

# ANALISA UNJUK KERJA DESAIN SISTEM REFRIGERASI KOMPRESI UAP PADA KAPAL IKAN UKURAN 5 GT DI WILAYAH REMBANG

Gritis Al hasbi MM<sup>1)</sup>, Untung Budiarto<sup>1)</sup>, Wilma Amiruddin<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Email: [Gritis\\_althasbi@yahoo.co.id](mailto:Gritis_althasbi@yahoo.co.id)

## Abstrak

Proses pendinginan atau refrigerasi merupakan proses yang penting untuk menjaga kualitas daging hasil tangkapan. Metode pendinginan yang saat ini diterapkan oleh mayoritas nelayan dengan ukuran kapal 5 GT di wilayah Rembang masih menggunakan cara konvensional (balok es) yang membawa kerugian tersendiri terhadap operasional dan kualitas daging hasil tangkap. Nelayan Rembang menjadikan kepiting rajungan (*portunus pelagicus*) sebagai tangkapan utama mereka, karena produk ini merupakan salah satu komoditas yang memiliki nilai jual tinggi maka perlu mendapatkan penanganan secara khusus bila dibandingkan dengan komoditas hasil tangkap lainnya. Oleh karena itu Balai Besar Penangkapan Ikan (BBPI) melakukan suatu rancangan sistem Refrigerasi Kompresi uap pada kapal ikan ukuran 5 GT dengan hasil tangkapan yaitu kepiting rajungan yang bertujuan untuk menggantikan sistem pendinginan sebelumnya (balok es) dan menjaga kualitas daging setelah ditangkap. Jenis refrigeran yang dipakai pada sistem ini adalah R-134a. Berdasarkan analisa unjuk kerja sistem refrigerasi pada penelitian ini diperoleh nilai koefisien prestasi / coefficient of performance (COP) = 3,24 dari nilai ini disimpulkan bahwa sistem memiliki nilai COP>1 yang artinya sistem ini memiliki efisiensi kerja yang baik. Kemudian diperoleh nilai kapasitas tiap komponen pada sistem sebagai berikut: (Kompresor=39,93 kJ/kg), (Kondensor=-168,73 kJ/kg), (Unit ekspansi=261,164 kJ/kg), dan (Evaporator=128,8 kJ/kg). Serta diketahui bahwa keberhasilan perancangan sistem refrigerasi untuk menggantikan sistem pendingin yang lama pada palka I adalah 40,7 %, dan pada palka II adalah 33 %.

Kata kunci: Sistem Refrigerasi Kompresi Uap, Kapasitas Komponen Refrigerasi, COP, R134a.

## Abstract

The process of refrigeration after fishing is the important process to maintain the quality of fish. Currently a method to refrigerating a fish at majority of Rembang fisherman with a fishing vessel capacity 5 GT used a conventional refrigeration system (ice cubes). This case make disadvantage effect about the operational and the the quality of fish. Rajungan (*portunus palagicus*) is the main target of Rembang's fisherman, it is the commodity of sea product that have high prices, so this product need a special refrigeration handling than other sea product commodity. By Balai Besar Penangkapan Ikan (BBPI), the Refrigeration of vapour compression system was installed in the fishing vessel. The aim of this installation to replace a previous refrigeration system (ice cubes) and keep quality of fish. A kind of refrigerant used in this system is R-134a. Based of this research about performance of vapour compression system have value of COP=3,24, so this system has a COP>1 the meaning is performance of this system is successfully. Based of the research the system known have a component capacity are : ( $w_{\text{compressor}}=39,93$  kJ/kg), ( $q_{\text{condensor}}=-168,73$  kJ/kg), ( $q_{\text{ekspansi}}=261,164$  kJ/kg), ( $q_{\text{evaporator}}=128,8$  kJ/kg), the success percentage desain of refrigerated system that replaced previous system at fish hold I is 40,7 % and fish hold II is 33 %.

## 1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terdiri dari sekitar 17.504 pulau dengan panjang garis pantai kurang lebih 81.000 km. dimana mayoritas penduduk yang berada di daerah pantai bekerja sebagai nelayan. Harapan Nelayan dalam operasi penangkapan dan pengolahan ikan yaitu mendapatkan hasil yang banyak dan berkualitas. karena kondisi seperti ini akan meningkatkan nilai ekonomi mereka. Namun untuk memperoleh hasil yang banyak dan berkualitas, diperlukan penambahan lama waktu pelayaran (*sea live*) dan penanganan hasil tangkap yang baik. Agar mampu menunjang tuntutan tersebut perlu dilakukan aplikasi teknologi berupa sistem refrigerasi.

Mayoritas Nelayan Rembang dengan kapal ukuran 5 GT menjadikan Kepiting Rajungan (*portunus pelagicus*) sebagai hasil tangkapan utama mereka, karena Rajungan merupakan salah satu komoditas sumber daya laut yang memiliki nilai ekonomis tinggi. Oleh sebab itu perlu penanganan secara khusus jika dibandingkan dengan jenis komoditas hasil perikanan yang lain.

Selama ini penanganan hasil tangkap Rajungan masih bersifat konvensional (menggunakan balok es). Cara ini memberikan kerugian kepada Nelayan secara operasional dan kualitas hasil tangkap berupa: terbatasnya lama waktu pelayaran (*sea live*) akibat keterbatasan sifat balok es dalam menjaga suhu, kemudian air yang berasal dari balok es yang mencair mengakibatkan kadar air pada daging meningkat.

Dengan kondisi seperti ini oleh Balai Besar Penangkapan Ikan (BPPI) dilakukan sebuah perancangan sistem refrigerasi kompresi uap yang tepat guna didasarkan pada kapal dan hasil tangkap.

Pada perancangan tersebut belum ada analisa unjuk kerja sistem yang membahas tentang : Kapasitas Komponen, Kelayakan perancangan sistem, dan keberhasilan perancangan sistem refrigerasi menggantikan sistem pendinginan yang lama.

Oleh sebab itu pada penelitian kali ini penulis bertujuan untuk mengetahui nilai kapasitas komponen, kelayakan unjuk kerja sistem refrigerasi ditinjau dari nilai COP, serta keberhasilan perancangan sistem refrigerasi untuk menggantikan sistem pendingin yang lama.

Adapun batasan masalah yang digunakan dalam

penelitian ini agar penelitian tidak terlalu jauh dari fokus penelitian adalah sebagai berikut : Obyek Kapal yang dikaji yaitu KM. Sumber Agung, Dalam perhitungan diasumsikan sistem pendingin terisolasi sempurna dan tidak losses, dalam perhitungan diasumsikan bekerja pada keadaan ideal, Refrigeran yang digunakan adalah Refrigeran R-134a.

Luaran yang diharapkan pada penelitian ini bagi Instansi terkait adalah sebuah informasi yang berisi tentang analisa unjuk kerja sistem refrigerasi kompresi uap yang dirancang oleh BPPI pada kapal Nelayan Rembang, bagi Nelayan adalah meningkatkan jumlah dan kualitas hasil tangkapan, bagi Civitas akademika sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Kapal Perikanan

Kapal Perikanan adalah kapal, perahu, atau alat apung lain yang dipergunakan untuk melakukan penangkapan ikan, mendukung operasi penangkapan ikan, pembudidayaan ikan, pengangkutan ikan, pelatihan perikanan, dan penelitian/ eksplorasi perikanan.<sup>[8]</sup>

Di dalam perancangan dan pengoperasiannya, karakteristik kapal ikan harus disesuaikan dengan misi, metoda penangkapan, dan beban operasi kapal, seperti kecepatan kapal, kemampuan olah gerak dan motor penggerak kapal, tahanan kapal, jarak-jangkauan pelayaran untuk operasi penangkapan, konstruksi kapal, daya dorong yang dihasilkan motor penggerak, fasilitas pengawetan dan pengolahan ikan hasil tangkap di atas kapal, dan mesin-bantu penangkapan.<sup>[9]</sup>

### 2.2. Sistem Refrigerasi Kompresi Uap.<sup>[2]</sup>

Daur refrigerasi kompresi uap merupakan daur yang terbanyak digunakan dalam daur refrigerasi. Pada daur ini udara ditekan kemudian diembunkan menjadi cairan, lalu tekananya diturunkan agar cairan tersebut dapat menguap kembali

Untuk mendinginkan suatu ruang, ruang tersebut harus dikenakan kepada suatu fluida yang lebih dingin dari temperatur ruang yang diinginkan. Dengan demikian

energi sebagai panas dapat dipindahkan dari suatu ruang dingin ke fluida yang lebih dingin tersebut, dan keadaan ini akan mempertahankan temperatur ruang dingin tersebut terhadap perpindahan energi sebagai panas yang keluar dari lingkungan yang hangat melalui dinding ruang yang terisolasi.

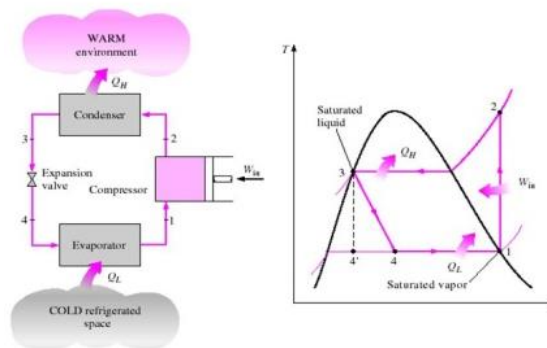
Siklus daur kompresi uap ditunjukkan pada (gambar 2.1). berikut alur dari daur kompresi uap.

1-2. Refrigerant didalam evaporator menyerap panas disekitar evaporator tersebut. Selama proses ini cairan berubah fase dari cair ke gas, dan pada keluaran evaporator gas tersebut diberi pemasasan berlebih/superheated gass.

2-3. Uap yang diberi panas berlebih masuk menuju kompresor. Dimana tekananya dinaikan sekaligus akan berpengaruh pada peningkatan suhu refrigeran, sebab bagian energi yang menuju proses kompresi dipindahkan ke refrigeran.

3-4. Gas bertekanan tinggi lewat dari kompresor menuju kondensor. Refrigerasi untuk proses ini biasanya dicapai dengan menggunakan udara atau air. Penurunan suhu lanjut terjadi pada kondensor dimana fase gas diubah ke fase cair, sehingga cairan refrigeran didinginkan ke tingkat lebih rendah ketikan cairan ini menuju ekspansi valve.

4-1. dari cairan yang mempunyai tekanan tinggi melalui katup ekspansi menuju evaporator hingga tekanan akan turun.



Gambar 2.1. Siklus Ideal Refrigerasi Kompresi Uap<sup>[1]</sup>

### 2.3. Coefficient of Performance (COP)<sup>[2]</sup>

COP merupakan ukuran keefektifan kerja

suatu sistem refrigerasi didapat dari perbandingan antara refrigerasi bermanfaat pada unit evaporator dengan kerja bersih yang dilakukan pada unit kompresor:

$$COP = \frac{\text{usefull refrigeration}}{\text{net work}} \quad (2.1)$$

$$= \frac{qL}{W_{net.in}}$$

$$= \frac{h1 - h4}{h2 - h1}$$

Dimana:

qL = jumlah kalor yang dapat diserap oleh unit evaporator (kJ/kg)

Wnet.in = kerja bersih yang dilakukan oleh unit kompresor (kJ/kg)

h1 = nilai enthalpy pada titik 1 (kJ/kg)

h2 = nilai enthalpy pada titik 2 (kJ/kg)

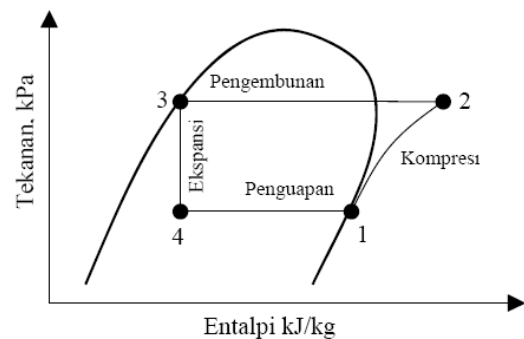
h3 = nilai enthalpy pada titik 3 (kJ/kg)

h4 = nilai enthalpy pada titik 4 (kJ/kg)

Nilai COP yang tinggi sangat diharapkan karena hal itu menunjukkan bahwa sejumlah tertentu refrigerasi hanya memerlukan sejumlah kecil kerja.

Koefisien prestasi daur carnot secara keseluruhan merupakan fungsi batasan-batasan suhu, dan dapat bervariasi dari nol sampai tak berhingga.

Grafik P-h pada (gambar 2.2) dapat digunakan untuk menyatakan sifat refrigeran yang bekerja didalam suatu sistem refrigerasi. karena dengan grafik ini dapat ditentukan nilai entalpi pada setiap titik yang merupakan parameter penting untuk perhitungan nilai unjuk kerja sistem.



Gambar 2.2. Diagram P-h siklus kompresi uap<sup>[1]</sup>

#### 2.4. **Komponen Sistem Pendingin**

Evaporator, merupakan salah satu unit sistem refrigerasi dimana pada unit ini terjadi perubahan fase refrigeran dari uap menjadi uap jenuh akibat dari penyerapan kalor di lingkungan (temperatur tinggi) oleh refrigeran (temperatur rendah). Ditinjau dari konstruksinya evaporator dibagi menjadi 3 (tiga) yaitu : *bare-tube, plate surface, finned* [3]

Kondensor, merupakan salah satu unit sistem refrigerasi dimana pada unit ini terjadi perubahan fase refrigeran dari uap tak jenuh menjadi cair akibat adanya pelepasan kalor di lingkungan (temperatur rendah) oleh refrigeran (temperatur tinggi). Ditinjau dari konstruksinya dengan pendinginan air kondensir dibagi menjadi 3 (tiga) yaitu : *Shell and tube, shell and coil, double tube*. [2]

Kompresor, merupakan jantung dari suatu sistem refrigerasi karena pada unit ini kompresor melakukan kerja untuk mengalirkan refrigeran pada rangkaian sistem pendinginan. Berdasarkan cara kerja kompresor dibagi menjadi 3 (tiga) jenis kompresor, yaitu : Kompresor torak (*reciprocating*), kompresor sekrup (*screw/rotary*), dan kompresor sentrifugal. [2]

Katup ekspansi, berfungsi mempertahankan tekanan yang konstan pada sisi keluarannya yang akan masuk pada unit evaporator. Apabila tekanan turun turun dibawah batas kendali maka katup akan membuka lebih lebar, begitupun sebaliknya apabila tekanan berada diatas batas kendali maka katup akan menutup. pada unit ini refrigeran mengalami perlakuan penurunan tekanan yang mengakibatkan penurunan temperatur dengan nilai entropi konstan (isentropic). [2]

#### 2.5. **Refrigeran** [4]

Refrigeran merupakan fluida kerja sistem refrigerasi yang berfungsi menyerap, memindahkan, melepaskan kalor dari satu media ke media yang lain. terdapat 2 macam refrigeran yaitu ;

- Refrigeran Primer : Refrigeran yang berperan langsung pada siklus kompresi uap dan mengalami perubahan

fase selama proses refrigerasinya.

- Refrigereran Sekunder : Refrigeran yang membawa kalor dari obyek yang didinginkan ke evaporator dan proses perpindahan panasnya hanya terjadi perubahan temperatur dan tidak terjadi perubahan fase.

#### 2.6. **Faktor Penyebab Kerusakan ikan** [5]

Penyebab utama kerusakan ikan dilihat dari sumbernya meliputi penyebab dari keadaan ikan itu sendiri pada saat ditangkap dan peyebab dari kondisi diluar tubuh ikan. Penyebab kerusakan oleh keadaan ikanya sendiri meliputi kondisi fisik dan komposisi kimiawi ikan. Sedangkan kerusakan dari luar tubuh ikan disebabkan oleh kontaminasi tekanan mapun benturan fisik yang dialami ikan selama penanganan yang dilakukan. Dengan mengetahui mekanisme penyebab terjadinya kerusakan dapat diupayakan langkah-langkah pencegahan untuk menghambat penurunan mutu ikan.

#### 2.7. **Pendinginan Ikan Menggunakan Balok Es** [5]

Tujuan dari penggunaan es basah adalah untuk menekan proses penurunan mutu ikan hingga minimum. Untuk itu ikan yang ditangkap harus segera diturunkan suhunya mencapai 0°C serta mempertahankan ikan pada suhu tersebut selama penanganan selanjutnya. Ikan pada proses ini diharapkan mampu kontak langsung dengan es seluruhnya sehingga panas dari tubuh ikan dapat diserap oleh balok es namun kondisi seperti ini sulit tercapai.

Kapasitas panas spesifik es ( $C_{es}$ ), yaitu jumlah kalor (panas) yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu sebesar 1°C per kg es, nilainya adalah 2110 J/kg

#### 2.8. **Beban Pendinginan ( $Q_{tot}$ )** [7]

Beban pendinginan merupakan benda-benda sumber energi panas yang dapat mempengaruhi kapasitas sistem pendingin. Beban sumber energi panas tersebut antara lain berasal dari :

### 2.8.1 Beban dinding (qd)

Beban kalor yang masuk ke ruang yg didinginkan dari lingkungan melalui dinding atau sistem insulasi akibat adanya perbedaan temperatur.

$$qd = \frac{\Delta T \text{ menyeluruh}}{\sum R_{th}} = \frac{\Delta T}{R_a + R_b + R_c + \dots} \quad (2.2)$$

$$qd = \frac{T_1 - T_4}{\frac{\Delta X_a}{kaA} + \frac{\Delta X_b}{kbB} + \frac{\Delta X_c}{kcC}}$$

Dimana :

qd = laju aliran kalor melalui dinding (watt).

k = Konduktifitas termal (watt/ m°C).

A = Luas bidang (m<sup>2</sup>).

Δx = tebal bahan (m).

ΔT = perbedaan temperature melalui dinding (°C).

Rth = jumlah tahanan thermal.

NB: Untuk bahan yang disusun seri: Rth = Ra+Rb+Rc+.....

### 2.8.2 Beban Produk (qp)

Kalor yang dilepas untuk menurunkan temperatur produk (dalam hal ini kepiiting rajungan)

$$q_{inf} = W \times C \times (T_2 - T_1) \quad (2.4)$$

Dimana :

q<sub>inf</sub> = Kalor (Watt)

W = Berat produk (Kg)

C = panas spesifik produk

T<sub>1</sub> = Temperature produk

T<sub>2</sub> = Temperature ruangan

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### Umum

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode berbasis analisa tentang suatu sistem yang sudah ada. Untuk lebih jelasnya akan dijabarkan sebagai berikut :

#### Studi Literatur

Studi Literatur digunakan untuk memperoleh Informasi – informasi yang relevan terkait dengan pengerjaan tugas akhir. Informasi-informasi ini diperoleh dari buku, jurnal, internet, dan penelitian sebelumnya tentang Sistem pendingin pada kapal ikan.

### Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh data-data pendukung dalam mengerjakan Tugas Akhir. Data ini diperoleh dari Balai Besar Penangkapan Ikan (BBPI) Semarang. Selain data tertulis dilakukan juga pengumpulan data dilapangan dengan cara pengukuran, pengamatan langsung dan wawancara dengan pemilik kapal. data yang diperlukan adalah: Layout diatas deck kapal, ukuran utama kapal, volume palka, konstruksi palka, operasional kapal, sistem pendingin sebelumnya (balok es, layout rangakaian sistem refrigerasi, spesifikasi komponen sistem refrigerasi.

### Pengolahan Data

Pengolahan data dapat dilakukan setelah data – data yang diperlukan terkumpul semua. Pengolahan data yang akan dihaiikan adalah: membuat rencana garis (Lines plan) dan layout peralatan diatas deck menggunakan Software AutoCad 2013, menghitung kapasitas palka, menghitung beban panas yang harus didinginnya sistem refrigerasi, menghitung kalor yang mampu diserap oleh sistem pendingin sebelumnya (balok es), Redrawing layout desain sistem refrigerasi.

### Pengujian Alat di Lapangan

Pengujian dilakukan untuk mengetahui sistem dapat berjalan, serta sebagai acuan dalam melakukan tahapan selanjutnya. yaitu proses analisa. data yang akan diperoleh pada tahap pengujian adalah sebagai berikut: Temperatur lingkungan, Temperatur pada palka I dan II, nilai tekanan (P) pada Psuction dan Pdischarge unit kompresor.

### Analisa

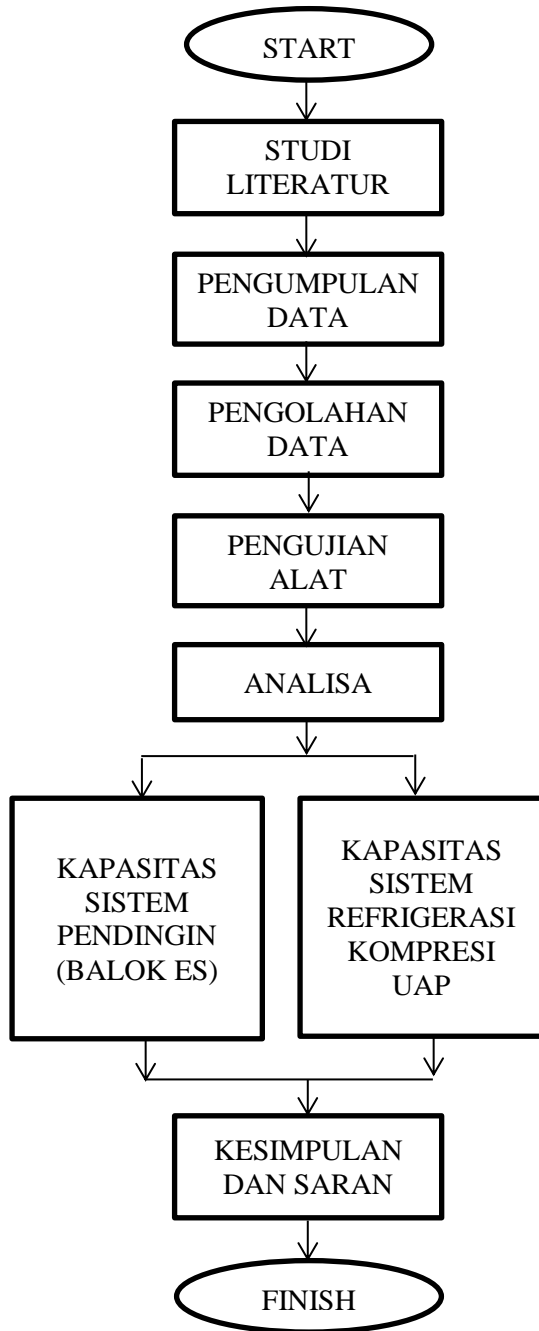
Analisa tentang Unjuk kerja suatu sistem refrigerasi adalah penting karena untuk menentukan nilai kapasitas masing-masing komponen pada sistem Refrigerasi, nilai COP dapat dijadikan tolak ukur keefektifan kerja sistem, dan perbandingan antara kapasitas sitem Refrigerasi yang dirancang dengan sistem Pendingin yang lama (Balok Es)

### Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dibuat untuk menjawab apa yang menjadi tujuan dari penelitian berdasarkan perhitungan analisa yang telah dilakukan.

Saran dibuat agar penelitian ini dapat dilanjutkan dan lebih disempurnakan kembali.

**Flow chart pengerjaan**



Gambar 3.1 Gambar diagram alir penelitian.

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Profil Kapal**



Gambar 4.1. Foto KM. Sumber Agung.

- ❖ Nama Kapal : KM. Sumber Agung
- ❖ Tipe Kapal : Kranji
- ❖ Ukuran Utama
  - LoA : 12,4 m
  - Lpp : 9,4 m
  - Tinggi (D) : 1 m
  - Lebar (B) : 4 m
- ❖ Tonase : 5 GT
- ❖ Palka
  - Jumlah Palka : 2
  - Total : 5,41 m<sup>3</sup>
- ❖ Operasional
  - Sea live : One day fishing dan 5 hari di laut.
  - Awak kapal : 3-4 orang
- ❖ Hasil tangkapan : Kepiting Rajungan (portunus palagicus).
- ❖ Sistem Pendingin: Balok Es (Konvensional)
  - Jumlah : 4 buah balok, 2 buah / palka.
  - Berat es : 25 kg @buah
  - Total berat es : 4 buah x 25 Kg = 100 kg

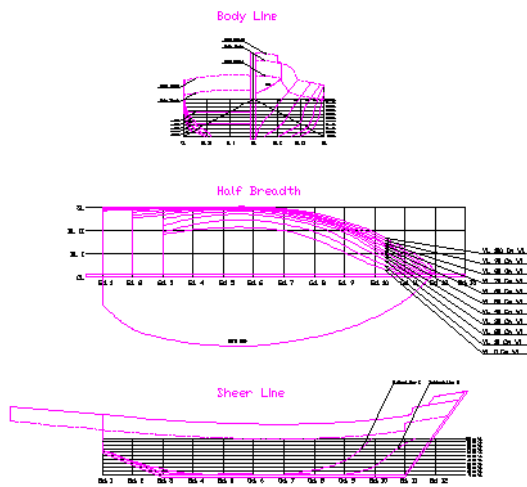
**Pembuatan Model Kapal**

Sebelum membuat model perlu dilakukan pengukuran pada kapal agar model yang dibuat mirip seperti dengan aslinya.

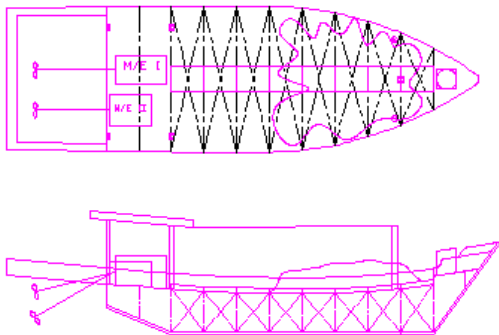
Tabel 4.1. Tabel Offset kapal

Gading	Water Line										
	0m	0,1m	0,2m	0,3m	0,4m	0,5m	0,6m	0,7m	0,8m	0,9m	1m
1	0	0	0	0	0	0	0	173	177	180	182
2	0	0	0	0	153	163	171	176	180	182	183
3	109	116	134	151	162	170	175	178	181	183	183
4	121,64	135,39	152,68	164,25	172,01	176,12	177,74	180,27	182,71	183,42	184,00
5	128,00	147,28	163,00	170,63	175,58	179,00	181,26	183,00	184,00	184,00	184,00
6	128,81	148,39	164,01	172,26	176,96	179,62	182,02	183,43	184,00	184,00	184,00
7	121	138	152	159	165	169	172	174	175	177	179
8	103	124	140	149	155	159	163	164	166	170	174
9	67	87	105	122	129	132	134	137	140	146	152
10	30	43	60	73	82	89	96	102	108	115	122
11	7	10	15	20	26	35	45	54	61	68	76
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1. Membuat Rencana Garis dan Layout diatas deck kapal untuk memberikan gambaran tentang kondisi yang ada dilapangan.

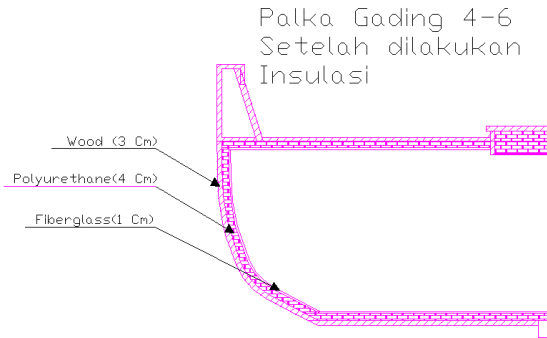


Gambar 4.2. Linesplan KM. Sumber Agung



Gambar 4.3. Layout diatas deck KM. Sumber Agung.

**Perhitungan Volume dan kapasitas Palka**  
 pada palka diberi lapisan insullasi dengan tujuan untuk mempertahankan temperatur di dalam palka yang didinginkan oleh sistem akibat pengaruh temperatur dari lingkungan.



Gambar 4.4. Susunan Sistem Insulasi pada palka.

Akibat adanya penambahan sistem insulasi maka perlu dilakukan pengukuran kembali volume palka. Sehingga didapat kapasitas ruang muat pada palka I.

Tabel 4.2. Perhitungan kapasitas palka I

Gading	Water Line (Cm)					A	FS	A*FS					
	0 m	25	50	75	100								
4	115,70	115,70	152,14	608,56	174,10	348,20	180,27	721,08	182,79	182,79	1976,33	1	1976
4,5	116,70	116,70	157,88	631,50	175,89	351,77	181,39	725,56	182,90	182,90	2008,42	4	8034
5	117,69	117,69	163,61	654,44	177,67	355,34	182,51	730,04	183,00	183,00	2040,51	1	2041
											Σ		12051

Panjang/2 (l) = 40  
 Tinggi (h) = 25,0  
 Volume RUANG =  $2 * (1/3 * l^3 * h * l * \Sigma)$   
 2677893 Cm<sup>3</sup>

Tabel 4.3. Perhitungan kapasitas palka II

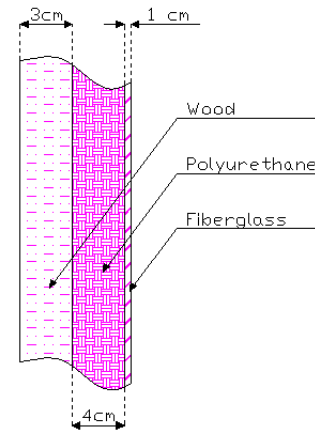
Gading	Water Line (Cm)					A	FS	A*FS					
	0	25	50	75	100								
5	117,69	117,69	163,61	654,44	177,67	355,34	182,51	730,04	183,00	183,00	2041	1	2041
5,5	117,72	117,72	164,52	658,06	178,39	356,77	182,68	730,72	183,50	183,50	2046,77	4	8187
6	117,74	117,74	165,42	661,68	179,10	358,20	182,85	731,40	184,00	184,00	2053,02	1	2053
											Σ		12281

Panjang/2 (l) = 40  
 Tinggi (h) = 25,0  
 Volume RUANG =  $2 * (1/3 * l^3 * h * l * \Sigma)$   
 2729020 Cm<sup>3</sup>

**Perhitungan Beban Pendinginan (Qtot)**

Beban pendinginan dihitung untuk mengetahui total kalor yang harus didinginkan oleh sistem refrigerasi. Beban pendinginan terdiri dari sebagai berikut:

1. Beban Dinding (qd) = 53,07 watt



Gambar 4.5 Susunan sistem insulasi dinding palka

Diketahui :

Diperoleh nilai kalor yang melalui dinding palka

- a. Dinding belakang = 10,16 watt
  - b. Dinding depan = 0,635 watt
  - c. Dinding alas = 3,72 watt
  - d. Dinding deck = 10 watt
  - e. Dinding sisi
    - Diatas WL = 1,1 watt
    - Dibawah WL = 0,92 watt
- 
- = 26,535 watt

Untuk total beban pendinginan pada 2 palka adalah :  $2 \times 26,535 \text{ watt} = 53,07 \text{ watt}$ .

## 2. Beban Produk (qp)

Kalor yang dihasilkan oleh jenis produk.

$$q_p = W \times C \times (T_2 - T_1)$$

$$q_p = 5,2 \text{ kg} \times 2,15 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \cdot C \times (22^\circ\text{C} - 2^\circ\text{C})$$

$$q_p = 223,6 \text{ kJ}^\circ\text{C} = 223,6 \text{ watt}$$

Dimana:

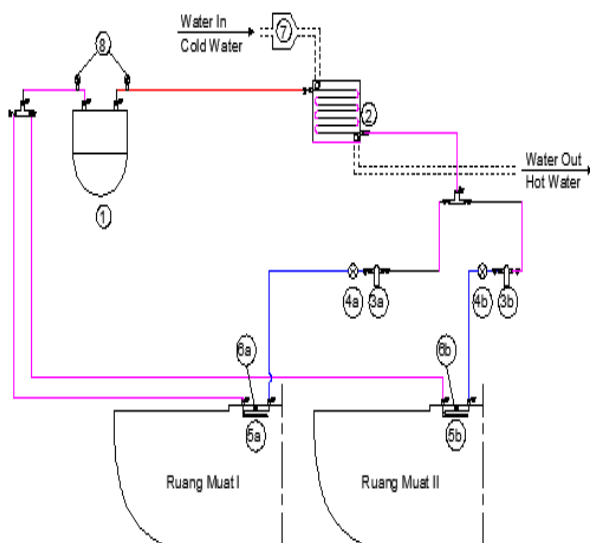
Masa jenis Rajungan = 1.080 kg/m<sup>3</sup>

Berat rajungan (kg) = 5,2 Kg

Specific heat = 2,15 kJ/kg.C (Tabel Alimenti)

Jadi total kalor yang harus didinginkan oleh sistem adalah (Qtot) = 276,705 watt

## Desain Sistem Refrigerasi pada Kapal



Gambar 4.6. desain perancangan sistem refrigerasi

Keterangan Gambar :

1. Kompresor
2. Kondensor
- 3a. Receiver Dryer Ke Ruang muat II
- 3b. Receiver Dryer ke Rusng muat III
- 4a. Katup Ekspansi ke Ruang muat II
- 4b. Katup Ekspansi ke Ruang muat III
- 5a. Evaporator ke Ruang muat II
- 5b. Evaporator ke Ruang muat III
- 6a. Fan pada Ruang muat II
- 6b. Fan pada Ruang muat III
7. Pompa Air
8. Pressure Gauge

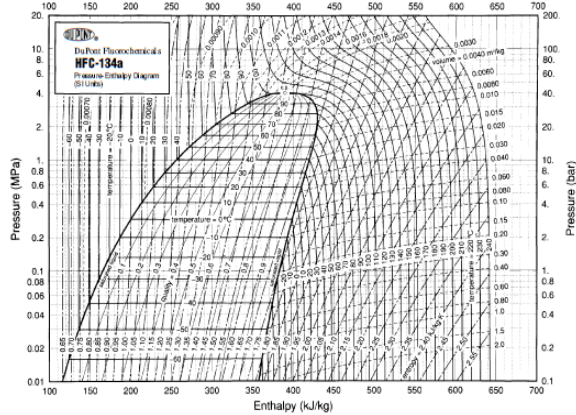
## Spesifikasi Komponen

1. Evaporator
  - a. tipe : *bare and tube*
  - b. Bahan : *Stainless Stell*
  - c. Diameter Luar : 10 mm
  - d. Diameter dalam : 7 mm
  - e. Panjang : 364 cm
  - f. Luas Permukaan : 7,1345 m<sup>2</sup>
2. Kondensor
  - a. Tipe : *shell and tube*
  - b. Bahan : *Stainless Stell*
  - c. Diameter luar : 10 mm
  - d. Diameter dalam : 7 mm
  - e. Panjang : 394,2 cm
  - f. Luas Permukaan : 7,74 m<sup>2</sup>
3. Kompresor
  - a. Tipe : Sentrifugal
  - b. Merk : Denso
  - c. No : 10PA15C
  - d. Max suction press : 1,67 Mpa
  - e. Max discharge press : 3,5 Mpa
4. Katup Ekspansi
  - a. Merk : Danfoss
  - b. Do : 1/2 - 5/8 in
  - c. Di : 3/4 - 1 1/4 in

## Refrigeran

Jenis Refrigeran yang digunakan pada penelitian ini adalah R-134a.





Gambar 4.7. Diagram P-h properties R-134a

**Pengujian**

Pengujian dilakukan untuk mengetahui bahwa sistem dapat bekerja dan mendapatkan data pada tabel 4.3.



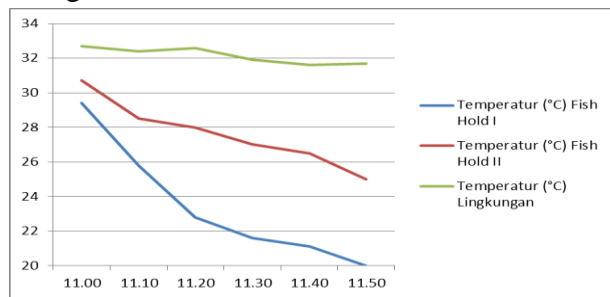
(a) (b)

Gambar 4.8. (a) thermometer infrared, (b) Pressure gauge.

Tabel 4.3. Data hasil pengujian.

No	Jam	Temperatur (°C)			P (Psi)	
		Fish Hold I	Fish Hold II	Lingkungan	suction	Discharge
1	11.00	29,4	30,7	32,7	23	150
2	11.10	25,8	28,5	32,4	23	150
3	11.20	22,8	28	32,6	25	170
4	11.30	21,6	27	31,9	25	170
5	11.40	21,1	26,5	31,6	24	160
6	11.50	20	25	31,7	24	160

Dari data yang diperoleh akan dibuat grafik sebagai berikut.



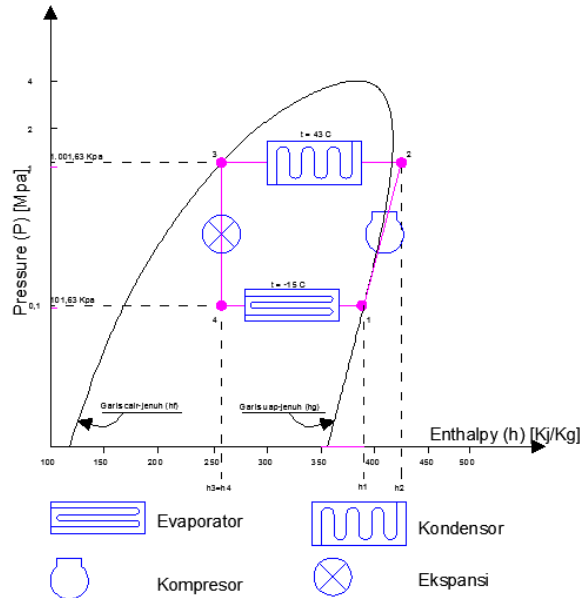
Gambar 4.9. Grafik hasil pegujian

**Analisa**

Diketahui:

Psuction rata-rata = 24 Psi = 165,74 kPa

Pdischarge rata-rata = 160 Psi = 1.103,16 kPa



Gambar 4.10. Sifat Refrigeran pada sistem.

$h_1 = 389,96 \text{ kJ/kg}$

$h_2 = 429,89 \text{ kJ/kg}$

$h_3=h_4 = 261,164 \text{ kJ/kg}$

Akan diperoleh hasil sebagai berikut

1. Kerja yang dilakukan oleh Kompresor

$$\begin{aligned}
 q-w &= \Delta h + \Delta ke + \Delta pe \\
 -w &= \Delta h \\
 &= h_2-h_1 \\
 &= 429,89 \text{ Kj/Kg} - 389,96 \text{ Kj/Kg} \\
 &= 39,93 \text{ Kj/Kg}
 \end{aligned}$$

2. Kalor yang dilepas oleh Kondensor (qKond)

$$\begin{aligned}
 q-w &= \Delta h + \Delta ke + \Delta pe \\
 q &= \Delta h \\
 &= h_3-h_2 \\
 &= 261,164 \text{ Kj/Kg} - 429,89 \text{ Kj/Kg} \\
 &= -168,73 \text{ Kj/Kg}
 \end{aligned}$$

3. Kapasitas refrigerasi pada Ekspansi

$$q-w = \Delta h + \Delta ke + \Delta pe$$

$$\Delta h = 0$$

$$h_4 = h_3$$

$$= 261,164 \text{ Kj/Kg}$$

4. Kalor yang diserap oleh Evaporator (qEvap)

$$q - w = \Delta h + \Delta ke + \Delta pe$$

$$q = \Delta h$$

$$= h_1 - h_4$$

$$= 389,96 \text{ kJ/kg} - 261,164 \text{ kJ/kg}$$

$$= 128,8 \text{ kJ/kg}$$

5. COP

$$COP = \frac{q_{evap}}{W_{Kompresor}}$$

$$= \frac{128,8 \text{ Kj/Kg}}{39,93 \text{ Kj/Kg}}$$

$$= 3,24$$

**Perhitungan Penggunaan Balok es**

Tabel 4.4. Data hasil pengujian balok es

waktu (menit)	Temperatur (°C)			
	Box I		Box II	
	Es	Udara	Es	Udara
0	1,3	25,4	1,6	27,1
10	1,4	23,1	1,7	24,2
20	1,4	22,6	1,7	24,2
30	1,6	22,6	1,8	24,1
40	1,6	22,5	1,8	24
50	1,6	22,5	1,8	23,5
60	1,7	22,4	1,9	23,4

Dari data hasil percobaan diketahui perbedaan temperatur ( $\Delta T = T_i - T_o$ ) udara yang dapat dicapai oleh balok es :

- $\Delta T$  box I :  $25,4 - 22,4 = 3 \text{ }^\circ\text{C}$
- $\Delta T$  box II :  $27,1 - 23,4 = 3,7 \text{ }^\circ\text{C}$

Menghitung kapasitas kalor yang mampu diserap oleh balok es :

❖ Box I

$$Q = m \cdot C \cdot \Delta T$$

$$= 5 \text{ kg} \cdot 2110 \text{ J/kg} \cdot 3 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$= 31.650 \text{ J/kg}$$

$$= 31,65 \text{ kJ/kg}$$

❖ Box II

$$Q = m \cdot C \cdot \Delta T$$

$$= 5 \text{ kg} \cdot 2110 \text{ J/kg} \cdot 3,7 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$= 39.035 \text{ J/kg}$$

$$= 39,035 \text{ kJ/kg}$$

**Presentasi Keberhasilan Sistem**

Diketahui :

- Kalor yang dapat diserap oleh sistem balok es ( $Q_{es}$ ) pada box I = 316,5 kJ/kg.
- Kalor yang dapat diserap oleh sistem balok es ( $Q_{es}$ ) pada box II = 390,035 kJ/kg.
- Kalor yang dapat diserap oleh sistem Refrigerasi ( $Q_{evaporator}$ ) = 128,7 kJ/kg

Presentase keberhasilan sistem adalah :

❖ Palka I

$$Keberhasilan = \frac{Q_{evaporator}}{Q_{balok\ es}} \times 100\%$$

$$= \frac{128,8 \text{ kJ/kg}}{316,5 \text{ kJ/kg}} \times 100\%$$

$$= 40,7 \%$$

❖ Palka II

$$Keberhasilan = \frac{Q_{evaporator}}{Q_{balok\ es}} \times 100\%$$

$$= \frac{128,8 \text{ kJ/kg}}{390,035 \text{ kJ/kg}} \times 100\%$$

$$= 33 \%$$

**5. KESIMPULAN**

Berdasarkan dari apa yang telah dihitung di atas tentang analisa Unjuk kerja sistem refrigerasi kompresi uap yang telah dirancang oleh BPPI pada kapal ikan nelayan Rembang dapat disimpulkan sebagai berikut :

- ❖ Diperoleh kapasitas komponen dari rangkaian sistem pendingin yang dirancang oleh BPPI yaitu :  $W_{kompresor} = 39,93 \text{ kJ/kg}$  ,  $q_{condensor} = 168,73 \text{ kJ/kg}$  ,  $q_{ekspansi} = 261,164 \text{ kJ/kg}$  ,

$q_{\text{evaporator}} = 128,8 \text{ kJ/kg}$ .

- ❖ Unjuk Kerja / *Coefficien of Performnca* (COP) pada sistem memiliki nilai COP= 3,24, artinya adalah sistem ini memiliki efisiensi kerja yang layak ( $>1$ ).
- ❖ Keberhasilan perancangan sistem refrigerasi memiliki presentase keberhasilan pada palka I adalah 40,7 %, dan pada palka II adalah 33 %.

### SARAN

Berdasarkan dari apa yang telah disimpulkan dari penelitian ini penulis menyarankan peneliti selanjutnya untuk:

- ❖ Melakukan perancangan komponen pada sistem untuk mencapai nilai COP yang lebih besar dari COP sistem yang sudah ada saat ini.
- ❖ Melakukan perbaikan perancangan pada sistem refrigerasi untuk mendapatkan keberhasilan 100% atau lebih dalam menggantikan sistem pendinginan sebelumnya.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yunus A Cengel, 1994, "*Thermodynamics, an Engineering Approach*"
- [2] Wilbert F.Stoecker, 1996, Refrigerasi dan Pengkondisian Udara.
- [3] R.J. Dossat, 1961, "*Principles of Refrigeration, Associate Professor of Refrigeration and Air Conditioning, University of Houston, Houston, Texas*"
- [4] G. Endri Kusuma, Sistem Refrigerasi dan Saluran Udara, PPNS, Surabaya.
- [5] Ilyas Sofyan, Teknik Refrigerasi Hasil Perikanan
- [6] Anonimous, Heat Capacity
- [7] Holman, J.P., "Heat Transfer", sixth edition, McGraw Hill, Ltd., New York, 1986.
- [8] Pasal 1, undang-undang Nomor 31, Tahun 2004, Tentang peikanan
- [9] (Nomura dan Yamazaki, 1977)