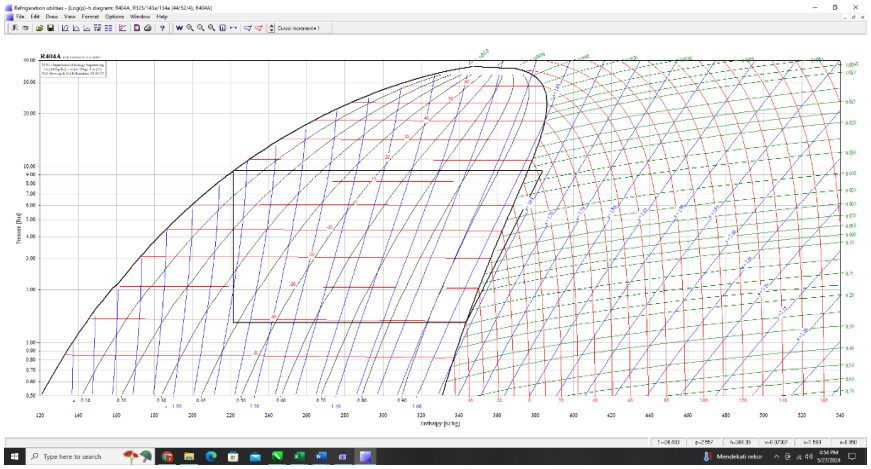
$$Q_{total\ Cold\ Storage} = 17{,}68\ kW$$

Perhitungan COP, Kapasitas Pendinginan Untuk mempermudah perhitungan, dilakukan beberapa pengujian sistem refrigerasi dengan parameter dari mesin mulai running hingga suhu menjadi tercapai atau standar. Pengambilan data dilakukan selama 4 jam dengan 4 kali pengecekan.

Tabel 5. Pengujian Sistem Pendingin

Waktu (jam)	T				P	
	T.1	T.2	T.3	T.4	P.1	P.2
1	5	107	32	2	2,8	12
2	4	110	31,5	-5	2,4	13
3	2	120	33	-15	1,5	13
4	-3	124	35	-22	1,3	15

Dari hasil data yang diperoleh selama 4 jam atau dengan 4 kali pengambilan data, jika diplotkan ke diagram ph R-404A maka dapat diperoleh harga harga entalphy sebagai berikut.



Keterangan: h_1 = 343,564 kj/kg; h_2 = 393,238 kj/kg; h_3 = h4 =249,451 kj/kg

Gambar 7. Diagram Ph entalpi.

Maka Analisa Refrigerasinya adalah

a. Efek Refrigerasi

Dampak refrigerasi adalah besarnya panas yang dapat diserap oleh refrigeran persatuan massa. Besarnya dihitung dengan selisih entalpi refrigeran masuk dan keluar kondensor.

$$RE = h_1 - h_4$$

$$RE = 94{,}112 \text{ kJ/kg}$$

b. Proses Kompresi

Pada saat masuk ke kompresor, refrigeran berfasa uap bertekanan rendah. Refrigeran tersebut akan di kompresikan oleh kompresor sehingga ketika refrigerant keluar dari kompresor akan berfasa uap dan bertekanan tinggi. Besarnya kerja kompresi per satuan massa refrigeran.

$$W_k = h_2 - h_1$$

$$W_k = 49{,}674 \ {}^{kJ}/_{kg}$$

c. Perhitungan Laju Alir Refrigeran

$$M = \frac{Q_{\text{total Cold Storage}}}{RE}$$

$$M = 0{,}187 \ {}^{kg}/_{det}$$

d. Perhitungan Daya Kompresor

$${}^{P}/_{komp} = M \times W_k$$

$$P/_{komp} = 9{,}28 kW$$

e. COP Actual dan COP Carnot

Selanjutnya perhitungan COP (Koefisien Prestasi), Sebelum itu perlu mencari perhitungan kapasitas pendinginan pada evaporator :

$$Q_e = m \times RE$$

$$Q_e = 17{,}59 kW$$

Untuk COP aktual merupakan nilai COP yang sebenarnya terjadi yang di hitung dengan rumus berikut:

$$COP_{aktual} = \frac{Q_e}{P_{komp}}$$

$$COP_{aktual} = 1{,}89 kW$$

Sedangkan COP Carnot adalah COP dengan menganggap bahwa kalor yang dilepas di kondensor adalah sama dengan kalor yang di ambil di evaporator ditambah energi yang dikeluarkan di kompresor. Berikut perhitungan COP Carnot.

$$COP_{carnot} = \frac{T_{evap}}{T_{kond} - T_{evap}}$$

$$COP_{carnot} = 4{,}6$$

$$\eta = \left(\frac{COP_{aktual}}{COP_{carnot}}\right) x\ 100\%$$

$$\eta = 41\%$$

Pada siklus Carnot, η (eta) tersebut adalah 41%, Ini berarti energi panas yang diserap oleh mesin diubah menjadi kerja mekanik, sementara sisanya (59%) terbuang sebagai panas ke reservoir suhu rendah. Hal ini menunjukan bahwa leih dari setengah energy panas yang diambil dari sumber panas tidak dapat diubah menjadi kerja mekanik dan diuang sebagai panas kelingkungan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa data, dapat disimpulkan sebagai berikut, beban pendingin pada cold storage untuk penyimpanan hasil tangkapan mencapai titik set point -25°C dengan waktu 4 jam. Beban total pada Cold Storage adalah 17,68 kw. Panas yang diserap oleh refrigerant persatuan massa 94,112 kj/kg, besarnya kerja kompresi per satuan massa refrigerant 49,674 kj/kg, laju aliran refrigerant 0,187 kg/dtk, daya kompresor 9,28 kw, kapasitas pendinginan pada evaporator 17,59 kw nilai COP actual 1,89 kw; dan nilai COP carnot 4,6 kw, pada siklus carnot, η (eta) tersebut adalah 41%, hal ini menunjukkan kinerja yang efektif dalam mencapai dan mempertahankan suhu yang sangat rendah. Namun, ada potensi untuk peningkatan efisiensi energi lebih lanjut, dan perlu mengidentifikasi meningkatkan COP aktual agar lebih mendekati COP Carnot, agar dapat menghasilkan penghematan energi yang signifikan dalam operasi jangka panjang.

Daftar Pustaka

Djafar, Z., & Piarah, W. H. (2017). Analisa Kinerja Mesin Refrigerasi Rumah Tangga Dengan Variasi Refrigerant. Jurnal Teknologi Terapan |, 3(2).

Dossat, R. J., Horan, T. J. (2002). Principles Of Refrigeration. United Kingdom: Prentice Hall.

Fajarani, R. M., Handoyo, Y., & Rahmanto, R. H. (2019). Analisis Beban Pendinginan Pada Cold Storage Untuk Penyimpanan Daging. In Jurnal Ilmiah Teknik Mesin (Vol. 7, Issue 1). http://ejournal.unismabekasi.ac.id

Prasad, Manohar. Refrigeration And Airconditioning Data Book. India, New Age International (P) Limited, 1989.

Rodriguez-Martinez, V., Velazquez, G., Massa-Barrera, S., Welti-Chanes, J., Fagotti, F., & Torres, J. A. (2019). Estimation Of Safety And Quality Losses Of Foods Stored In Residential Refrigerators. Food Engineering Reviews, 11(3), 184–199. https://doi.org/10.1007/s12393-019-09192-1

Siagian, S., Studi, P., Mesin, T., Jakarta, V., & Selatan, J. (2017). Perhitungan Beban Pendingin Pada Cold Storage Untuk Penyimpanan Ikan Tuna Pada Pt.X (Vol. 13, Issue 1).

Supriyadi, S., Farikhah, I, & Suhartono. (2022). Planning Of Air Conditioner Cooling Load In The Dean Room Of The Faculty Of Engineering And Information Technology University Of Pgri Semarang. Journal Of Materials Exploration And Findings, 1(1). https://doi.org/10.7454/jmef.v1i1.1000

Water Resources Management In The Face Of Climatic/Hydrologic Uncertainties. Austria, Springer Netherlands, 1996.