

ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS PERENCANAAN SISTEM PENDINGIN RUANG PALKAH IKAN DENGAN SISTEM KOMPRESI UAP MENGGUNAKAN REFRIGERAN R22(MONOKLORO DIFLUORO METANA)

Kiryanto, Heri Supriyanto

Abstract

The fish refrigeration process purposes to resist the bacterium cause fresh fish be rotten. Generally the fishermen using ice to refrigerate the fish. This method has weak like the ice easy to melt so the fresh fish quality be bad and least simple in operation. One of alternative can use to keep the fresh fish quality is using the refrigerant system.

Refrigerant is main component of the refrigeration system. In this system scheme is refrigerant weared is Refrigerant Monokloro difluoro methane (R-22). this refrigerant is not flammable and nontoxic. (sumanto, 1985)

The temperature of the fish holds KM Trevally design that using the refrigeration system is -5°C According to the analysis of refrigeration system design for condensing temperature at 30°C and evaporating temperature at -10°C , the result showed that the value of coefficient of performance is about 9.9 The refrigeration system using R22 gives the fish hold capacity twice bigger than icing method. Refrigerant's fish hold system purpose 22 need investment cost as big as Rp 196.729.600,00 and Total overall cost if utilizes system refrigerasi's fish hold as big as Rp 236.198.012,00. Of analisis's result by use of method Net Present Value (NPV) with interest rate 15 % pertahun investments by borrows capitals at Bank for investment acquisition Ratch Coolant System Fishes Out by use of tech refrigerasi can be said reasonable with Break Event Point of investment will be reached on time 2.1 year .

Keywords: Refrigeran 22, refrigeration system ,Net Present Value, Break Event Point.

I. PENDAHULUAN.

Indonesia merupakan negara kepulauan yang dikenal memiliki area perairan yang sangat luas. Daerah perairan, utamanya laut memiliki potensi yang sangat besar, yaitu ikan. Dalam satu dekade ini, jumlah ikan yang ditangkap nelayan cenderung mengalami penurunan. Hal ini tentu akan mengakibatkan nelayan yang menghendaki jumlah tangkapannya berlimpah, haruslah berlayar lebih jauh ketengah lautan untuk mencapai *fishing ground* (tempat bergerombolnya ikan). Dengan kondisi yang demikian, maka diperlukan sebuah *treatment* (perlakuan) yang berupa system pendingin pada hasil tangkapan ikan sehingga ketika ikan tersebut dijual kepada pembeli, maka kondisinya tetap dalam segar. Ikan hasil tangkapan harus memerlukan perlakuan khusus dengan cara didinginkan supaya dapat terjaga kualitasnya. Semakin bagus kualitas ikan segar maka semakin tinggi pula harga jual ikan hasil tangkapan tersebut, hal ini secara tidak langsung akan mampu meningkatkan kesejahteraan masyarakat nelayan. Proses pendinginan ikan bertujuan untuk menghambat berkembangnya bakteri yang dapat menyebabkan kesegaran ikan menjadi rusak. Sampai saat ini proses pendinginan ikan yang dilakukan nelayan tradisional di Indonesia pada umumnya menggunakan es balok, akan tetapi sebetulnya jika kita analisa baik secara teknis maupun ekonomis, maka banyak kelemahan dalam sistem pendingin es tersebut. Dari sisi teknis, dengan adanya es sebagai media pendingin, maka berat esnya akan menjadikan berat

kapal bertambah, sehingga menambah tahanan kapal yang sebetulnya harus dihindari karena dampak selanjutnya mesin utama akan membutuhkan konsumsi bahan bakar yang besar untuk mencapai kecepatan yang sama dengan kapal yang memiliki tahanan lebih kecil dengan daya motor yang sama pula. Dari segi ekonomis, maka owner kapal, mengalami kerugian karena hilangnya kapasitas angkut ikan yang disebabkan penggunaan sebagian ruang muat untuk mengangkut es. Selain beberapa hal yang disebutkan di atas, penggunaan es sebagai pendingin juga mengakibatkan dampak negatif yang lain, yaitu lama pelayaran akan terbatas karena harus menyesuaikan dengan waktu mencairnya es, dalam rangka menghindari tidak berjalannya sistem pendingin tersebut.

Selain itu harga ikan yang turun karena kualitas ikan hasil tangkapan yang rendah karena proses pendinginan ikan yang bertujuan untuk menjaga kualitas ikan segar kurang sempurna. Pada dasarnya, setelah ditangkap dan mati, secara keseluruhan ikan akan mengalami proses penurunan mutu yang menjurus kearah proses pembusukan ikan. Penurunan mutu ini diakibatkan karena adanya aktifitas bakteri, aktifitas enzim, maupun kombinasi dari faktor-faktor tersebut. Salah satu alternatif lain yang dapat di gunakan untuk menjaga kualitas ikan segar adalah dengan menggunakan system pendingin Kompresi Uap menggunakan Refrigerant -22 (Monokloro difluoro metana). Refrigerant ini bersifat tidak mudah terbakar dan beracun

II. TINJAUAN PUSTAKA.

Prinsip Mencegah Kerusakan Ikan

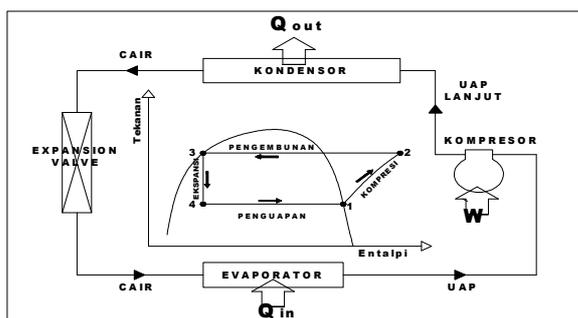
Dalam kehidupan sehari-hari, teknologi refrigerasi lebih dikenal dalam bentuk produknya yang berupa es, lemari dingin (refrigerator rumah tangga), pabrik es dan lain-lain. Dalam bidang perikanan contoh penggunaan gudang dingin (cold storage) yaitu bangunan untuk penyimpanan ikan. Menurut Ilyas (1983), ikan tergolong pangan yang paling cepat membusuk dan teknik refrigerasilah yang sudah terbukti mampu mengawetkannya dalam bentuk yang hampir sama dengan ikan yang baru saja ditangkap dari air. Maka teknik refrigerasi dapat diterapkan secara luas pada setiap sektor perikanan.

Beberapa metode atau sistem Pendingin ikan di kapal adalah :

- Pendingin Ikan dengan es atau pengesan (*icing*)
- Pendingin ikan dengan udara dingin (*chilling in cold air*)
- Pendinginan ikan dengan es air laut
- Pendinginan ikan dengan air yang didinginkan (*chilling in water*)
- Pendinginan ikan dengan es kering
- Pendingin ikan dengan teknologi refrigerasi

Prinsip Kerja Sistem Pendingin

Cara kerja mesin pendingin ini dapat dijelaskan sebagai berikut, kompresor yang ada pada sistem pendingin dipergunakan sebagai alat untuk memampatkan fluida kerja (refrigeran), jadi refrigeran yang masuk kedalam kompresor oleh kompresor tersebut akan dimampatkan sehingga tekanan dan temperaturnya akan naik kemudian dialirkan ke kondensor.



Gambar 1. Gambar Siklus Kerja Sistem Pendingin dan Komponen Utamanya

Pada bagian kondensor ini refrigeran yang telah dimampatkan akan di kondensasikan sehingga berubah fase dari refrigeran fase uap lanjut akan berubah keadaan menjadi refrigeran fase cair, dengan adanya perubahan fase dari fase uap ke fase cair maka refrigeran mengeluarkan kalor yaitu kalor penguapan yang terkandung didalam refrigeran. Pada kondensor

tekanan refrigeran yang berada dalam pipa-pipa kondensor relatif jauh lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan refrigeran yang berada pada pipi-pipa evaporator. Setelah refrigeran lewat kondensor dan setelah melepaskan kalor penguapan dari fase uap ke fase cair maka refrigeran dilewatkan melalui katup ekspansi. Katup ekspansi ini berfungsi untuk mengatur jumlah refrigeran yang akan masuk ke evaporator dan menurunkan tekanan refrigeran pada suatu harga tertentu sesuai dengan besarnya beban pendinginan. Dari katup ekspansi refrigeran dialirkan ke evaporator, di dalam evaporator ini refrigeran akan berubah keadaannya dari fase cair ke fase uap. Untuk merubahnya dari fase cair ke refrigeran fase uap maka proses ini membutuhkan energi yaitu energi penguapan, dalam hal ini energi yang dipergunakan adalah energi yang berada di dalam substansi yang akan didinginkan. Dengan diambilnya energi yang diambil dalam substansi yang akan didinginkan maka enthalpi substansi yang akan didinginkan akan menjadi turun, dengan turunnya enthalpi maka temperatur dari substansi yang akan didinginkan akan menjadi turun. Refrigeran yang keluar dari evaporator kemudian dihisap oleh kompresor untuk di mampatkan kembali. Proses ini akan berubah terus-menerus sampai terjadi pendinginan yang sesuai dengan keinginan. Dengan adanya mesin pendingin ini maka untuk mendinginkan atau menurunkan temperatur suatu substansi dapat dengan mudah dilakukan.

Refrigeran-22

Refrigeran ini biasa dilambangkan R-22 dan mempunyai rumus kimia CHClF_2 . R-22 mempunyai titik didih $-41,4^\circ\text{F}$ ($40,8^\circ\text{C}$). refrigeran ini telah banyak digunakan untuk menggantikan R-12 dikarenakan biaya kompresornya yang lebih murah, selain itu refrigerant ini tidak mudah terbakar dan beracun. Refrigeran R22 memiliki tekanan kondensasi dan suhu keluar yang lebih tinggi dalam mesin refrigerasi. Refrigeran ini banyak digunakan untuk mendapatkan temperatur yang rendah pada saat proses kompresi, dalam sistem pengkondisian dan pompa panas

Dalam penulisan ini refrigeran yang digunakan adalah **R-22**.

Berikut ini adalah karakteristik dari R-22:

- Rumus kimia : CHClF_2
- Tekanan Penguapan : $6 \text{ kg/cm}^2.\text{abs}$
- Tekanan Pengembunan : $17.71 \text{ kg/cm}^2.\text{abs}$
- Temperatur Kritis : 96°C
- Tekanan kritis : $49.12 \text{ kg/cm}^2.\text{abs}$
- Kalor Spesifik Cair : $0.335 \text{ kal/g.}^\circ\text{C}$
- Kalor Laten Penguapan : $55.92 \text{ kal/g.}^\circ\text{C}$
- Volume Spesifik Cair : $0.883 \text{ m}^3/\text{kg}$

Komponen Sistem Pendingin

- Kompresor

Kompresor menghisap uap refrigeran yang bertekanan rendah dan dalam keadaan dingin dari evaporator dan mengkompresinya menjadi uap bertekanan tinggi sehingga uap akan tersirkulasi. Tanpa dimampatkan oleh kompresor, uap tadi akan sangat sulit untuk di kondensasikan karena titik kondensasinya rendah.

Perhitungan untuk menentukan daya kompresor adalah sebagai berikut :

$$W_e = m(h_2 - h_1)$$

Keterangan ;

W_e = Daya kompresor

m = laju masa refrigeran

h_2 = entalpi keluar kompresor

h_1 = entalpi masuk kompresor

2) Oil Separator

Jika minyak pelumas kompresor terlalu banyak ikut dalam aliran uap refrigeran keluar dari kompresor, maka dalam waktu singkat kompresor akan kekurangan minyak pelumas, sehingga pelumasnya kurang baik. Di samping itu, minyak pelumas tersebut akan masuk ke dalam kondensator dan kemudian ke evaporator, sehingga akan mengganggu proses perpindahan kalornya. Untuk mencegah terjadinya gangguan tersebut maka perlu di pasang pemisah minyak pelumas (oil separator) di antara kompresor dan kondensator. Dalam hal tersebut, pemisah minyak pelumas akan memisahkan minyak pelumas dari refrigeran dan mengalirkannya kembali kedalam ruang engkol.

3) Kondensator

Untuk mencairkan uap refrigeran yang bertekanan dan bertemperatur tinggi (yang keluar dari kompresor), diperlukan usaha untuk melepas kalor sebanyak kalor laten pengembunan dengan cara mendinginkan uap refrigeran itu. Jumlah kalor yang dilepaskan oleh uap refrigeran kepada air pendingin atau udara pendingin, di dalam kondensator, sama dengan selisih entalpi uap refrigeran pada seksi masuk dan pada seksi keluar kondensator.

4) Penerima Cairan (Receiver)

Penerima cairan digunakan untuk menampung sementara waktu refrigeran yang dicairkan didalam kondensator, sebelum masuk katup ekspansi. Di samping itu, penerima cairan juga berfungsi untuk menampung refrigeran dari mesin refrigerasi pada waktu mesin direparasi atau berhenti bekerja untuk jangka waktu yang lama.

5) Heat Exchanger (Penukar Panas)

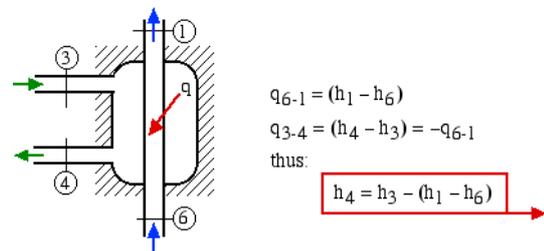
Pada dasarnya alat ini mermpertemukan cairan yang akan keluar dari kondensator dengan uap yang baru keluar dari evaporator. Dengan demikian akan terjadi perpindahan panas karena perbedaan temperatur antara cairan yang akan keluar dari

kondensator dengan uap yang baru keluar dari evaporator.

Keuntungan menggunakan heat exchanger adalah:

- Perpindahan panas tersebut akan mengakibatkan cairan yang keluar dari kondensator akan lebih dingin (*subcooled*), mengurangi penguapan yang terjadi pada waktu melewati katup ekspansi sehingga kapasitas refrigerasi secara keseluruhan akan bertambah.
- Uap yang menuju kompresor menjadi lebih panas dan dapat menyebabkan partikel cairan yang mungkin ikut terbawa akan menguap sehingga akan membantu kerja kompresor.

Penukar panas yang sederhana dapat dibuat dengan mempertemukan pipa isap dan pipa cairan, keduanya di las bersama-sama.



Gambar 2. Gambar Perpindahan Panas Pada Heat Exchanger

6) Katup Ekspansi (expansion valve)

Katup ekspansi merupakan suatu penahan tekanan sehingga tekanan cairan yang telah melaluinya menjadi rendah.

Ada lima macam katup ekspansi yang telah diciptakan, yaitu :

- Katup tangan (*manual expansion valve*)
- Katup ekspansi thermostatik (*thermostatic expansion valve*)
- Katup tekanan tetap (*constant pressure valve*)
- Katup apung (*float valve*)
- Katup kapilar (*capillary tube*)

Diantara kelima katup tersebut yang paling banyak digunakan pada kapal ikan adalah katup ekspansi thermostatik untuk digunakan pada evaporator kering dan katup apung atau katup tangan untuk evaporator basah.

Katup ekspansi thermostatik berfungsi mengatur pembukaan katup yaitu mengatur pemasukan refrigeran kedalam evaporator, sesuai dengan beban pendinginan yang harus dilayani evaporator. Katup ekspansi termostatik dilengkapi dengan tabung perasa atau sensor temperatur (panas) yang ditempelkan dengan pipa akhir evaporator untuk mengetahui temperatur gas dan tekanan uap di alamnya.

7) Evaporator

Evaporator berfungsi untuk menguapkan cairan refrigeran dan panas yang diserap di dalam penguapan

itu dimanfaatkan untuk pendinginan. Evaporator dibangun dengan bentuk yang beraneka ragam sesuai dengan keperluan pemakainya, tetapi pada dasarnya ada tiga macam yaitu berupa pelat, pelat bersirip atau pipa polos. Evaporator dari pipa pada umumnya untuk mendinginkan cairan atau udara, pipa bersirip untuk mendinginkan udara, sedangkan yang berbentuk pelat untuk membekukan ikan atau daging.

Perhitungan Beban Kalor

- 1) Perhitungan Jumlah Panas yang harus dihilangkan dari ikan :

$$Q = m(T_1 - T_2) c$$

Dimana :

Q = Jumlah energi panas (kkal)

m = Massa ikan (kg)

T₁ = suhu awal ikan (°C)

T₂ = suhu akhir ikan (°C)

c = panas spesifik ikan (kkal/kg°C)

Panas yang berkonduksi melalui material (wadah/ peti/ storage/ palka/ fish hold) tergantung pada 4 faktor:

- Luas sisi wadah
- Tebal Pelat sisi peti
- Jenis Material palka yang digunakan
- selisih suhu antara luar dan fish hold

- 2) Rumus Untuk menghitung jumlah es yang berkonduksi:

$$q = k.A(T_1 - T_2)/X$$

Dimana :

q = Laju pengaliran panas ke dalam wadah, (kkal/jam)

A = Luas permukaan sisi (didasarkan pada permukaan luar),(m²)

T₁ = suhu pada sisi panas atau udara luar (°C)

T₂ = suhu pada sisi dingin atau udara dalam peti (°C)

x = tebal material peti (m)

k = tetapan konduktivitas thermal material, kkal/m.jam°C

- 3) Laju Pengaliran Panas dinding material banyak atau berlapis :

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

$$U = \frac{1}{\left(\frac{1}{f_o} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3} + \dots + \frac{x_n}{k_n} + \frac{1}{f_1}\right)}$$

Dimana :

U : Koefisien pengaliran panas menyeluruh, (kkal/m² jam°C)

A : Luas permukaan, (m²)

T₂ : Suhu udara luar, (°C)

T₁ : Suhu udara dalam, (°C)

f_o : faktor film udara luar

f_o = 6,5 untuk udara terbuka

f_o = 1,65 untuk udara dalam gedung

f₁ : faktor film udara dalam = 1,65

x : Tebal setiap lapisan material

k : Konduktivitas thermal, kkal/m.jam°C)

- 4) Beban Pendinginan Akibat Adanya Ikan (Q_f)

Beban untuk mendinginkan ikan atau energi panas muatan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Q_f = \frac{M_f}{H_f} x C_1 x \{(t_1 - t_2) + e + C_2 x (t_f - t_3)\}$$

Di mana :

M_f = Kapasitas muatan yang didinginkan (kg)

H_f = Waktu pendinginan (hari)

C₁ = Spesific Panas muatan sebelum didinginkan (kka/kg °C)

C₂ = Spesific Panas muatan setelah didinginkan (kka/kg °C)

t_f = Titik beku produk (°C)

t₁ = Suhu awal Produk

t₃ = Suhu akhir yang diinginkan pada ikan

e = Panas laten dari produk yang didinginkan

- 5) Laju Pengaliran Panas Yang Melalui Perubahan Udara (Q_a)

$$Q_a = \frac{N_r x V_r x (I_o - I_r)}{V_o}$$

Dimana :

N_r = Jumlah tutup palka yang dibuka dalam sehari (time/hari)

V_r = Volume ruang pendinginan

I_o = Entalpy udara pada sisi luar, pada temperatur

I_r = Entalpy udara pada sisi dalam, pada temperatur

V_o = Spesifik volume udara pada sisi udara luar (m³/kg)

Penentuan Komponen Sistem Pendingin

Untuk dapat menentukan kapasitas kompresor yang digunakan, maka harus mengetahui jumlah kalor yang dipindahkan setiap jamnya. Besarnya kalor yang harus disirkulasi setiap jamnya dapat ditentukan sebagai berikut:

- 1) Besarnya laju massa refrigeran setiap jam
Besarnya laju massa refrigeran setiap jam merupakan kapasitas refrigerasi di bagi efek atau dampak refrigerasi

$$m = \frac{Q_e}{h_6 - h_5}$$

h = entalphi (kJ/kg)

Q_e = Kapasitas refrigerasi (kJ/jam)

- 2) Besarnya panas yang harus dikeluarkan oleh kondensor (kJ/kg)

q_{cd} = h₂ - h₃ (kJ/kg)

h = entalphi (kJ/kg)

- 3) Laju panas yang dikeluarkan kondensor pada setiap jam tiap kJ kapasitas refrigeran
 $Q_{cd} = m \times q_{cd} \quad (\text{kJ/jam})$
- 4) Kerja kompresor untuk setiap satu kJ sirkulasi refrigeran adalah
 $q_c = h_2 - h_1 \quad (\text{kJ/kg})$
 $h = \text{entalphi} \quad (\text{kJ/kg})$
- 5) Daya kompresor yang dibutuhkan untuk mensirkulasi refrigeran adalah
 $W_c = m \times q_c \quad (\text{kJ/jam})$
- 6) Coefficient of Performance (COP) dari sistem adalah

$$\text{COP} = \frac{Q_{in} / m}{W_c / m}$$

$$\text{COP} = \frac{q_{ev}}{q_c}$$

$$\text{COP} = \frac{h_6 - h_5}{h_2 - h_1}$$

$h = \text{entalphi} \quad (\text{kJ/kg})$

- 7) Kapasitas pompa air laut untuk mendinginkan kondensor

$$V_{pump} = \frac{Q_{cd}}{2} \times 1.2 \quad (\text{liter/jam})$$

Dimana :

Q_{cd} = Laju panas yang dikeluarkan kondensor (kJ/jam)

- 8) Daya elektrik motor pompa air laut untuk mendinginkan kondensor

$$M_{kw} = \frac{rxV_{pump} xH}{6120 x \eta} xk$$

M_{kw} = Daya yang dihasilkan oleh elektrik motor pompa (kW)

r = Spesifik gravitasi dari air laut (1.0 – 1.03 kg/liter)

V_{pump} = kecepatan aliran dari pompa pendingin air (liter/jam)

H = total puncak dari pompa pendingin air (m)

η = Efisiensi dari pompa pendingin air (60 – 70 %)

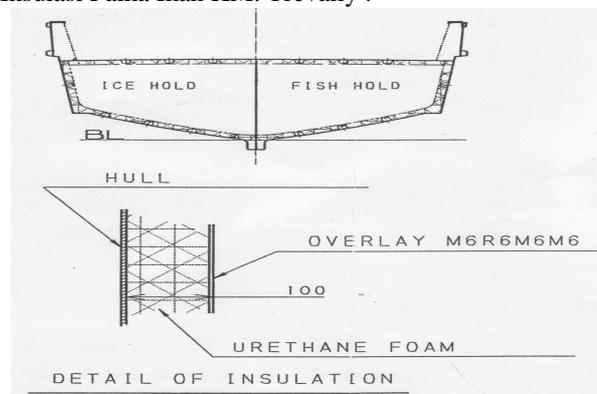
k = koefisien kelonggaran (1.2 – 1.4)

- 1) Data Ukuran Utama Kapal :

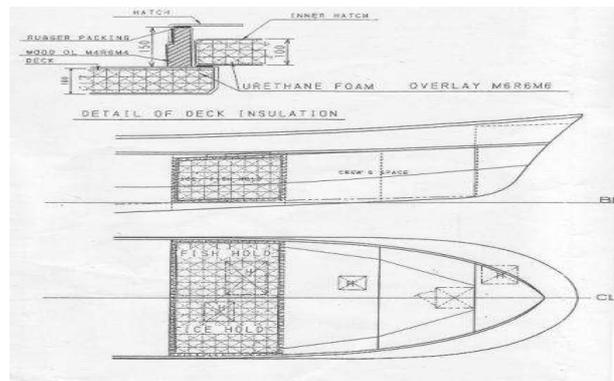
Nama Kapal	:	KM. Trevally
Tahun Pembuatan	:	2001
Length (OA)	:	16,00 m
Breadth (OA)	:	4,70 m
Depth (Moulded)	:	1,74 m
Draft	:	1.28 m
Gross Tonnage	:	29 GT
Type Kapal	:	Purse Seine
Fish Hold	:	5,00 m ³
Ice Hold	:	5,00 m ³
Complement	:	20 P

- 2) Palka Kapal Ikan KM. Trevally

Susunan bahan insulasi beserta ukurannya sesuai dengan yang ada pada kapal, berturut turut dari luar ke dalam yaitu udara luar, fiberglass, urethane foam, dan fiberglass. Di bawah ini merupakan gambar Insulasi Palka Ikan KM. Trevally :



Gambar 3. Gambar Penampang Melintang Palka Ikan dan Detail Insulasi KM. Trevally



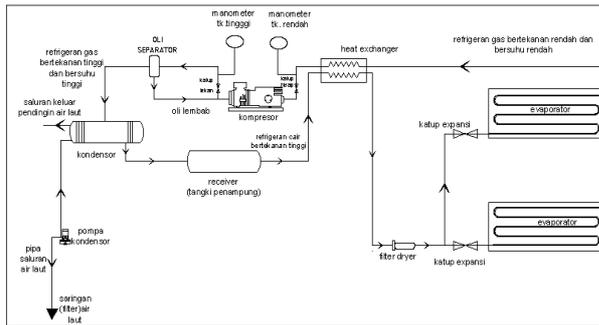
Gambar 4. Letak Palka Ikan dan Detail Insulasi Tutup Palka KM. Trevally

METODOLOGI PENELITIAN

Perancangan Untuk Kapal

Merancang sistem atau mesin pendingin untuk palka ikan dengan menggunakan referigeran R744 (Karbon Dioksida) pada kapal milik BBPPI yaitu KM. TREVALLY. Adapun data kapal KM. Trevally

Diagram Blok Rancangan Mesin Pendingin



Gambar 5. Diagram Blok rancangan mesin pendingin

Keterangan :

- Kompresor difungsikan untuk menghisap uap refrigeran yang bertekanan rendah dan dalam keadaan dingin dari evaporator dan memampatkannya sehingga mengkompresinya menjadi uap bertekanan tinggi sehingga uap akan tersirkulasi.
- Jika minyak pelumas kompresor terlalu banyak ikut dalam aliran uap refrigeran keluar dari kompresor, maka dalam waktu singkat kompresor akan kekurangan minyak pelumas, sehingga pelumasnya kurang baik. Di samping itu, minyak pelumas tersebut akan masuk ke dalam kondensor dan kemudian ke evaporator, sehingga akan mengganggu proses perpindahan kalornya. Untuk mencegah terjadinya gangguan tersebut maka perlu di pasang pemisah minyak pelumas (oil separator) di antara kompresor dan kondensor. Dalam hal tersebut, pemisah minyak pelumas akan memisahkan minyak pelumas dari refrigeran dan mengalirkannya kembali kedalam ruang engkol.
- Kondensor berfungsi untuk mengembunkan refrigeran
- Internal heat exchanger berfungsi untuk menurunkan suhu refrigeran yang keluar dari kondensor agar lebih dingin. Pendinginan ini menggunakan refrigeran yang bertemperatur rendah yang keluar dari evaporator.
- Katup ekspansi berfungsi untuk mengatur pemasukan refrigeran yang akan masuk ke evaporator sesuai dengan beban pendinginan yang harus dilayani evaporator. Pada katup ekspansi tekanan dan temperatur refrigeran diturunkan.
- Terjadi perpindahan kalor pada heat exchanger dari refrigeran yang keluar dari kondensor ke refrigeran yang keluar dari

evaporator menyebabkan refrigeran yang keluar dari evaporator akan lebih panas. Uap yang menuju kompresor yang lebih panas dapat menyebabkan partikel cairan yang mungkin ikut terbawa akan menguap sehingga akan membantu kerja kompresor

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

A. Beban Pendinginan

Beban pendinginan terdiri dari Beban transmisi atau total laju pengaliran panas dinding material berlapis (Q_w), beban pendinginan akibat adanya ikan (Q_f), dan laju pengaliran panas yang melalui perubahan udara (Q_a). Adapun kondisi temperatur rancangan terdapat pada tabel di bawah ini :

Tabel Kondisi Temperatur Rancangan

KONDISI	TEMPERATUR (°C)
Udara terbuka	33
Deck	45
Air laut	27
Ruangan di depan palka ikan	26
Kamar mesin (Kondisi Udara Paksa)	45
Wall (sisi diatas garis air)	35

- Beban transmisi atau total laju pengaliran panas dinding material berlapis (Q_w) adalah 176.0204 kkal/jam
 - Beban pendinginan akibat adanya ikan (Q_f) adalah 51101.9320 kkal
 - Laju Pengaliran Panas Yang Melalui Perubahan Udara (Q_a) adalah 37.6 kkal/jam
- Maka besarnya kalor yang harus diambil dari masing-masing beban pendinginan adalah:

$$Q_{total} = Q_w + Q_f + Q_a$$

$$Q_{total} = 176.0204 + 104289.68 + 37.6$$

$$Q_{total} = 104503.278 \quad \text{kkal/jam}$$

$$Q_{total} = 437534.322 \quad \text{kJ/jam}$$

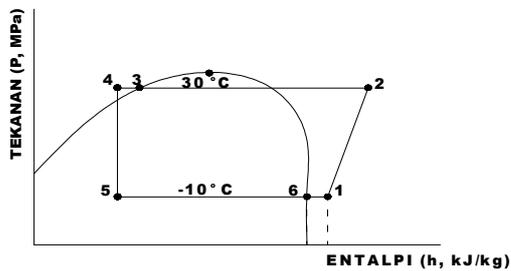
$$Q_{total} = 121.54 \quad \text{kW}$$

$$Q_{total} = 162.984 \quad \text{TR}$$

B. Parameter Siklus

Berdasarkan analisis termodinamika dan sifat dari refrigeran R744 dengan kondisi temperatur pengembunan 30 °C dan temperatur penguapan -10 °C diperoleh parameter siklus sistem yaitu :

Tabel Parameter Siklus Panas Sistem



Gambar 6. Diagram Tekanan-Entalpi Sistem

C. PEMBAHASAN

No	Posisi (titik)	T (°C)	P (bar)	H (kJ/kg)
1	Keluar evaporator	-10	3.543	401.55
2	Masuk Kompresor(1)	16.6	3.543	431.55
3	Keluar Kompresor(2)	80.4	11.919	451.44
4	Keluar Kondensor(3)	30	11.919	414.53
5	Masuk Katup ekspansi (4)	3.35	11.919	203.82
6	Masuk Evaporator(5)	-10	3.543	203.82

Sistem Pendingin palka ikan KM. Trevally awalnya adalah menggunakan es batu. Apabila menggunakan sistem refrigerasi maka kapasitas ruang muat ikan akan bertambah dua kali lipat, di mana ruang muat es (*ice hold*) dapat dijadikan sebagai ruang muat ikan. Namun demikian, pemakaian sistem refrigerasi akan menambah beban daya listrik kapal. Adapun besarnya daya listrik untuk sitem refrigerasi ini pada kapal KM. Trevally adalah 18.07 kW.

Analisa Ekonomis

Sistem Pendingin Menggunakan Refrigeran-22

Bila Kapal KM.Trevally di rancang dengan menggunakan system refrigerasi,maka komponen-komponen untuk membangun suatu sistem refrigerasi adalah sebagai berikut :

A. Biaya Inventasi Mesin Pendingin (Refrigerating Machine)

Air Cooled Condensing Unit Komplit dengan perlengkapannya terdiri dari

Compressor	Rp 34.300.000,00
Condensr	Rp 30.150.000,00
Electromotor	Rp 9.340.000,00

B. Biaya Inventasi Perlengkapan /Accecories

1 Buah Liquid Receiver tank + 2 buah kran receiver

	Rp 19.080.000,00
1 Buah Filter Dryer	Rp 2.790.000,00
2 Buah Solenoid valve	Rp 8.880.000,00
1 Buah Sight glass	Rp 1.710.000,00
2 unit Stop valve	Rp 3.105.000,00
1 Buah Suction Accumulator	Rp 10.660.000,00
1 Buah Oil Separator	Rp 2.660.000,0
2 Buah Vibration eliminator (flexible pipe)	Rp 625.000,00
1 Buah Expansion valve R 22	Rp 900.000,00
Refrigeran Gauge	Rp 177.600,00
1 Buah high pressure control	Rp 1.776.000,00
1 Buah low pressure Control	Rp 1.776.000,00
Thermostat	Rp 2.200.000,00
Water Pump	Rp 7.100.000,00
Vakum Pump	Rp 4.400.000,00

Evaporator Rp

27.240.000,00

Digital Thermometer Rp

6.000.000,00

Biaya Perakitan Rp

20.000.000,00

196.729.600,00

Annual Fixed Charged

Rekapitulasi Biaya Tetap Tahunan

Capital maintenance

(4 % dari Biaya Investasi total)

= 4 % x Rp 196.729.600,00

= Rp 7.869.184,00

Insurance (Asuransi) (2% dari Biaya Investasi Total)

= 2 % x 209.729.600,00

= Rp 3.934.592,00

Total Annual Fixed Charged

= Rp 7.869.184,00 + Rp 4.194.592,00

= Rp 11.803.776,00

Biaya Annual Fixed Charged Per bulannya

= Rp 11.803.776,00/12

= Rp 983.648,00

Biaya Annual Fixed Charged Per trip

= Rp 983.648,00/4

= Rp 245.912,00

Biaya Operasional Kapal

Untuk waktu operasional kapal berlayar selama 7 hari

Perhitungan kebutuhan bahan bakar untuk genset

Merk : Yanmar 3TNE88 Diesel Engine

Daya max : 35 hp ; 26.09 kw @ 3600 rpm

Sfoc : 200 gr/bhp jam

Spesific grafiti : 0.835 gr/cm3

V = m/ρ

M = sfoc x waktu kerja pendingin (jam) x HP

M = 200 x (24x7) x 35

$M = 1176000 \text{ gr}$
 $V = 1176000/0.835$
 $= 1.408.383 \text{ cm}^3$
 $V = 1.408 \text{ L}$
 Dalam satu kali berlayar memerlukan biaya bahan bakar
 $\text{Biaya} = V \times \text{Rp } 5.625$
 $= 1.408 \times \text{Rp } 5.625$
 $= \text{Rp } 7.920.000,00$

Rekapitulasi Biaya Operasional Kapal dalam satu trip

Jenis Biaya	Jumlah
Bahan Bakar Genset	Rp 7.920.000,00
Bahan Bakar Mesin Induk (27 liter x 168 jam x Rp 5.625,00)	Rp 25.515.000,00
Air Tawar (@ Rp 250.000/hari)	Rp 1.750.000,00
Uang Makan untuk 8 ABK (@ Rp 50.000/hari)	Rp 2.800.000,00
Surat-Surat kapal tiap trip	Rp 500.000,00
Oli Pelumas SAE 40	Rp 325.000,00
Oli Hidraulik SAE 10	Rp 162.500,00
Lain-Lain (Rinso, obat-obatan)	Rp 250.000,00
TOTAL	Rp 39.222.500,00

Biaya Total Sistem Pendingin Refrigeran-22

Jenis Biaya	Jumlah
Biaya Investasi Peralalatan	Rp 196.729.600,00
Biaya Perawatan dan asuransi	Rp 245.912,00
Biaya Operasional Kapal Tiap Trip	Rp 39.222.500,00
TOTAL	Rp 236.198.012,00

Ikan hasil tangkapan disimpan dalam cold storage dengan total muatan 8000 kg, akan tetapi jumlah ikan tidak secara 100 % melainkan 95 % karena perlakuan hasil tangkapan jika menggunakan system refrigerasi dalam kemasan .

Jadi perhitungan hasil tangkapan dalam kondisi baik yang masuk dalam cold storage ini menjadi = 95 % x 8000 kg = 7600 kg

Jenis Ikan hasil tangkapan ini adalah ikan Teri
 Harga Ikan Teri 1 Kg = Rp 9800 ,00

Total Ikan Satu Kali tangkapan 7600 kg
 Jumlah Penjualan Ikan dalam satu trip
 $= 7600 \times \text{Rp } 9800 = \text{Rp } 74.480.000,00$
 Sedangkan Biaya kebutuhan operasional untuk tiap trip sebesar Rp 43.908.125,00
 Jadi Keuntungan Bersih yang rata-rata per trip sebesar
 $= \text{Rp } 74.480.000,00 - 39.222.500,00$
 $= \text{Rp } 35.257.500,00$

Jika dalam setahun di operasikan secara normal sebanyak 4 trip
 Jadi Rata-Rata keuntungan Tiap Tahun dalam keadaan normal
 $= (\text{Rp } 35.257.500,00 \times 4) = 141.030.000,00$

Analisa Kriteria Investasi

Perhitungan NPV dengan tingkat bunga 15% pertahun

T h n	Pendapatan (1)	Tingkat Bunga 15 % (2)	Nilai Sekarang (Pv) (1) x (2)
1	141.030.000	0.8696	122.639.688
2	141.030.000	0.7564	106.675.092
3	141.030.000	0.6575	92.727.225
4	141.030.000	0.5718	80.640.954
5	141.030.000	0.4972	70.120.116
	Total Nilai Sekarang (PV)	$\Sigma =$	472.803.075
	Investasi Awal (IO)	$\Sigma =$	236.198.012
	Net Present Value	$\Sigma =$	236.605.063

Biaya Total Sistem Pendingin Es balok Tiap Trip

Jenis Biaya	Jumlah
Biaya Operasional Kapal Tiap Trip	Rp 31.302.500,00
Biaya Es Balok	Rp 360.000,00
TOTAL	Rp 31.662.500,00

Berdasarkan analisis dan perhitungan diperoleh :

- Kapasitas refrigerasi
 $Q_{total} = 104503.278 \text{ kkal/jam}$
 $Q_e = 104503.278 \times 4.1868 \text{ kJ/hr}$
 $Q_e = 437534.322 \text{ kJ/hr}$
 $= 104503.278 \times 0.001163 \text{ kW}$
 $= 121.54 \text{ kW}$
 $= 121.54 \times 1.341022 \text{ HP}$
 $= 162.984 \text{ HP}$
- Kapasitas Kondensor
 $Q_{cd} = 81673.71 \text{ kJ/jam}$
- Daya Kompresor
 $W_c = 44012.19 \text{ kJ/jam}$
 $W_c = 12.22 \text{ kW}$
 $W_c = 16.39 \text{ HP}$

- 4) Coefficient of Performance (COP) dari sistem adalah

$$\text{COP} = 9.9$$
- 5) Panjang Pipa Evaporator
 Panjang Pipa = 31.01 m
- 6) Kebutuhan Refrigeran
 Kebutuhan refrigeran = 14.66 kg
- 7) Kapasitas Receiver Refrigeran
 Kapasitas receiver refrigeran = 0.289 m³
- 8) Kapasitas pompa air laut untuk mendinginkan kondensor

$$V_{\text{pump}} = 11704.46 \text{ liter/jam}$$
- 9) Daya elektrik motor pompa air laut untuk mendinginkan kondensor

$$M_{\text{kw}} = 5.85 \text{ kW}$$
- 10) Daya listrik total untuk sistem pendingin
 Kebutuhan Daya Total = 18.07 kW
- 11) Kebutuhan es batu KM. Trevally (Design lama)
 Total kebutuhan es = 1471.27 kg ~30 Es Balok

Tabel Perbandingan Metode Pendinginan Palka Ikan KM. Trevally

No	Kriteria	Metode Pendinginan Palka Ikan	
		Es Batu	Sistem Refrigerasi
1.	Kapasitas Muatan Ikan	5 m ³ = 4000 kg	10,00 m ³ = 8000 kg
2.	Daya Listrik	Tidak butuh	18.07 kW
3.	Kebutuhan Es Batu	1471.27 kg	Tidak butuh
4.	Suhu Pendinginan Palka Ikan	0 °C	-5 °C
5.	Ruangan atau Tempat Tambahan	Untuk Menyimpan Es Batu	Untuk Komponen Sistem pending Pendingin

KESIMPULAN

Apabila menggunakan sistem refrigerasi maka kapasitas ruang muat ikan akan bertambah dua kali lipat, di mana ruang muat es (*ice hold*) dapat dijadikan sebagai ruang muat ikan. Namun demikian, pemakaian sistem refrigerasi akan menambah beban daya listrik kapal. Adapun besarnya daya listrik untuk

sistem refrigerasi ini pada kapal KM. Trevally adalah 18.07 kW

- a. Kebutuhan es batu KM. Trevally (Design lama) Total kebutuhan es = 1471.27 kg ~ 30 Es Balok
 Dengan memakai sistem refrigerasi, kapasitas muatan bertambah dari 5 m³ menjadi 10 m³.
- b. Penggunaan sistem pendingin Refrigerant-22 membutuhkan biaya investasi sebesar Rp 196.729.600,00 dan Total biaya keseluruhan jika menggunakan system pendingin refrigerasi sebesar Rp 236.198.012,00. Dari hasil analisis dengan menggunakan metode Net Present Value (NPV) dengan tingkat bunga 15 % pertahun investasi dengan meminjam modal di Bank untuk investasi peralatan teknik refrigerasi dapat dikatakan layak dengan Break Event Point dari investasi akan tercapai pada 2,1 tahun.
- c. Penggunaan sistem pendingin es balok memerlukan biaya operasional 31.662.500,00 dan sistem pendingin refrigerasi yaitu sebesar Rp 39.222.500,00 dalam satu trip. Akan Tetapi Kualitas ikan yang berbeda

mengakibatkan harga ikan pendinginan es balok akan lebih rendah jika di dibandingkan dengan system refrigeran R22 ini berakibat BEP akan lebih cepat terpakai jika menggunakan system refrigeran R22.

Saran

Dengan potensi yang cukup besar dari sektor perikanan, khususnya perikanan tangkap, maka realisasi dari perencanaan sistem pendingin Refrigerasi untuk kapal ikan dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam menentukan sistem pendingin untuk kapal ikan.

Refrigeran monokloro difluoro metana yang memiliki tekanan kritis :49.12 kg/cm².abs dan temperatur kritis 96 °C. Sebagai refrigeran alternatif, CHCLF₂ telah mendapat perhatian dunia refrigeran ini telah banyak digunakan untuk menggantikan R-12 dikarenakan biaya kompresornya yang lebih murah, selain itu refrigerant ini tidak mudah terbakar dan beracun. Oleh karena itu perlu diadakan penelitian tentang Studi komparatif system pendingin menggunakan refrigerant-12 dengan system pendingin menggunakan refrigerant - 2

DAFTAR PUSTAKA

- Dossat, R.J. 2002. *Principles of Refrigeration*. New York: Prentice Hall.
- Gunther, Raymond C. 1998. *Refrigeration, AirConditioning, and Cold Storage*. Philadelphia: Chilton Company.
- Illyas, S. 1983. *Teknologi Refrigerasi Hasil Perikanan*. Jakarta: CV. Paripurna.

- Kodoatie. 2002. *Analisis Ekonomi Teknik*.
Yogyakarta:Penerbit Andi Yogyakarta.
- Pita, Edward G. 1965. *Air Conditioning Principles
and
Systems*. Pearson Education Asia.
- Pujawan. 1995. *Ekonomi Teknik*. Jakarta: Guna
Widya.
- Stoecker, W.F. 1994. *Refrigerasi dan Pengkondisian
Udara*.Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Sumanto.1985. *Dasar-Dasar Mesin Pendingin*.
Yogyakarta:Penerbit Andi
- Holman,J.P.1994. *Perpindahan Kalor*. Erlangga,
Jakarta :Indonesia
- Reynold, J william. 1996. *Termodinamika Teknik*.
Erlangga,Jakarta : Indonesia