

# ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS PENGGUNAAN SISTEM PENDINGIN *REFRIGERATED SEA WATER (RSW)* PADA KAPAL IKAN TRADISIONAL

Mamat Riyadi<sup>1</sup>, Untung Budiarto<sup>1</sup>, Ari Wibawa Budi Santosa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Indonesia

E-mail : [matriyadii@gmail.com](mailto:matriyadii@gmail.com)

## *Abstract*

Sistem *Refrigerated Sea Water (RSW)* adalah sebuah teknologi penanganan hasil tangkap yang dirancang khusus, dipasang sebagai tempat menampung ikan/palka kapal sehingga ikan hasil tangkapan khususnya jenis ikan tertentu yang mempunyai nilai ekonomis dan dapat dipertahankan kualitasnya, tetapi seberapa besar efektifitas dan efisiensinya merupakan pertanyaan besar yang perlu dijawab dengan pengujian terhadap produk yang ada. Dengan demikian diperlukan penelitian yang mengkaji, baik secara teknis maupun secara ekonomis, penggunaan sistem *refrigerated sea water* sebagai sistem pendingin pada kapal perikanan untuk kalangan nelayan kecil, yang mana pada pengujian ini membandingkan waktu dan suhu sistem pendingin es dengan *rsw* yang akhirnya dapat meningkatkan produktifitas dan tingkat kesejahteraan nelayan itu sendiri. Dari hasil pengujian ini, diperoleh desain dari *RSW* untuk perahu nelayan tradisional dengan kapasitas ruangan 0,908 m<sup>3</sup>. Ketika diuji dengan menggunakan sistem *Refrigerated Sea Water (RSW)* yang berisi udara, membutuhkan waktu sekitar 30 menit untuk mencapai 0°C, sedangkan pendinginan menggunakan Es batu membutuhkan 90 menit untuk mencapai suhu 1°C. Berbeda dengan sistem *RSW* yang berisi air laut membutuhkan waktu 75 menit untuk mencapai suhu 0°C, dan sekitar 6 jam mencapai suhu 0°C menggunakan pendingin es batu. Perubahan stabilitas kapal karena penambahan sistem *RSW*, terjadi perubahan pada titik GM yaitu 0.005 m dan pada GZ yaitu 0,036 m. Biaya pembuatan sistem *RSW* ini sama dengan biaya pendingin ikan menggunakan es balok selama 2,8 tahun.

Kata kunci: Sistem Pendingin , *Refrigerated Sea Water (RSW)*, Kapal Traditional.

## 1. PENDAHULUAN

Hasil penangkapan ikan merupakan salah satu jenis pangan yang perlu mendapat perhatian pada saat sekarang ini. Di satu sisi, Indonesia merupakan negara maritim terbesar di Asia Tenggara sehingga sektor perikanan memegang andil penting dalam perekonomian nasional. Pengelolaan sumber daya perikanan di laut Indonesia memerlukan pengelolaan, perencanaan, dan analisis yang baik agar perikanan Indonesia tetap mendapatkan hasil yang maksimal.

Dalam perdagangan ikan, penurunan kualitas hasil tangkapan dari mulai ikan terjaring di laut lepas mencapai 50%. 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.

Penjualan ikan segar berbeda dengan ikan buruk, masyarakat lebih dominan memilih ikan yang masih segar dan juga harga ikan segar lebih mahal tentunya. 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 sehingga ikan hasil tangkapan khususnya jenis ikan tertentu yang mempunyai nilai ekonomis dan dapat dipertahankan kualitasnya, tetapi seberapa besar efektifitas dan efisiensinya merupakan pertanyaan besar yang perlu dijawab dengan pengujian terhadap produk yang ada. Dengan demikian diperlukan penelitian yang mengkaji, baik secara teknis maupun secara ekonomis, penggunaan sistem refrigerated sea water sebagai sistem pendingin pada kapal perikanan untuk kalangan nelayan kecil yang mana pada akhirnya dapat meningkatkan produktifitas dan tingkat kesejahteraan nelayan itu sendiri.

### Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang di atas maka maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang dan menganalisa teknis sistem RSW pada kapal nelayan kecil.
2. Membandingkan waktu dan suhu sistem pendingin Es dengan RSW pada pengujian.
3. Mengetahui karakteristik stabilitas kapal setelah pemasangan sistem RSW.
4. Mengetahui nilai ekonomi pemasangan sistem RSW.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Refrigerator Sea Water (RSW) adalah sebuah teknologi penanganan hasil tangkap yang dirancang khusus, dipasang sebagai tempat menampung ikan /palka kapal sehingga ikan hasil tangkapan khususnya jenis ikan tertentu yang mempunyai nilai ekonomis antara lain tengiri, tongkol, remang, kakap dan lain-lain dapat dipertahankan kualitasnya. Sistem RSW juga dapat diartikan sebagai suatu system pendingin dengan menggunakan air laut untuk menyediakan air laut dingin dengan menggunakan sebuah mesin *mechanical refrigeration*.

Sistem RSW ini mempunyai beberapa keuntungan diantaranya adalah: [6]

- 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

### 2.1 Kualitas Ikan

Tingkat kesegaran ikan akan sangat mempengaruhi kualitas dari ikan tersebut. Ada banyak hal yang menyebabkan tingkat kesegaran ikan berkurang atau dalam istilah lain dapat dikatakan ikan mengalami pembusukan. Proses kemunduran mutu ikan juga dipengaruhi oleh temperatur. Berikut ini adalah hubungan temperatur dengan kegiatan bakteri serta mutu ikan

N	Suhu ( $^{\circ}\text{C}$ )	Kegiatan Bahteri	Mutu Ikan
0			
1	Suhu Tinggi ❖ 25 -10  ❖ 10 – 2	Luar Biasa Cepat  Pertumbuhan lebih lambat	Cepat menurun daya awet sangat pendek (3-10 jam) Mutu turun lambat, daya awet pendek (2-5 hari)
2	Suhu Rendah ❖ 2 –1  ❖ –1	Pertumbuhan bahteri jauh berkurang  Kegiatan dapat ditekan	Penurunan mutu agak dihambat, daya awet wajar (3- 10 hari) Sebagai ikan basah penurunan minimum, daya awet ikan basah (5-20 hari)
3	Suhu sangat rendah ❖ –2 – 10  ❖ –18 dan lebih rendah	Ditekan, tidak aktif  Ditekan minimum, bakteri tersisa tidak aktif	Penurunan mutu minimum, ikan jadi beku, daya awet panjang (7-30hari) Mutu Ikan beku lebih baik, daya awet sampai setahun

## 2.2 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*

Evaporator pada sistem ini berfungsi untuk menguapkan cairan *refrigerant*. Bentuk dari evaporator ini bermacam – macam tergantung pada penggunaannya. Bentuknya berupa pelat yang biasanya digunakan untuk mendinginkan daging atau ikan, ada juga yang berbentuk pipa bersirip yang biasanya digunakan untuk mendinginkan udara, serta yang berbentuk pipa yang umumnya digunakan untuk mendinginkan cairan atau udara.

### b. *Kompresor*

Kompresor pada sistem RSW ini berfungsi untuk meningkatkan atau menaikkan tingkat energi uap *refrigerant* yang datang dari evaporator sehingga uap dapat dikondensasikan oleh kondensor dengan menggunakan media pendingin udara.

### c. *Kondensor*

Kondensor ini digunakan untuk mengembunkan uap yang berasal dari kompresor dengan cara memberikan fluida dingin (air atau udara). Atau dengan kata lain membuang panas yang telah diambil oleh *refrigerant*, yang terdiri dari :

1. Panas yang diserap *refrigerant* selama menguap di evaporator
2. Panas yang diberikan kompresor pada waktu pemampatan.

### d. Tangki Penampung

Tangki *receiver* berfungsi untuk menampung *refrigerant*. *Refrigerant* yang nantinya digunakan untuk mendinginkan air laut yang akan masuk ke tangki ruang muat.

### e. Penyaring

Filter berfungsi untuk menyaring kotoran-kotoran dari sistem yang terbawa pada saat *refrigerant* bersirkulasi.

### f. Kaca Pelihat (*Sight Glass*)

Kaca penglihat (*sight glass*) ini berfungsi untuk melihat kondisi *refrigerant*. Kondisi ideal pada *sight glass* terlihat bening

mengalir tanpa buih dengan indikator menunjukkan kering.

### g. Katub Ekspansi

Katub ekspansi merupakan suatu penahan tekanan sehingga tekanan cair yang telah melalui katub ekspansi ini menjadi rendah.

## 2.3 Cara 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.

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 sebelum ikan dimasukkan 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  $-1^{\circ}\text{C}$  maka daya awet ikan dapat diperpanjang menjadi 15 bahkan 20 hari.

## 2.4 Stabilitas Kapal

Sebuah kapal mempunyai kemampuan untuk menegak kembali sewaktu kapal oleng yang dikarenakan oleh adanya pengaruh luar yang bekerja pada kapal. Beberapa contoh pengaruh luar yang dimaksud adalah: dari perubahan distribusi muatan di atas kapal dan kondisi eksternal (gelombang, angin dan lain sebagainya). Dari sifat olengnya apakah sebuah kapal mengoleng terlalu lambat, ataukah kapal mengoleng dengan cepat atau bahkan terlalu cepat dengan gerakan yang menyentak-nyentak, atau apakah kapal mengoleng dengan baik. Sebuah kapal yang stabilitasnya terlalu kecil itu untuk keadaan-keadaan tertentu mungkin berakibat fatal, sebab kapal dapat terbalik. Kemungkinan demikian dapat terjadi, oleh karena sewaktu kapal akan menegak kembali pada waktu kapal oleng tidak dapat berlangsung, hal itu dikarenakan misalnya oleh adanya pengaruh luar yang bekerja pada kapal, sehingga kapal itu akan oleng lebih besar lagi. Apabila proses semacam itu terjadi secara terus menerus, maka pada suatu saat tertentu kapal sudah tidak memiliki kemampuan lagi untuk menegak kembali. Jelaslah kiranya bahwa apabila hal itu terjadi, maka sudah dapat dipastikan bahwa kapal akan terbalik

Menurut Buku Teori Bangunan Kapal Stabilitas kapal dibedakan atas:

### 1. Stabilitas Awal (Initial Stability)

Untuk kapal yang mengalami oleng dengan sudut oleng kecil, titik berat kapal tetap karena *displacement*-nya tetap (tidak berubah). Hanya saja bentuk badan kapal yang tercelup didalam air berubah sehingga terjadi pergeseran letak titik *B*. Dengan demikian pada kapal terdapat dua gaya yang sama besar tetapi berlawanan arah. Gaya-gaya tersebut menyebabkan kapal mempunyai momen sebesar  $P$  dikali  $h$ . Momen ini disebut sebagai momen penegak (*righting moment*). Momen pengembali untuk sudut kecil disebut momen stabilitas awal.

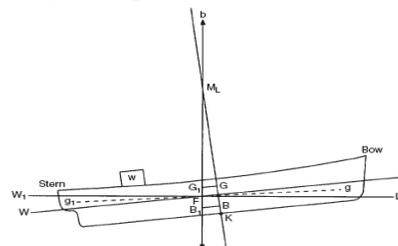
Pada waktu kapal tegak, garis kerja gaya berat dan gaya apung berimpit dan berada pada centre line dan kapal dalam keadaan seimbang

atau diam. Pada waktu kapal oleng, jika tidak ada muatan yang bergeser atau muatan cair, maka titik berat kapal tidak bergeser. Ini berarti ada sepasang gaya sama besar (gaya berat dan gaya apung) yang membentuk kopel yang disebut momen penegak (*righting moment*), karena seharusnya akan mengembalikan kapal ke posisi semula. Saat kapal terapung, kemungkinan ada 3 kondisi yang dapat terjadi yaitu stabil (*stable*), netral (*indifferent*) dan labil (*unstable*).

### 2. Stabilitas Dinamis

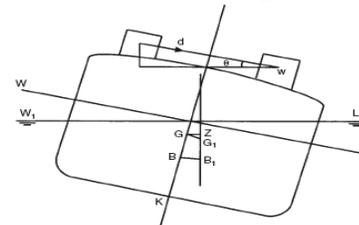
Stabilitas dinamis diartikan sebagai kerja atau usaha yang dibutuhkan untuk mengolengkan kapal. Menurut sumbu dasarnya dikenal 2 macam stabilitas yaitu :

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.



Gambar 1. Stabilitas memanjang

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*.



Gambar 2. Stabilitas Melintang

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 indefferen. 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

**2.5 Analisa Ekonomis Proyek**

Analisis Ekonomi ini dilakukan untuk menentukan suatu proyek apakah layak atau tidak ditinjau dari sisi keuangan. Analisa ini dilakukan setelah komponen-komponen biaya dan manfaat telah dapat diidentifikasi.. Sedangkan tujuan analisa ekonomi itu sendiri adalah untuk membantu mengambil keputusan dalam menentukan pemilihan penanaman investasi di dalam suatu proyek yang tepat, dari berbagai alternatif yang dapat dilaksanakan.

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 :

Bt merupakan keuntungan sosial kotor untuk proyek pada tahun t;

Ct 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 :

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

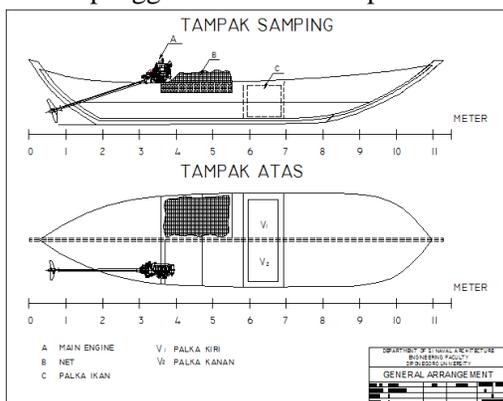
### 3. METODOLOGI PENELITIAN

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.
4. Pengujian di lapangan 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.

### 4. ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Data kapal nelayan tradisional yang didapatkan dari hasil pengukuran :

- a. Ukuran p x l x h (m) : 11,14 x 2,58 x 1,07
- b. Bahan utama : Kayu Jati
- c. Alat tangkap : Gill Net
- d. Motor penggerak : Diesel 36 hp



Gambar 3. Rencana Umum

#### Refrigerated Sea Water

Sistem RSW yang akan digunakan pada kapal nelayan tradisional sebagai palka ikan dengan kapasitas ruangan 0,908 m<sup>3</sup> (908 liter) untuk 200 kg hasil ikan tangkapan. Jumlah

beban ikan tangkapan 200 kg dengan setiap pengoperasian selama 4 jam (meliputi waktu berangkat dari fishing base ke fishing ground 3 jam dan untuk memasang gill net di fishing ground selama 1 jam), sedangkan temperatur pendinginan didesain dapat mencapai -1,5 °C untuk mendinginkan air laut sebanyak 277 liter.

Untuk menghitung beban panas di ruang pendinginan ini dilakukan pada setiap beban panas yang berpengaruh terhadap palka tempat muatan ikan, yaitu beban pendinginan di dalam palka, panas dari perubahan udara, dan aliran panas yang masuk dari dinding,

#### 1. Beban pendinginan di dalam palka

Beban panas muatan di dalam palka dapat dihitung dengan menggunakan persamaan.

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

$$= \frac{200}{4} \times 0,85 [(30 - (-1,87) + 61 + (0,47 \times (-1,25 - (-1,5)))]$$

$$= 3951,968 \text{ kcal}$$

Dimana :

M<sub>f</sub> = Kapasitas pendinginan (kg)

H<sub>f</sub> = Waktu pendinginan (h)

C<sub>1</sub> = Panas jenis produk sebelum pendinginan (kcal/kg<sup>0</sup>C)

C<sub>2</sub> = Panas jenis produk setelah pendinginan (kcal/kg<sup>0</sup>C)

t<sub>f</sub> = Titik beku dari produk (°C)

t<sub>1</sub> = Temperatur awal dari produk (°C)

t<sub>3</sub> = Temperatur akhir ikan (°C)

e = Panas laten pendinginan produk (kcal/kg<sup>0</sup>C)

#### 2. Perbedaan temperatur udara di dalam dan di luar box 1,0893 kcal

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.

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

$$= \frac{2 \times 0,908 (20,6 - (-7,1))}{0,89} \text{ kcal/h}$$

$$= \frac{50,3032}{24} \text{ kcal} = 2,095 \text{ kcal}$$

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 47,88 kcal

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

Untuk :

$$\begin{aligned} A &= 2 [(p \times l) + (p \times t) + (l \times t)] \\ &= 2 [(2,5m \times 0,55m) + (2,5m \times 0,65m) + (0,55m \times 0,65m)] \\ &= 6,765 m^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_w &= 6,765 \times 0,7 \times 35,5 \\ &= 168,1102 \text{ kcal} \end{aligned}$$

Dimana :

A = Luas permukaan dinding ( $m^2$ )

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

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

4. Panas total untuk pendinginan

$$\begin{aligned} Q_T &= Q_f + Q_a + Q_w \\ &= 3951,967 + 2,095 + 168,110 \\ &= 4122,172 \text{ kcal} \end{aligned}$$

Jadi beban panas total ruang pembekuan adalah 4122,172 kcal

### Memilih dan Menentukan Komponen Sistem RSW

1. Kompresor

Kompresor ini komponen utama dalam sistem ini, karena semua komponen sistem RSW dapat berfungsi dengan adanya kerja kompresor. Kompresor digunakan untuk mengalirkan dan menghisap refrigerant terhadap seluruh komponen sistem pendingin. Maka dari itu kebutuhan daya kompresor disesuaikan dengan besarnya

beban pendinginan secara keseluruhan. Dalam perancangan sistem RSW ini, menggunakan *auto mobile compressor* yang digerakkan dengan *main engine* atau diesel.

Kriteria kompresor yang digunakan :

- Tipe Nippondenso 10pa20c
- Refrigeration oil 200 ml
- Kecepatan standart kompresor 3000 RPM

2. Evaporator

Dalam menentukan evaporator perlu diketahui luas permukaannya, adapun untuk perhitungan luas permukaan evaporator adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} A &= \frac{Q_T}{k \times \Delta T} \\ &= \frac{4122,172}{200 \times 15} \\ &= 1,3740 m^2 \end{aligned}$$

Dimana :

A = Luasan Evaporator

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

K = Koefisien perpindahan panas 200  $kcal/m^2h^{\circ}C$

$\Delta T$  = Kisaran perbedaan temperatur pada ruang pendinginan  $\cong \pm 15^{\circ}C$

Menggunakan pipa *stainless steel* ukuran 3/8" = 0,9375cm

$$\begin{aligned} \text{Keliling} &= \pi D \\ &= 3,14 \times 0,9375 \\ &= 2,94 \text{ cm} \\ &= 294 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi panjang pipa} &= \frac{13740}{2,94} \\ &= 4673,469 \text{ cm} \\ &= 46734,69 \text{ mm.} \end{aligned}$$



Gambar 4. Palkah

### 3. Kondensator

Untuk menentukan kondensator, perlu dihitung banyaknya beban panas yang harus dikondensasi.

$$\begin{aligned} Q_2 &= Q \times R \\ &= 4112,172 \times 1,5 \\ &= 6183,258 \text{ kcal} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F &= \frac{Q_2}{K \times \Delta T} \\ &= \frac{6183,258}{450 \times 15} \\ &= 0,9160 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Dimana :

F = Luas permukaan pendinginan kondensator (m<sup>2</sup>)

Q<sub>2</sub> = Beban panas penguapan (kcal/h)

K = Koefisien perpindahan panas keseluruhan 450 kcal/m<sup>2</sup>h<sup>0</sup>C

ΔT = Kisaran perbedaan temperatur pada kondensator ± 15 °C

Jadi luas pipa yang dibutuhkan untuk proses kondensasi yaitu 0,9160 m<sup>2</sup>. Jika menggunakan pipa ukuran 3/8" maka dibutuhkan pipa dengan panjang 3115,646 cm.

### 4. Tangki Penampung

Receiver merupakan suatu tabung yang digunakan untuk menampung cairan refrigeran yang telah terkondensasi dikondensator. Untuk itu volume tabung disesuaikan dengan banyaknya refrigeran yang digunakan. Pada perancangan sistem RSW ini menggunakan *receiver drier* yang berfungsi untuk menampung refrigeran cair.

### 5. Penyaring

*Filter* digunakan untuk menyaring dan membersihkan kotoran refrigeran yang mengalir dari alat penampung *receiver*. Filter tersebut sangat penting karena jika refrigeran kotor dapat menyebabkan karat bahkan kerusakan pada komponen-komponen sistem RSW ini. Filter ini dipasang setelah *receiver drier*.

### 6. Katup Ekspansi

Katup ekspansi mengatur pemasukan refrigeran sesuai dengan beban pendinginan yang harus dilayani oleh evaporator. Jadi katup ekspansi mengatur supaya evaporator dapat selalu bekerja sehingga dapat diperoleh efisiensi siklus refrigerasi yang maksimal.

### 7. Sight Glass

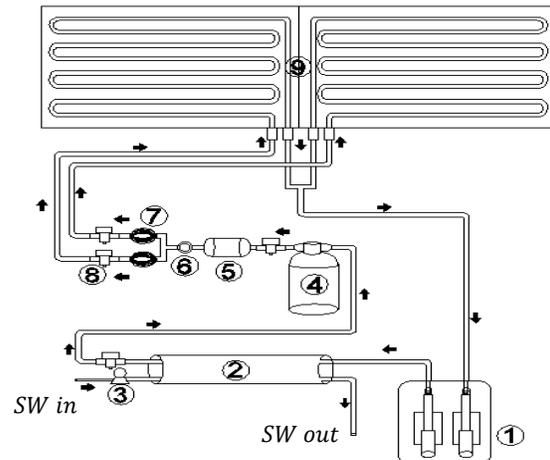
Alat ini mempunyai fungsi untuk melihat keadaan refrigeran di dalam sistem. Pada alat ini terdapat dua indikator yaitu kuning dan hijau. Kuning mengindikasikan bahwa sistem tersebut terdapat uap air dan jika hijau mengindikasikan bahwa sistem tersebut tidak ada uap air. Jika di dalam sight glass terdapat buih-buih refrigeran maka sistem tersebut kurang refrigeran.

### 8. Kebutuhan Refrigerant

Penentuan jenis refrigerant ini menggunakan refrigerant tipe R134a.

### 9. Komponen Pelengkap

- *Double Neple Joint*
- Selang freon
- Mur dan baut
- Sealtape



Gambar 5. Diagram sistem perpipaan RSW

Keterangan Gambar :

- |                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| 1. Kompresor      | 6. Sight Glass    |
| 2. Kondensator    | 7. Katup Ekspansi |
| 3. Pompa air laut | 8. Stop Valve     |
| 4. Receiver       | 9. Evaporator     |
| 5. Filter drier   |                   |

### Cara Kerja Sistem RSW

Cara kerja sistem ini dimulai dari diesel engine yang menggerakkan sebuah kompresor. Kompresor ini memberikan tekanan pada refrigeran dari tekanan rendah diubah menjadi tekanan tinggi, sehingga refrigeran mengalir dari kompresor dalam bentuk gas menuju ke kondensator. Di dalam kondensator, refrigeran mengalami proses kondensasi sehingga refrigeran tersebut berubah bentuk dari gas ke

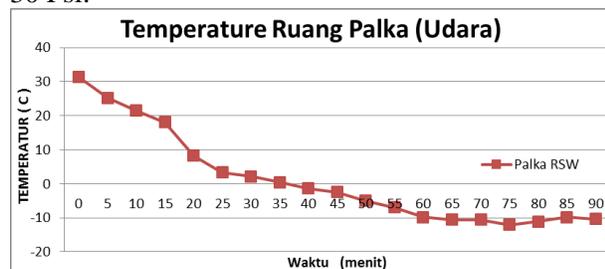
cair, kondensor disini berperan untuk pembuangan panas dalam sistem refrigerasi. Selanjutnya refrigerant dalam bentuk cair ini mengalir ke receiver drier, dan terdorong menuju katup ekspansi. Tetapi sebelum melewati katup ekspansi, refrigerant ini disaring terlebih dahulu oleh filter, pada katup ekspansi sendiri berfungsi untuk menurunkan tekanan cairan refrigeran dan mengatur aliran refrigeran ke evaporator. Refrigerant bertekanan rendah ini mengalir ke evaporator dalam palka. Saat berada di dalam evaporator, refrigerant cair akan menguap dan wujudnya kembali menjadi gas yang memiliki tekanan dan suhu yang sangat rendah. Akibatnya udara yang terdapat dalam palka bersuhu rendah, dalam kondisi yang berulang maka udara tersebut membeku menjadi butiran-butiran es. Setelah melewati evaporator, gas yang memiliki tekanan rendah tadi akan kembali ke kompresor dan akan begitu seterusnya.

### Pengujian Sistem RSW

Sistem pengujian hanya dilakukan dengan menggunakan 2 spesifikasi, yaitu pengujian temperatur dalam palka (udara) dan pengujian temperatur palka berisi air laut.

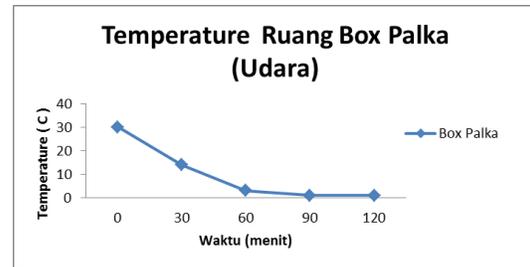
#### 1. Pengujian Temperatur Palka Tanpa Isi

Pengujian ini dilakukan di pelabuhan bonang, rembang pada hari Rabu tanggal 19 Agustus 2015 dengan temperatur awal palka 32 °C. Proses pengujian dimulai dengan setting putaran mesin diesel pada 1000 RPM, untuk pengisian refrigerant dengan tekanan sebesar 25-30 Psi.



Gambar 6. Grafik Temperatur Palka Tanpa Isi Menggunakan RSW

Pada ada pengoperasian mesin sistem RSW, temperatur ruangan palka yang berisi udara, membutuhkan waktu sekitar 30 menit untuk mencapai 0 °C, dan membutuhkan waktu sekitar 2 jam untuk mencapai temperature -14,4°C.

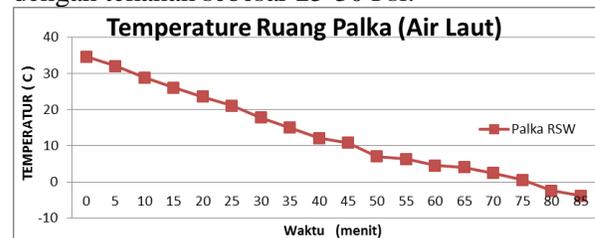


Gambar 7. Grafik Temperatur Palka Tanpa Isi Menggunakan Box dengan isi Es

Pada pengujian menggunakan box dengan volume 648 m<sup>3</sup> terisi es 41 kg, temperatur ruangan palka yang berisi udara, temperturnya menurun lebih lama dibandingkan dengan menggunakan RSW, membutuhkan waktu sekitar 90 menit untuk mencapai 1 °C.

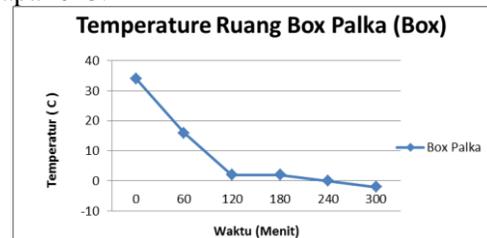
#### 2. Pengujian Temperatur Palka Berisi Air Laut

Pengujian ini dilakukan pada hari Kamis tanggal 20 Agustus 2015. Proses pengujian dimulai dengan setting putaran mesin diesel pada 1000 RPM, untuk pengisian refrigerant dengan tekanan sebesar 25-30 Psi.



Gambar 8. Grafik Temperatur Palka RSW Berisi Air Laut

Pada awal pengujian temperatur ruangan palka yang kosong (31,4 °C) berbeda dengan temperatur air laut (34,8 °C). Pada temperature ruang palka yang berisi air laut membutuhkan waktu relatif lebih lama untuk menurunkan temperturnya, membutuhkan waktu 75 menit untuk mencapai suhu 0 °C, dan kemudian temperturnya bisa mencapai -4°C. Berbeda dengan ruang palka yang hanya berisi udara yang membutuhkan waktu hanya 30 menit untuk mencapai 0°C.



Gambar 9. Grafik Temperature Box Es Berisi Air Laut

Pada pengujian menggunakan box terisi 41 kg es yang berisi air laut, temperaturnya menurun lebih lama dibandingkan dengan pengujian sebelumnya, yaitu membutuhkan waktu yang relatif lama sekitar 6 jam untuk mencapai temperatur 0 °C

### Validasi

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 : -1,5 °C

$Tu_0$  = temperatur awal pengujian : 34 °C

$Tu_i$  = temperatur akhir pengujian : -4 °C

$$\text{Presentase} = \frac{Tr_0 - Tr_i}{Tu_0 - Tu_i} = 100\%$$

$$= \frac{30 - (-1,5)}{30 - (-4)}$$

$$= 82,9 \%$$

Jadi nilai presentase dari pembuatan sistem RSW 82,9% 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) : -4 °C
- Refrigerant tipe R 134a

Untuk menentukan koefisien prestasi (COP), menggunakan tabel penunjang yang mengacu pada refrigerant 134a, tentang sifat-sifat cairan dan uap jenuh, dan tentang tekanan entalpi panas lanjut refrigerant 134a.

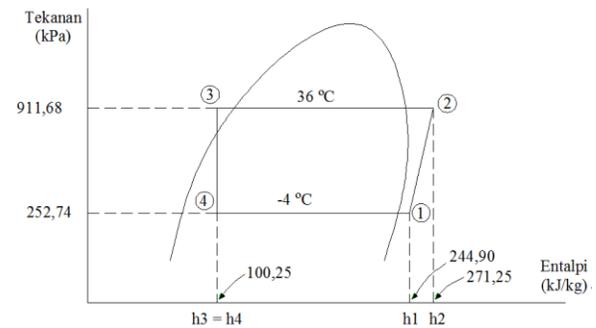
$$h_1 = 244,54 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 = h_4 = 100,25 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 271,25 \text{ kJ/kg}$$

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) = 5,489

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



Gambar 10. Diagram Tekanan (P) dan Entalpi (h)

Dapat diketahui juga laju refrigeran dalam sistem yaitu 0,0345 kg/s dan besaran kerja yang dilakukan oleh kompresor yaitu 1,2 Hp.

### 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.2
Lightship	1	1
Crew 1	1	1
Crew 2	1	1
Net	1	1
Main Engine	1	1
Propeller	1	1
RSW	0	1
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 <sup>0</sup> to 30 <sup>0</sup>	3,15 m.deg	6,740	6,350
2	Area 0 <sup>0</sup> to 30 <sup>0</sup> . Or Down flooding point	5,16 m.deg	11,12	10,50
3	Area 0 <sup>0</sup> to 30 <sup>0</sup> . or Down flooding point	1,719 m.deg	4,389	4,155
4	GZ at 30 <sup>0</sup> . or greater	0,2 m	0,470	0,432
5	Angle of GZ max ≥	25 deg	48,0	43,5
6	GM	0,15 m	1,100	1,002

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 5.760.000,-

#### Sistem RSW

Dalam operasional menggunakan sistem pendingin RSW tidak membutuhkan biaya tambahan terkecuali biaya pembuatan. Biaya total pembuatan sistem RSW ini Rp. 14.800.000,-

Jadi untuk membuat sistem pendingin RSW ini membutuhkan waktu 2,8 tahun dari biaya yang dibutuhkan operasional menggunakan es balok.

#### Perbandingan Harga Penjualan Ikan

Tabel 4.3 Harga Penjualan Ikan

No	Jenis Ikan	Harga per kg (Rp.)	
		Dengan RSW min.	Dengan Es min.
1	Manyung	7000	5000
2	Sembilang	25000	20000
3	Bandeng	22000	15000
4	Belanak	20000	15000

Data diatas didapatkan dengan menanyakan langsung pada nelayan, dan dari data tersebut dapat disimpulkan bahwasannya harga penjualan ikan dengan menggunakan RSW lebih mahal dibandingkan dengan menggunakan es. Berdasarkan informasi tersebut sistem RSW berpotensi untuk disempurnakan kinerjanya

#### Perhitungan NPV, IRR, dan BEP

Aspek ekonomis diperhatikan dalam rangka menentukan apakah proyek tersebut akan memberi sumbangan atau mempunyai peranan positif dalam pembangunan ekonomi secara keseluruhan dan apakah peranan tersebut cukup besar untuk mengurangi penggunaan sumber – sumber langka yang dibutuhkan proyek.

Analisa juga 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. 60.000.000,-
Mesin	: Rp. 11.000.000,-
Sistem RSW	: Rp. 14.800.000,-
<i>Trammel Net</i>	: Rp. 1.825.000,-
Pemasukan per tahun	: Rp. 133.200.000,-

#### 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 963.671.919,9 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 = 0,4782 ≈ 0,48

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

Proyek ini akan mengalami *Break Even Point* pada tahun ke BEP = 1,0491 ≈ 1,05

## 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) dengan berat mesin pendingin sekitar 242 kg dan kapasitas ruangan palka 0,908 m<sup>3</sup>.
2. Dari hasil pengujian yang dilakukan di lapangan, semua unit pada sistem RSW ini dapat berfungsi dengan baik. Pada proses pengujian sistem pendingin ini, temperatur pipa evaporator membutuhkan waktu 30 menit untuk mencapai 0 C, sedangkan pada palka yang berisi air laut membutuhkan waktu 75 menit untuk menghasilkan temperatur sampai 0 °C.
3. Stabilitas kapal nelayan tradisional dengan penambahan sistem RSW masih dalam keadaan baik, dan tidak mengalami banyak perubahan. Untuk nilai GZ berkurang 0,038m sedangkan untuk nilai GM berkurang 0,098 m.
4. Biaya pembuatan sistem RSW ini sama dengan biaya pendingin ikan menggunakan es balok selama 2,8 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
- Budiarto, Untung. 2011. *Teknik Pendingin dan Tata Udara*. Badan Penerbit Universitas Diponegoro : 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
- S Widodo & S Hasan, *Sistem Refrigerasi Dan Tata Udara*, Jilid 1, Departemen Pendidikan Nasional, 2008
- Saputra, Anggara Hafid. 2008. *Optimalisasi Refrigerated Sea Water (RSW) untuk Sistem Pendingin Ikan Pada Kapal Ikan KM. Napoleon*. Tugas Akhir ITS Surabaya
- Thanasarnsakorn, Suthipong. 2002. *Refrigeration For Lokal Fishing Boats*. Training Department/Southeast Asian Fisheries