

RANCANG BANGUN SISTEM *REFRIGERATED SEA WATER* (RSW) UNTUK KAPAL NELAYAN TRADISIONAL

Untung Budiarto*, Kiryanto*, Heru Firmansyah*

*Program Studi S1 Teknik Perkapalan Fakultas Teknik UNDIP

Abstract

Cooling system has been used in the ship, both in commercial or fishing vessel. But it's contradicts with the traditional fisherman ship of Cukrik type that do not have the particular cooling system to handle the decreasing quality of their catch. The Refrigerated Sea Water (RSW) is used to handle this problem.

This research including the step of calculating the power of cooling system that important to determine the component of RSW like a compressor, condensor and evaporator. Than the series of these component are tested in the laboratorium.

From this design of cooling system can be obtained the prototype of RSW twchich it simple to the tradisional fisherman ship of Cukrik type with hold capacity 0,095 m³. when it tested by it temperature the fish hold without water needed 1 hour to reach 0 °C, than fish hold with sea water needed 7 hour to reach 5 °C. Before applied in a traditional fishing ship so the stability analysis is done by using the software, based on the analysis of the changes in vessel stability is obtained after the RSW system at the point of GZ reduced by 0,012 m, while at this point GM reduced by 0,016 m.

Keywords: Cooling System, The Refrigerated Sea Water (RSW), Traditional Fishing Ship

I. PENDAHULUAN

Dalam perdagangan ikan, penurunan kualitas hasil tangkapan dari mulai ikan terjaring di laut lepas mencapai 50% (istilahnya *be-es*). Kondisi ini mengakibatkan harga ikan yang diterima nelayan menurun dengan perbandingan ikan segar 40%, ikan buruk 50%, dan antara segar dan buruk 10%. Harga ikan yang menurun akan memberikan dampak ganda (*multiplier effect*), yaitu mempengaruhi tingkat pendapatan para nelayan, sedangkan pendapatan nelayan pada umumnya merupakan satu-satunya sumber untuk menghidupi seluruh anggota keluarga. Kemiskinan nelayan yang menjadi citra masyarakat pesisir agaknya merupakan dampak lanjutan dari gejala di atas.

Pada jenis tertentu ikan kakap dan cumi-cumi merupakan ikan laut yang memiliki kontribusi ekonomi yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan oleh volume ikan di pasaran lebih kecil dibandingkan dengan jumlah calon pembeli. Jenis ikan ini banyak dicari oleh calon pembeli karena citarasa, dan banyak dicari

konsumen perkotaan khususnya untuk restoran, maupun hotel. Bahkan ada juga yang penjualannya dieksport ke berbagai negara.

Harga ikan segar berbeda dengan ikan buruk, perbedaan penghargaan (apresiasi) ini karena ikan segar : rasa dan bau alami, nilai gizi utuh, tampilan menarik, dan dapat disimpan lebih lama. Perbedaan harga ini memotivasi nelayan untuk mengupayakan agar kesegaran ikan dapat dipertahankan. Penanganan hasil tangkap secara konvensional yaitu dengan menggunakan es balok (es batu) tidak menunjukkan upaya yang optimal, sehingga harus ada upaya perbaikan melalui teknologi seperti sistem pendingin menggunakan air laut.

Sistem *Refrigerated Sea Water* (RSW) adalah sebuah teknologi penanganan hasil tangkap yang dirancang khusus, dipasang sebagai tempat menampung ikan/*palka* kapal dilengkapi dengan seperangkat mesin sehingga ikan hasil tangkapan khususnya jenis ikan tertentu yang mempunyai nilai ekonomis dapat dipertahankan kualitasnya. Namun alat ini hanya

biasa dijumpai pada kapal ikan dengan ukuran besar, sedangkan untuk kapal nelayan tradisional belum menggunakannya.

Sebagai suatu teknologi yang relatif terbaru, kehadiran teknologi ini merupakan sesuatu yang sangat dinantikan bagi nelayan (adopter). Teknologi baru di bidang penanganan hasil tangkap ini untuk mengadopsinya memerlukan kepastian mengenai kemudahan mendapatkan alat, kemudahan mengoperasikan alat, keunggulan alat. Bagaimanapun canggihnya alat atau keunggulan alat yang ditawarkan jika sulit untuk mendapatkan maupun sulit mengoperasikannya, akan mempengaruhi terhadap tingkat adopsi. Idealnya adalah alat tersebut mudah didapat, dan mudah dioperasikan, sehingga menimbulkan kepastian bagi calon adopter. Maka dari itu sistem RSW dengan perancangan yang cukup sederhana ini diharapkan dapat memberikan keuntungan yang lebih untuk mengatasi masalah-masalah yang terjadi pada nelayan kecil.

Tujuan Penelitian

Bermula dari latar belakang di atas, penelitian ini memiliki beberapa tujuan :

1. Menghasilkan desain / prototipe sistem RSW yang tepat guna dan sederhana serta aplikatif untuk kapal nelayan tradisional.
2. Mengetahui kinerja sistem RSW pada uji laboratorium.
3. Menganalisa stabilitas kapal setelah adanya sistem RSW.
4. Mengetahui nilai ekonomi pembuatan sistem RSW.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Sistem *Refrigerated Sea Water* (RSW) adalah merupakan suatu system pendingin dengan memanfaatkan air laut untuk menyediakan air laut dingin dengan menggunakan sebuah mesin *mechanical refrigeration*

Sistem RSW ini mempunyai beberapa keuntungan diantaranya adalah:

- a. Dapat memperpanjang tingkat kesegaran ikan / waktu penyimpanan lebih lama
- b. Menghindari adanya kerusakan fisik karena ikan tidak mendapat tekanan dari ikan yang ada di atasnya atau dari es sebagaimana menggunakan es

- c. Penurunan suhu akan berlangsung cepat karena seluruh ikan kontak dengan pendingin / proses pendinginan cepat
- d. Prosedur penanganan ikan lebih mudah dan cepat, baik dalam pengisian/ pembongkaran sehingga akan menghemat waktu dan tenaga kerja
- e. Mutu ikan yang dihasilkan lebih bagus fisiknya

Komponen Sistem RSW

Dalam sistem RSW selain terdapat komponen-komponen pokok juga terdapat beberapa komponen-komponen pendukung lainnya. Komponen tersebut berfungsi untuk menyempurnakan kerja dari sistem RSW.

- a. Evaporator
- b. Kompresor
- c. Kondensor
- d. Tangki *Receiver*
- e. Filter Kering
- f. Kaca Pelihat (*Sight Glass*)
- g. Katub Ekspansi
- h. Katub Penyumbat

Prinsip Kerja Sistem RSW

Dalam sistem RSW ini dipakai refrigerant. Refrigeran ini ditampung dalam suatu receiver yang kemudian dialirkan ke evaporator melalui katup ekspansi yang berfungsi untuk mengubah refrigerant cair tekanan tinggi menjadi refrigerant cair bertekanan rendah dengan menginjeksikan melalui lubang kecil. Lalu setelah itu refrigerant cair tersebut masuk ke dalam evaporator dan mengambil panas dari air asin, air atau udara sehingga refrigerant cair berubah menjadi bentuk gas. Setelah itu refrigerant yang telah berubah dalam bentuk gas bertemperatur dan bertekanan rendah dan mengkompresikannya sehingga menjadi refrigerant gas bertemperatur dan bertekanan tinggi yang kemudian masuk ke kondensor untuk kemudian refrigerant gas diubah menjadi refrigerant cair, dengan air atau udara. Refrigeran gas yang telah diubah menjadi refrigerant cair tersebut lalu dialirkan ke receiver kemudian disirkulasikan kembali ke evaporator melalui katup ekspansi.

Operasional Sistem RSW

Air laut yang didinginkan di dalam sistem RSW ini dimasukkan ke dalam ruang palkah apabila suhu yang dikehendaki telah terpenuhi. Air laut yang digunakan harus bersih yang tidak tercemar oleh bahan-bahan beracun yang dapat menyebabkan toksisitas pada manusia. Air laut didinginkan terlebih dahulu pada suatu palka yang digunakan secara khusus untuk mendinginkan dan menampung air laut yang didinginkan tersebut dengan sistem RSW sampai suhu terpenuhi sebelum ikan dimasukkan ke dalam palkah. Apabila air telah dingin maka air tersebut dimasukkan ke dalam palkah yang lain dengan mengisinya $\frac{1}{4}$ bagian ke dalam palkah. Ikan yang sudah ditangkap kemudian dimasukkan ke dalam palkah dengan perbandingan air laut dengan ikan adalah 4 : 1.

Dalam proses ini, apabila air laut yang bercampur dengan ikan menjadi kotor, maka air laut dalam palkah tersebut bisa dibuang dan diganti secara bertahap dengan air laut yang baru. Begitu seterusnya agar dapat mempertahankan kualitas air yang berdampak pada kesegaran ikan itu sendiri.

Temperatur air laut untuk mendinginkan ikan memiliki kriteria tersendiri, mulai dari 5°C yang hanya cukup untuk mengawetkan ikan selama 4 hari, dan jika sampai -1°C maka daya awet ikan dapat diperpanjang menjadi 15 bahkan 20 hari.

Dasar Perhitungan Desain Pendingin

Cara untuk menentukan kapasitas atau ukuran dari komponen pendinginan tergantung pada pada panas beban pendinginan ruang palkah dan persyaratan produk akhir suhu, sehingga beban total ruang pendingin didasarkan sebagai berikut : [8]

1. Beban pendingin di ruang pendinginan

Beban pendinginan dihasilkan dari panas produk ikan yang perlu pendinginan dari suhu awal ke suhu akhir dalam waktu tertentu.

$$Q_f = \frac{M_f}{H_f} \times C_1 [(t_1 - t_f) + e + C_2 \times (t_f - t_3)]$$

Dimana :

M_f = Kapasitas pendinginan (kg)

H_f = Waktu pendinginan (h)

C_1 = Panas jenis produk sebelum pendinginan ($\text{kcal/kg}^{\circ}\text{C}$)

C_2 = Panas jenis produk setelah pendinginan ($\text{kcal/kg}^{\circ}\text{C}$)

t_f = Titik beku dari produk ($^{\circ}\text{C}$)

t_1 = Temperatur awal dari produk ($^{\circ}\text{C}$)

t_3 = Temperatur akhir ikan ($^{\circ}\text{C}$)

e = Panas laten pendinginan produk ($\text{kcal/kg}^{\circ}\text{C}$)

2. Panas dari perubahan udara

Panas dari perubahan udara terjadi karena suhu dalam palkah ikan meningkat ketika pintu dibuka yang menyebabkan perubahan temperatur udara luar masuk ke dalam palkah ikan.

$$Q_a = \frac{N_r \times V_r (I_o - I_r)}{V_o} \text{ kcal/h}$$

Dimana :

N_r = Banyaknya membuka pintu (time/h)

V_r = Volume ruang pendinginan (m^3)

I_o = Entalpi udara luar (kcal/kg)

I_r = Entalpi udara dalam ruang pendinginan (kcal/kg)

V_o = Volume spesifik udara luar (m^3/kg)

3. Aliran panas yang masuk dari dinding

$$Q_w = A \times C \times \Delta T$$

Dimana :

A = Luas permukaan dinding (m^2)

C = Aliran panas yang masuk ke dinding ($\text{kcal/m}^2\text{h}^{\circ}\text{C}$)

ΔT = Perbedaan temperatur dari temperatur awal sampai akhir ($^{\circ}\text{C}$)

4. Panas total untuk ruang pendinginan

$$Q_T = Q_f + Q_a + Q_w$$

Dimana :

Q_f = Beban pendinginan di ruang pendinginan

Q_a = Panas dari perubahan udara

Q_w = Aliran panas yang masuk dari dinding

5. Kapasitas kompresor = Panas total ruang pendinginan

6. Beban panas kondensasi

Beban panas kondensasi adalah jumlah panas yang hilang oleh kondensator sama dengan jumlah panas yang diserap dari evaporator dan panas kerja kompresi. Beban panas kondensasi digunakan untuk memperkecil teknik kondensasi dan itu diatur untuk daerah kondensator.

$$Q_2 = Q \times R$$

Dimana :

Q = Panas total ruang pendinginan (kcal/h)

R = Besaran tetap (1,4 – 1,5)

7. Luas permukaan pendingin kondensor

$$F = \frac{Q_2}{K \times \Delta T}$$

Dimana :

F = Luas permukaan pendinginan kondensor (m²)

Q₂ = Beban panas penguapan (kcal/h)

K = Koefisien perpindahan panas keseluruhan 450 kcal/m²h⁰C

ΔT = Kisaran perbedaan temperatur pada kondensor ≅ ± 10⁰C

8. Luas permukaan evaporator

$$A = \frac{Q_T}{K \times \Delta T}$$

Dimana :

A = Permukaan keseluruhan dari evaporator (m²)

Q_T = Beban panas yang diambil oleh evaporator (kcal/h)

K = Koefisien perpindahan panas 200 kcal/m²h⁰C

ΔT = Kisaran perbedaan temperatur pada ruang pendinginan ≅ ± 8⁰C

Aliran panas yang masuk ke dinding ≅ 0,7 kcal/m²h⁰C

Volume spesifik dari udara luar ≅ 0,894 – 0,908 m³/kg

Stabilitas Kapal

Stabilitas kapal adalah kemampuan kapal untuk kembali ke posisi semula (normal) dari posisi miring (*heeling*) setelah mendapat gaya-gaya eksternal pada kapal tersebut sebagai akibat dari perubahan distribusi muatan di atas kapal dan kondisi eksternal (gelombang, angin.)

Menurut Buku Teori Bangunan Kapal II Stabilitas kapal dibedakan atas:

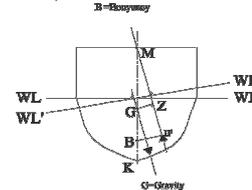
1. Stabilitas Awal (*Initial Stability*) yakni stabilitas kapal pada kondisi statis (diam / kapal tidak bergerak).
2. Stabilitas Dinamis (*Dynamic Stability*) yakni stabilitas kapal pada kondisi operasional atau bergerak (dinamis).

Stabilitas awal terjadi pada sudut oleng antara 10°-15°. Stabilitas ini ditentukan oleh 3 buah titik yaitu titik berat (*center of gravity*), titik apung (*center of bouyancy*), dan titik metasentra. Adapun pengertian dari masing-masing titik tersebut adalah :

1. Titik berat (G) menunjukkan letak titik berat kapal, merupakan titik tangkap dari sebuah titik pusat dari sebuah gaya berat yang menekan ke bawah. Besarnya nilai KG adalah nilai tinggi titik metasentra (KM) diatas lunas dikurangi tinggi metasentra (MG).
2. Titik apung (B) menunjukkan letak titik apung kapal merupakan titik tangkap dari resultan gaya-gaya yang menekan tegak ke atas dari bagian kapal yang tercelup.
3. Titik metasentra (M) merupakan sebuah titik semu dari batas dimana G tidak boleh melewati di atasnya agar kapal selalu mempunyai stabilitas yang positif (stabil).

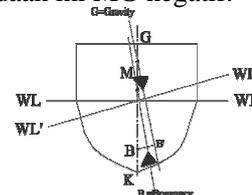
Dilihat dari Kedudukan letak titik berat Kapal G terhadap titik Metacentra M, maka kita mengenal tiga kemungkinan keseimbangan kapal yaitu :

1. Keseimbangan mantap (*stabilitas positif*), apabila kedudukan metasentra (M) lebih tinggi dari pada kedudukan titik berat (G). Maka kapal berada pada keseimbangan mantap (stabil). Pada keadaan ini MG positif.



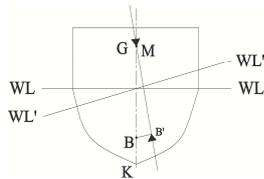
Gambar 2.1. Kapal dengan keseimbangan mantap

2. Keseimbangan labil (*stabilitas negatif*), apabila kedudukan metasentra (M) lebih rendah dari pada kedudukan titik berat (G). Maka kapal berada pada keseimbangan labil. Pada keadaan ini MG negatif.



Gambar 2.2. Kapal dengan keseimbangan Goyah

3. Keseimbangan Sembarang (*indifferent*), apabila kedudukan titik berat (G) berimpit dengan kedudukan metasentra (M). Maka kapal berada pada keseimbangan Sembarang. Pada keadaan ini MG = 0.



Gambar 2.3. Kapal dengan keseimbangan Sembarang

Menurut sumbu dasarnya dikenal 2 macam stabilitas yaitu :

1. Stabilitas Memanjang, terjadi karena adanya gaya dari luar yang arahnya tegak lurus terhadap sumbu memanjang kapal. Stabilitas memanjang pada kenyataannya bisa dipastikan dapat dipenuhi oleh kapal apabila didalam pembangunannya memenuhi persyaratan konstruksi sesuai biro klasifikasi yang ditetapkan.
2. Stabilitas Melintang, terjadi pada sudut miring melintang. Misalnya pada saat kapal oleng. Stabilitas ini didasari oleh perbedaan kedudukan antara titik M dengan titik G. Adapun letak M terhadap G terdapat tiga kemungkinan yaitu :

a) M diatas G

Dalam keadaan ini, maka kondisi kapal dinyatakan stabil. Sebab gaya apung keatas dan gaya berat kapal merupakan koppel yang menyebabkan kapal tersebut akan kembali berdiri tegak lagi. Maka stabilitasnya adalah positif.

b) M pada G

Kondisi seperti ini dinyatakan indifferen. Sebab gaya apung keatas dan gaya berat kapal tidak membentuk momen koppel karena terletak berhimpitan (momen koppel = 0), dengan demikian benda tadi dalam segala kedudukan adalah seimbang sehingga stabilitasnya = 0.

c) M dibawah G

Kondisi seperti ini adalah labil. Sebab gaya koppel yang dibentuk oleh gaya apung keatas dan berat kapal akan memperbesar sudut

Analisa Ekonomis Proyek

(Kadariah, 1978) Proyek adalah suatu keseluruhan aktivitas yang menggunakan sumber – sumber untuk mendapatkan keuntungan (benefit), atau suatu aktivitas dimana dikeluarkan uang dengan harapan untuk

mendapatkan hasil (*returns*) di waktu yang akan datang, dan yang dapat direncanakan, dan dibiayai dan dilaksanakan sebagai satu unit. Tujuan dari analisa proyek adalah untuk memperbaiki pemilihan investasi. Karena sumber yang tersedia untuk proyek bersifat terbatas, maka perlu sekali untuk diadakan pemilihan antara berbagai macam proyek.

Dalam rangka mencari satu ukuran menyeluruh tentang baik tidaknya suatu proyek telah dikembangkan berbagai macam indeks. Indeks – indeks tersebut dinamakan “*investment criteria*”. setiap kriteria memiliki kelebihan dan kekurangan. Kadang kala kriteria tersebut juga tidak dapat diterima dalam segi teoritis. Si penilai proyek harus memutuskan kriteria manakah yang paling tepat dalam setiap keadaan.

Berikut ini adalah kelima investment criteria yang paling terkenal :

1. *Net present value* dari arus benefit dan biaya (NPV)
2. *Internal rate of return* (IRR)
3. *Net benefit cost ratio* (Net B/C)
4. *Gross benefit cost ratio* (Gross B/C)
5. *Profitability ratio* (PV’/K)

Pada penelitian ini analisa ekonomis akan mencakup NPV, IRR, dan *Break Event Point* (BEP).

1. *Net present value* (NPV)

Net present value digunakan untuk menilai manfaat investasi, yaitu berapa nilai kini dari manfaat bersih proyek yang dinyatakan dalam rupiah. Proyek dinyatakan layak untuk dilanjutkan apabila $NPV > 0$, dan bila $NPV < 0$ maka investasi dinyatakan tidak menguntungkan yang berarti bahwa proyek tersebut tidak layak untuk dilaksanakan. Sedangkan bila nilai $NPV = 0$ berarti pada proyek tersebut hanya kembali modal atau tidak untung dan juga tidak rugi. Rumus yang digunakan yaitu:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + i)^n}$$

Keterangan :

- B_t merupakan keuntungan sosial kotor untuk proyek pada tahun t;
 C_t merupakan biaya sosial kotor untuk proyek pada tahun t, tidak dilihat apakah apakah biaya tersebut dianggap bersifat modal

(pembelian peralatan, tanah, konstruksi, dsb) atau biaya rutin;

n adalah umur ekonomis dari proyek;
i merupakan *Social Opportunity Cost of Capital*, yang ditunjuk sebagai *Social Discount Rate*

2. **Internal Rate of Return (IRR)**

Internal rate of return merupakan suku bunga maksimal sehingga NPV bernilai sama dengan nol berada dalam batas untung rugi. IRR dapat disebut sebagai nilai discount rate (i) yang membuat NPV dari suatu proyek sama dengan nol. Oleh sebab itulah IRR juga dianggap sebagai tingkat keuntungan bersih atas investasi, dimana benefit bersih yang positif ditanam kembali pada tahun berikutnya dan mendapatkan tingkat keuntungan yang sama dan diberi bunga selama sisa umur proyek (Kurniawati, 2005). Adapun rumus IRR yaitu:

$$IRR = i' + \frac{NPV'}{NPV' - NPV''} (i'' - i')$$

NPV' = nilai NPV yang masih positif

NPV'' = nilai NPV yang sudah negatif

i' = *discount rate* dimana NVP masih positif

i'' = *discount rate* dimana NVP sudah negatif

3. **Break Even Point (BEP)**

Menurut Riyanto (1991) vide Arifin (2008) *Break Even Point* dapat dihitung dapat dihitung dengan formula sebagai berikut :

$$BEP = \frac{\text{Biaya tetap} \times \text{Produksi}}{\text{Keuntungan} - \text{Biaya Variabel}}$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

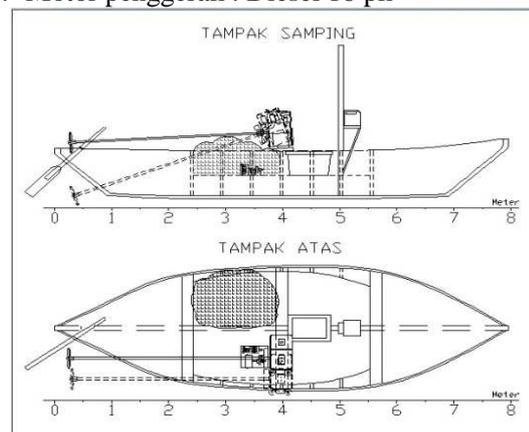
1. Studi literatur dilakukan untuk mempelajari teori-teori dan data penunjang dalam analisa data.
2. Studi lapangan dilakukan dengan beberapa metode pengukuran langsung dan wawancara. Pengukuran langsung dilakukan terhadap kapal untuk mengetahui ukuran utama. Metode wawancara dilakukan untuk mendapatkan data penunjang perhitungan.
3. Pembuatan sistem RSW dilakukan untuk menghasilkan prototipe.
4. Pengujian laboratorium dilakukan untuk mengetahui berfungsinya semua unit mesin pendingin (RSW), dan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan temperatur minimum.
5. Data hasil pengujian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

6. Analisa stabilitas kapal untuk mengetahui perubahan stabilitas kapal setelah adanya sistem RSW.
7. Analisa ekonomis dilakukan untuk mengetahui kelayakan pembuatan sistem RSW melalui pertimbangan biaya pembuatan kapal dan peralatan lainnya, serta pendapatan nelayan kecil pertahun.

IV. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Data kapal nelayan tradisional yang didapatkan dari hasil pengukuran :

- a. Jenis kapal : Cukrik / Sro'ol
- b. Ukuran p x l x h (m) : 7,9 x 2,36 x 0,87
- c. Bahan utama : Kayu Jati
- d. Alat tangkap : *Tramel Net* / Dogol
- e. Motor penggerak : Diesel 16 pk



Gambar 4.1. Rencana Umum

Refrigerated Sea Water

Sistem RSW yang akan digunakan pada kapal nelayan tradisional sebagai ruang muat / palka ikan dengan kapasitas 0,095 m³ untuk 30 kg hasil tangkapan. Jumlah beban tangkapan 30 kg untuk setiap pengoperasian selama 6 jam, sedangkan temperatur pendinginan didesain dapat mencapai -10 °C.

Untuk menghitung beban panas di ruang pendinginan ini dilakukan pada setiap beban panas yang berpengaruh terhadap box tempat muatan ikan,

1. Beban panas muatan di dalam box
409,5406 kcal
2. Perbedaan temperatur udara di dalam dan di luar box 1,0893 kcal

3. Aliran panas yang masuk dari dinding 47,88 kcal

Jadi beban panas total ruang pembekuan 458,51 kcal

Memilih dan Menentukan Komponen Sistem RSW

1. Kompresor

Kompresor yang digunakan adalah jenis *auto mobile compressor*, karena kompresor ini digerakkan dengan main engine (diesel). Kebutuhan daya kompresor disesuaikan dengan besarnya beban pendinginan secara keseluruhan, yaitu 458,51 kcal = 0,75 hp.

Kriteria kompresor yang digunakan :

- Tipe Nippondenso 6P1270
- Puli dengan diameter 6 cm
- Kecepatan standart kompresor 3000 RPM

2. Evaporator

Luas permukaan pipa evaporator 0,2866 m². Jika menggunakan pipa ukuran 3/8", maka dibutuhkan pipa *stainless steel* dengan panjang 958,42 cm.

3. Kondensator

Untuk menentukan kondensator, perlu dihitung banyaknya beban panas yang harus dikondensasi. Luas pipa yang dibutuhkan untuk proses kondensasi yaitu 0,1528 m². Jika menggunakan pipa ukuran 3/8" maka dibutuhkan pipa dengan panjang 511,16 cm.

4. Tangki Pengering

Pada perancangan sistem RSW ini menggunakan *receiver drier* yang berfungsi untuk menampung refrigerant cair. Receiver drier dilengkapi dengan *dessicant*, *sight glass* dan *fusible plug*.

5. Penyaring

Filter ini sangat penting untuk menyaring refrigerant yang bercampur dengan minyak atau kotor yang dapat menyebabkan kerusakan pada komponen-komponen sistem pendingin ini.

6. Katup Ekspansi

Katup ekspansi pada sistem RSW ini menggunakan jenis pipa kapiler. Dalam

perancangan ini digunakan pipa kapiler dengan panjang 5 meter.

7. Katup Penutup

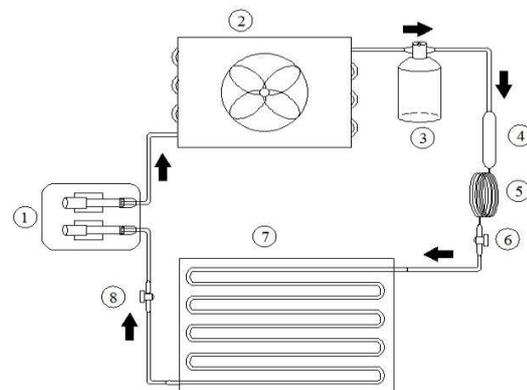
Pada sistem RSW ini dibutuhkan 2 katup penutup. Katup ini untuk menghubungkan mesin pendingin dengan palka yang dilengkapi evaporator.

8. Kebutuhan Refrigerant

Penentuan jenis refrigerant ini menggunakan refrigerant tipe R-12.

9. Komponen Pelengkap

- *Double Neple Joint*
- Plat besi
- Selang regulator
- Pipa Penghubung
- Mur dan baut
- Selotip



Gambar 4.2. Diagram sistem perpipaan RSW hasil perancangan

Keterangan Gambar :

1. Kompresor
2. Kondensator
3. Receiver Drier
4. Filter
5. Katup Ekspansi
6. Stop Valve
7. Evaporator
8. Stop Valve

Metode pengoperasian Sistem RSW

1. Vakum Udara

Ada dua cara mengvakumkan sistem pendingin RSW, yaitu langsung pada kompresor dan dengan menggunakan pompa vakum. Untuk menghasilkan vakum yang sempurna menggunakan pompa vakum. [2]

2. Pengisian Refrigerant

Pengisian ini biasa dilakukan dengan 2 cara yaitu : [2]

- Memakai timbangan yaitu berapa banyak bahan pendingin yang harus diisikan ke dalam unit.
- Memakai patokan *frost line*, artinya dengan melihat keadaan evaporator mulai dari bagian *inlet* sampai dengan bagian *outlet* harus seluruhnya terbungkus dengan *frost*.

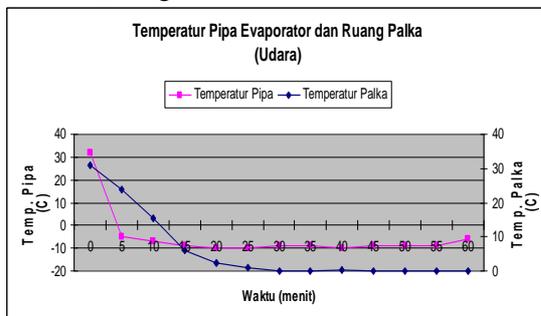
Penghentian pengisian dapat dilakukan dengan menutup klep pada botol refrigerant, atau dengan menutup *valve* pengisian pada bagian *suction*.

Dengan demikian maka sistem pendingin RSW tersebut telah selesai diisi, sehingga dapat dioperasikan.

Pengujian Sistem RSW

1. Pengujian Temperatur Palka Tanpa Air

Pengujian ini dilakukan di Laboratorium Balai Besar Pengembangan dan Penangkapan Ikan (BBPPI) Semarang pada hari Kamis tanggal 7 Februari 2013 pukul 9.24 dengan temperatur ruangan 32 °C. Proses pengujian dimulai dengan *setting* putaran mesin diesel pada 1000 RPM, untuk pengisian refrigerant sebesar 0,32 kg.

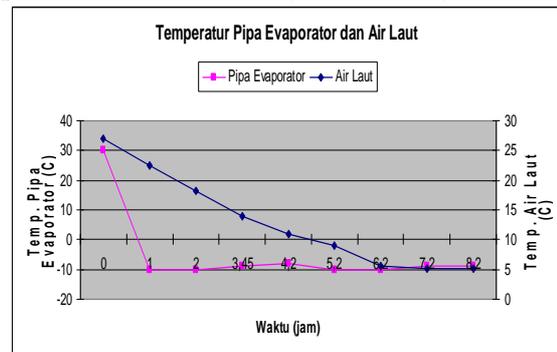


Gambar 4.3. Grafik temperatur pipa evaporator dan palka (udara)

Pada pengoperasian mesin sistem RSW, temperatur pipa evaporator akan menurun drastis pada 5 menit awal dan selanjutnya akan stabil pada menit ke 30, yaitu pada temperatur 9 °C s/d. 10 °C. Sedangkan untuk ruangan palka tanpa air, temperaturnya menurun lebih lama, membutuhkan waktu sekitar 30 menit untuk mencapai 0 °C, selebihnya stabil pada temperatur 0,1 °C s/d. 0 °C. Sedangkan untuk tekanan tinggi dapat mencapai -9 bar dan tekanan rendah -0,25 bar.

2. Pengujian Temperatur Palka Berisi Air Laut

Pengujian ini dilakukan pada hari Jumat tanggal 8 Februari 2013 pukul 8.50 dengan temperatur ruangan 32 °C. Proses pengujian dimulai dengan *setting* putaran mesin diesel pada 1000 RPM, isi refrigerant 0,41 kg.



Gambar 4.4. Grafik temperatur pipa evaporator dan palka berisi air laut

Pada awal pengujian temperatur pipa evaporator (30 °C) berbeda dengan temperatur air laut (27 °C). Pada pipa evaporator pada 1 jam pertama hampir sama dengan pengujian sebelumnya, mengalami penurunan sampai -10 °C dan selanjutnya stabil. Sedangkan untuk air laut penurunan temperaturnya relatif lama, memerlukan 7 jam untuk menghasilkan temperatur 5 °C dan untuk 1 jam kemudian temperatur tetap. Sedangkan untuk tekanan tinggi dapat mencapai -10 bar dan tekanan rendah -0,2 bar.

Analisa Teknis

Dari hasil pengujian dengan menggunakan air laut, dapat diketahui presentase keberhasilan pembuatan sistem RSW dari perbandingan temperatur akhir perancangan dengan temperatur akhir hasil pengujian.

- Tr_0 = temperatur awal perencanaan : 30 °C
- Tr_i = temperatur akhir perencanaan : -10 °C
- Tu_0 = temperatur awal pengujian : 30 °C
- Tu_i = temperatur akhir pengujian : 5 °C

$$\begin{aligned} \text{Presentase} &= \frac{Tr_0 - Tr_i}{Tu_0 - Tu_i} = 100\% \\ &= \frac{30 - (-10)}{30 - 5} = 100\% \\ &= 62,5\% \end{aligned}$$

Jadi nilai presentase dari pembuatan sistem RSW 62,5% dari 100%.

Selain nilai presentase, juga dapat dilihat koefisien prestasi dari pembuatan sistem RSW tersebut. Dari hasil pengujian didapatkan :

- Temperatur awal (kondensor) : 36 °C
- Temperatur akhir (evaporator) : -10 °C
- Refrigerant tipe R – 12

Untuk menentukan koefisien prestasi (COP), menggunakan tabel penunjang yang mengacu pada refrigerant 12, yaitu tabel A – 5 tentang sifat-sifat cairan dan uap jenuh, dan diagram A – 3 tentang tekanan entalpi panas lanjut refrigerant 12.

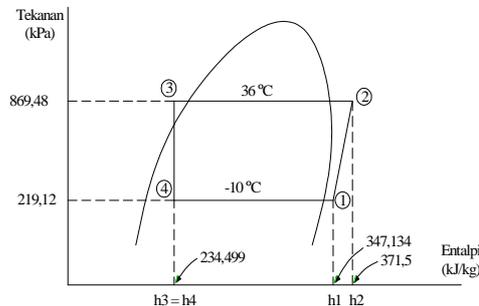
$$h_1 = 347,134 \text{ kJ/kg (tabel A – 5)}$$

$$h_3 = h_4 = 234,499 \text{ kJ/kg (tabel A – 5)}$$

$$h_2 = 371,5 \text{ kJ/kg}$$

Dari nilai h_1 , h_2 , h_3 , dan h_4 dapat ditentukan koefisien prestasi (COP) dari sistem RSW ini. Koefisien prestasi adalah dampak refrigerasi dibagi dengan kerja kompresi (COP) = 4,5708

Untuk daur kompresi uap dari sistem RSW dapat dilihat pada gambar diagram sebagai berikut :



Gambar 4.5. Diagram Tekanan (P) dan Entalpi (h)

Analisa Stabilitas

Mengingat stabilitas merupakan salah satu hal yang penting dalam sebuah perencanaan dari desain kapal, untuk itu kapal harus mempunyai keseimbangan mantap atau stabilitas yang baik.

Dalam perhitungan stabilitas ini, kapal diasumsikan dengan 2 kondisi yang menggambarkan kondisi operasional kapal yang mungkin terjadi.

- Kondisi 1 : kondisi kapal sebelum adanya sistem pendingin RSW

- Kondisi 2 : kapal tersebut sudah terdapat adanya sistem RSW dan palka/box sudah terpenuhi dengan muatan.

Tabel 4.1. Kondisi Kapal Nelayan Tradisional

Item Name	K.1	K.3
Lightship	1	1
Crew 1	1	1
Crew 2	1	1
Net	1	1
Main Engine	1	1
Propeller	1	1
RSW	0	1
Box (palka)	0	1

Berikut ini adalah tabulasi dari hasil perhitungan stabilitas kapal nelayan tradisional pada kondisi I dan kondisi II :

Tabel 4.2. Hasil Analisa Stabilitas Kapal Nelayan Tradisional Pada Setiap Kondisi

No	Criteria	Required	K. I	K. II
1	Area 0° to 30°	3,15 m.deg	3,4345	3,1957
2	Area 0° to 40°. or Downflooding point	5,16 m.deg	5,8769	5,5299
3	Area 30° to 40°. or Downflooding point	1,719 m.deg	2,4423	2,3342
4	GZ at 30°. or greater	0,2 m	0,249	0,237
5	Angle of GZ max	25 deg	39,1	38,2
6	GM	0,15 m	0,716	0,700

Pada semua kondisi dapat dinyatakan stabil karena menghasilkan nilai lebih dari batas minimal yang ditetapkan.

Analisa Ekonomis

Analisa ekonomis dalam penelitian ini adalah perbandingan biaya untuk menjaga kualitas muatan ikan antara pendinginan yang memakai bahan es balok / es batu dengan pendinginan yang menggunakan sistem RSW.

Es balok

Biaya operasional saat menggunakan es balok dalam waktu 1 tahun Rp 2.160.000 ,-

Sistem RSW

Dalam operasional menggunakan sistem pendingin RSW tidak membutuhkan biaya tambahan terkecuali biaya pembuatan. Biaya

total pembuatan sistem RSW ini Rp. 4.935.000,-

Jadi untuk membuat sistem pendingin RSW ini membutuhkan waktu 2,3 tahun dari biaya yang dibutuhkan operasional menggunakan es balok.

Perhitungan NPV, IRR, dan BEP

Analisa meliputi perhitungan *investment criteria* yang populer seperti *Net Present Value* (NPV), *Internal Return of Investment* (IRR) dan *Break Even Point* (BEP) dalam jangka waktu 10 tahun.

Nominal perlengkapan dan benefit :

Kapal	: Rp. 17.000.000,-
Mesin	: Rp. 4.500.000,-
Sistem RSW	: Rp. 4.935.000,-
Trammel Net	: Rp. 300.000,-
Pemasukan per tahun	: Rp. 31.200.000,-

1. Net Present Value (NPV)

NPV ini untuk mengetahui kelayakan proyek untuk dijalankan, kriteria :

- $NPV > 0$, berarti proyek layak untuk dijalankan
- $NPV < 0$, berarti proyek tidak layak untuk dijalankan
- $NPV = 0$, berarti proyek hanya kembali modal, tidak untung maupun rugi

Dari perhitungan NPV didapatkan nilai 57.718.345,4 yang berarti usaha tersebut layak untuk dijalankan.

2. Internal Return of Investment (IRR)

Suku bunga maksimal sehingga NPV bernilai sama dengan nol berada pada $IRR = 0,5374 \approx 0,53$

3. Break Even Point (BEP)

Proyek ini akan mengalami *Break Even Point* pada tahun ke BEP = $1,8023 \approx 1,8$

Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan beberapa informasi teknis sebagai berikut :

1. Perancangan dan pembuatan sistem *Refrigerated Sea Water* (RSW) didapatkan hasil sebuah prototipe yang sederhana dengan berat mesin pendingin sekitar 25 kg dan kapasitas palka $0,095 \text{ m}^3$.
2. Dari hasil pengujian yang dilakukan di laboratorium, semua unit pada sistem RSW ini dapat berfungsi dengan baik. Pada

proses pengujian sistem pendingin ini, temperatur pipa evaporator dapat mencapai $-10 \text{ }^\circ\text{C}$, sedangkan pada palka yang berisi air laut membutuhkan waktu 7 jam untuk menghasilkan temperatur sampai $5 \text{ }^\circ\text{C}$.

3. Stabilitas kapal nelayan tradisional dengan penambahan sistem RSW masih dalam keadaan baik, dan tidak mengalami banyak perubahan. Untuk nilai GZ berkurang 0,012 m sedangkan untuk nilai GM berkurang 0,016 m.
4. Biaya pembuatan sistem RSW ini sama dengan biaya operasional menggunakan es balok selama 2,3 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

- Asikin, Zaenal. 2005. *Kaji Teknis RSW (Refrigerated Sea Water) untuk Mempertahankan Mutu Ikan di Atas Kapal*. Balai Besar Pengembangan Penangkapan Ikan : Semarang
- Budihardjo. 2010. Rancang Bangun RSW Armada Tuna Skala Kecil di Perairan Barat Sumatera. Balai Besar Pengembangan dan Penangkapan Ikan : Semarang
- Dossat, Roy J. 1997. *Principles of Refrigeration*. London
- D. R. Derrett. 2001. " *Ship Stability for Masters and Mates*". Melbourne New Delhi.
- Ilyas, Sofyan. 1988. *Teknologi Refrigerasi Hasil Perikanan, Jilid I – Teknik Pendinginan Ikan*. Jakarta
- Junianto. 2003. *Teknik Pendinginan Ikan*. Penebar Swadaya. Jakarta
- Noname. 2005. *Refrigeration Fundamental Principles Theory of Refrigeration*. Training Departemen Southeast Asian Fisheries Development Center. Thailand
- Saputra, Anggara Hafid. 2008. *Optimalisasi Refrigerated Sea Water (RSW) untuk Sistem Pendingin Ikan Pada Kapal Ikan KM. Napoleon*. Tugas Akhir ITS Surabaya
- Young, Hugh D & Freedman, Roger A. Penerjemah Endang Juliastuti. 2002. *Fisika Universitas* Edisi ke – 10 Jilid 1. Jakarta: Erlangga