



ISSN 2338-0322

# JURNAL TEKNIK PERKAPALAN

Jurnal Hasil Karya Ilmiah Lulusan S1 Teknik Perkapalan Universitas Diponegoro

## Analisa Unjuk Kerja Sistem Pendingin Palka pada Kapal Ikan Ukuran 34 GT di Kota Tegal

Rizka Noor Miftakhul Ulum<sup>1)</sup>, Untung Budiarto<sup>1)</sup>, Kiryanto<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Laboratorium Mesin Kapal

Email: rizkanoormu27@student.undip.ac.id budiartountung@gmail.com kiryantodst@yahoo.com

### ABSTRAK

Pada kapal ikan yang terbuat dari kayu seringkali pembuatannya tidak menggunakan desain sehingga berdampak pada volume kapal, GT kapal, dan sistem pendingin palka pada kapal. Khususnya di Kota Tegal, GT kapal yang tercantum sering tidak sesuai dengan GT kapal yang sebenarnya. Begitupula dengan sistem pendingin palka (refrigerasi) pada kapal yang penting untuk menjaga suhu tangkapan tetap dingin, pada penerapannya banyak yang tidak sesuai dengan kapasitas. K.M. Inka Mina Makmur 376 yang merupakan kapal penangkap cumi-cumi menggunakan sistem pendingin palka uap, dengan rute pelayaran Laut Jawa yang memakan waktu lebih dari 1 bulan dan bisa memperoleh maksimal 11 ton setiap pelayarannya. Dalam perhitungannya, GT kapal adalah 33,17 ton. Untuk *Volume* palka adalah 42,97 m<sup>3</sup>. kerja kompresor= 96,93 kJ/kg, panas aktual yang dilepas kondensor = 233,43 kJ/kg, energi yang mampu dihasilkan katup ekspansi = 241,37 kJ/kg, panas aktual yang diserap evaporator = 136,5 kJ/kg, daya kompresor= 52,19 HP, panjang pipa evaporator= 142,35 m, Diameter pipa evaporator= 0,0267 m, panjang pipa pada kondensor= 29,48 m, diameter pipa kondensor= 0,035 m, dan nilai koefisien prestasi / *coefficient of performance* (COP) = 1,41 dari nilai ini disimpulkan bahwa sistem memiliki nilai COP>1 yang artinya sistem ini memiliki efisiensi kerja yang baik.

Kata Kunci : GT Kapal, *Volume* Palka, kapasitas komponen pendingin palka, COP.

### 1. PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar belakang

Negara Indonesia merupakan negara maritim yang terbesar di dunia dengan 2/3 wilayahnya merupakan lautan yang membentang dari ujung utara Pulau Sumatera sampai ke ujung selatan Irian Jaya. Hal ini menjadikan mayoritas penduduk yang berada di daerah pantai bekerja sebagai nelayan. Agar menghasilkan tangkapan ikan yang banyak perlu dilakukan perluasan jarak penangkapan yang membutuhkan dukungan suatu sistem pendingin dalam menjaga kualitas hasil tangkapan. Sehingga tidak hanya mendapatkan tangkapan yang banyak namun juga berkualitas. Hal ini akan berpengaruh terhadap nilai jual ikan yang tinggi.

Dengan begitu banyaknya kapal ikan yang berada di Tegal, ada bermacam-macam kapal

dengan variasi GT yang berbeda-beda. Namun kebanyakan kapal di Tegal antara GT dengan kapasitas tidak sesuai, semisal GT kapal seharusnya adalah 50 GT namun hanya ditulis 35 GT. Dan dalam pembuatan kapal banyak yang dilakukan berdasarkan pengalaman dan keahlian yang diberikan secara turun-temurun tanpa desain.

Dalam penerapan sistem refrigerasi mekanik pada kapal ikan pun sering tidak sesuai antara kapasitas mesin dengan muatan yang bisa ditampung dalam palkah. Sehingga perlu adanya penelitian untuk mengetahui kapasitas sistem refrigerasi yang ada sehingga bisa menjadi rekomendasi untuk memaksimalkan pelayaran nelayan yang berada di Kota Tegal.yang dapat dioperasikan dengan kemampuan *system* yang sangat kompleks.

## 1.2. Tujuan Penelitian

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

1. Menggambar Rencana Garis dan Rencana Umum.
2. Mengetahui *gross tonnage* (GT) kapal sesuai perhitungan.
3. Mengetahui volume ruang muat.
4. Mengetahui karakteristik sistem pendingin pada palka kapal ikan.

## 1.3. Batasan Masalah

Dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini permasalahan akan dibatasi sebagai berikut:

1. Kapal yang dijadikan objek penelitian adalah K.M. Inka Mina Makmur 376 kapasitas 34 GT di Kota Tegal.
2. Dalam perhitungan diasumsikan sistem refrigerasi terisolasi sempurna dan tidak *losses*.
3. Dalam perhitungan diasumsikan bekerja pada keadaan ideal.
4. Data analisa diperoleh dari pengamatan sistem pendingin di lapangan.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang menjadi acuan dan pedoman penulis untuk penelitian selanjutnya adalah sebagaimana yang dilakukan oleh Gritis Al-Hasbi Mochamad Muis (2016) dengan judul : Analisa Unjuk Kerja Desain Sistem Refrigerasi Kompresi Uap pada Kapal Ikan Ukuran 5 GT di Wilayah Rembang [1]. Penelitian selanjutnya yaitu oleh Mamat Riyadi (2016) dengan judul : Analisa Teknis dan Ekonomis Penggunaan Sistem Pendingin *Refrigerated Sea Water* (RSW) pada Kapal Nelayan Tradisional [2]. Analisa kedua penelitian tersebut dilakukan dengan memasang alat baru, sedangkan penelitian penulis pada alat yang sudah terpasang dan sedang beroperasi di laut.

### 2.2. Kapal Ikan Tradisional

Istilah “kapal ikan tradisional” merupakan sebutan bagi kapal perikanan (*fishing vessel*) yang bersifat tradisional. “Kapal ikan tradisional” dapat didefinisikan sebagai “sarana apung untuk melakukan kegiatan penangkapan, penampungan, pengolahan, dan penyimpanan ikan, yang dibuat dari bahan kayu oleh galangan atau pengrajin kapal tradisional, berdasarkan pada pengalaman dan keahlian yang diberikan secara turun-temurun sesuai sistem tradisi masyarakat setempat, tanpa menggunakan gambar rancang-bangun (*design*) [3].

## 2.3. Cara Hitung *Gross Tonnage* ( GT ) Kapal Perikanan

Pengukuran untuk kapal berukuran panjang 24 meter atau lebih dapat diukur dengan cara pengukuran internasional *Gross tonnage* adalah berdasarkan ketetapan yang ada dalam Konvensi Internasional tentang Pengukuran Kapal (International Convention on Tonnage Measurement of Ship) 1969 [4], bahwa GT kapal ditentukan sesuai dengan rumus berikut:

$$GT = K1V \quad (1)$$

Keterangan:

V = Jumlah isi semua ruang-ruang tertutup yang dinyatakan dalam meter kubik

K1 = 0,2 + 0,002 log 10V (K1 merupakan koefisien yang diperoleh dari hasil interpolasi linear)

Sementara pengukuran untuk kapal berukuran panjang <24 meter dapat diukur dengan cara pengukuran dalam negeri, dihitung sesuai dengan ketentuan dalam Keputusan Dirjen PERLA No. PY.67/1/16-02, dengan rumus sebagai berikut:

$$GT = 0,25 \times V \quad (2)$$

Keterangan:

V = jumlah isi dari ruangan di bawah geladak atas ditambah dengan ruangan-ruangan di atas geladak atas yang tertutup sempurna yang berukuran tidak kurang dari 1 meter kubik.

Nilai 0,25 adalah nilai konversi dari satuan meter kubik ke ton register.

### 2.4. Siklus Ideal Refrigerasi Kompresi Uap

Daur Refrigerasi Kompresi Uap merupakan daur yang terbanyak digunakan dalam daur refrigerasi. Pada daur ini uap ditekan, dan kemudian diembunkan menjadi cairan, lalu tekananya diturunkan agar cairan tersebut dapat menguap kembali [5].

Terdapat empat proses kerja pada siklus ideal refrigerasi kompresi uap yaitu [6]:

1-2 : Kompresi adiabatik dan *reversible* (isentropis) dari uap jenuh menuju tekanan kondensor. Terjadi pada unit kompresor.

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

$$-W = \Delta h \quad (3)$$

$$= h_2 - h_1$$

Pada langkah 1-2 dianggap nilai kalor ( $q = 0$ ) karena tidak ada kalor yang masuk atau keluar dari sistem

kompresi oleh kompresor (*adiabatic*), dan tidak ada energi kinetik maupun energi potensial yang bekerja ( $\Delta ke = \Delta pe = 0$ ).

- 2-3 : Pelepasan kalor yang mengakibatkan penurunan panas lanjut (*desuperheating*) dengan tekanan tetap. Terjadi proses pengembunan pada unit kondensator.

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

$$q = \Delta h \quad (4)$$

$$= h_3 - h_2$$

Pada langkah 2-3 Kondensator tidak melakukan usaha, sehingga nilai ( $w=0$ ) dan tidak ada energi kinetik maupun energi potensial yang bekerja ( $\Delta ke = \Delta pe = 0$ ).

- 3-4 : *Throttling* yang terjadi pada alat ekspansi.

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

$$= \Delta h \quad (5)$$

$$h_4 = h_3$$

Pada langkah 3-4 dianggap nilai kalor ( $q = 0$ ) karena tidak ada kalor yang masuk atau keluar dari sistem penurunan tekanan di katup ekspansi (*adiabatic*), kemudian tidak ada usaha yang dilakukan oleh katup ekspansi sehingga nilai ( $w=0$ ), serta tidak ada energi kinetik maupun energi potensial yang bekerja ( $\Delta ke = \Delta pe = 0$ ).

- 4-1 : Penyerapan panas dengan tekanan tetap (evaporasi) yang terjadi pada unit evaporator

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

$$q = \Delta h \quad (6)$$

$$= h_1 - h_4$$

Pada langkah 4-1 unit evaporator tidak melakukan kerja ( $W=0$ ), dan tidak ada energi kinetik maupun energi potensial yang bekerja ( $\Delta ke = \Delta pe = 0$ ). Keterangan;

$q$  = Kalor ( $W$ )

$W$  = Usaha ( $Joule$ )

$h_1$  = Nilai *enthalpy* pada titik 1 (Kj/Kg)

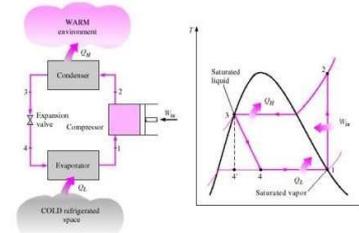
$h_2$  = Nilai *enthalpy* pada titik 2 (Kj/Kg)

$h_3$  = Nilai *enthalpy* pada titik 3 (KJ/Kg)

$h_4$  = Nilai *enthalpy* pada titik 4 (Kj/Kg)

$\Delta ke$  = Energi kinetik (Kj/Kg)

$\Delta pe$  = Energi Potensial (Kj/Kg).



Gambar 1. Skema siklus refrigerasi kompresi uap dan diagram T-s

## 2.5. Koefisien Prestasi (*Coefficient of Performance*)

Koefisien Prestasi (*Coefficient of Performance*) COP merupakan nilai perbandingan antara Refrigerasi bermanfaat yang dihasilkan oleh sistem untuk mendinginkan lingkungan dengan kerja bersih yang dilakukan pada unit kompresor [5].

$$COP_R = \frac{Q_L}{W_{net.in}} \quad (7)$$

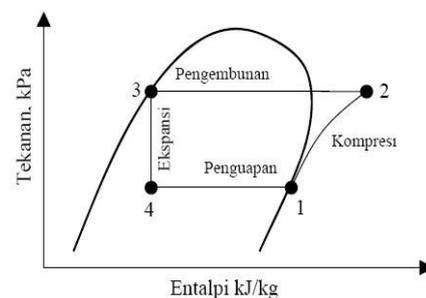
$$= \Delta h \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

Keterangan :

$Q_L$  = Nilai kalor yang diserap pada unit Evaporator (kJ/kg).

$W_{net.in}$  = Kerja yang dilakukan oleh unit kompresor (kJ/kg).

Diagram Tekanan-Entalpi merupakan alat grafis yang bisa digunakan untuk menyatakan sifat refrigeran yang bekerja didalam suatu sistem refrigerasi.



Gambar 2. Grafik Tekanan-Entalpi (*P-h graphic*)

## 2.6. Komponen Sistem Refrigerasi Kompresi Uap

Evaporator, adalah salah satu komponen pada sistem refrigerasi dimana didalamnya terdapat refrigeran cair yang memiliki temperatur dan tekanan rendah yang berwujud cairan, kemudian menyerap kalor dari lingkungan temperatur tinggi yang akan didinginkan sehingga terjadi proses

penguapan (evaporasi) dari refrigeran cair menjadi uap [7].

Kondensor, merupakan salah satu komponen pada sistem refrigerasi dimana terjadi proses kondensasi yaitu perubahan fase refrigeran dari uap menjadi cair [5].

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 [5].

Katup ekspansi, berfungsi mempertahankan tekanan yang konstan pada sisi keluarnya 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. [5].

## 2.7. Refrigeran

Refrigeran merupakan fluida kerja sistem refrigerasi yang berfungsi menyerap, memindahkan, melepaskan kalor dari satu media ke media yang lain [8].

## 2.8. Faktor Penyebab Kerusakan Ikan

Penyebab utama kerusakan ikan dilihat dari sumbernya meliputi penyebab dari keadaan ikan itu sendiri pada saat ditangkap dan penyebab 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 [9].

## 2.9. Perhitungan Beban Pendinginan

Dalam rancang bangun sistem refrigerasi perlu dilakukan perhitungan beban pendinginan untuk menentukan kapasitas peralatan yang dibutuhkan [10]. Beban pendinginan bisa dikelompokkan kedalam 2 jenis sumber beban. Berikut jenis sumber beban :

### 2.8.1 Beban Dinding

Banyaknya kalor yang masuk ke ruangan refrigerasi. Melalui dinding karena adanya perbedaan temperatur antara lingkungan dengan ruangan yang di refrigerasi tersebut.

$$qd = \frac{\Delta T}{\frac{\Delta Xa}{kaA} + \frac{\Delta Xb}{kbB} + \frac{\Delta Xa}{kaA} + \Lambda} \quad (8)$$

Keterangan :

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)

### 2.8.2 Beban produk

Ketika produk dimasukkan dalam ruang pendinginan pada temperatur diatas temperatur ruangan, maka produk akan memberikan panas pada ruangan sampai mendingin pada temperatur ruangan.

$$qp = W \times C \times (T_2 - T_1) \quad (9)$$

Dimana :

qp = Kalor (Watt)

W = Berat produk (Kg)

C = panas spesifik produk

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

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

## 2.10. Perhitungan Kapasitas Sistem Pendingin Palka

### 1. Kapasitas Kompresor [3]

a. Laju pendaaran refrigeran:

$$W = \frac{q}{h_1 - h_4} \quad (10)$$

b. Daya yang dibutuhkan kompresor:

$$P = W \times (h_2 - h_1) \quad (11)$$

Dimana :

W = Laju alir massa (kg/det).

P = Daya (kW).

q = Kapasitas refrigerasi (kW).

h<sub>1</sub>-h<sub>4</sub> = Dampak refrigerasi (kJ/kg).

h<sub>2</sub>-h<sub>1</sub> = Kerja kompresi (kJ/kg).

### 2. Kapasitas Kondensor dan Evaporator

Pada kapasitas kondensor dan evaporator untuk menentukan panjang pipa evaporator dan pipa di dalam kondensor [5]:

$$A = \frac{q}{h \times (T_2 - T_1)} \quad (13)$$

Dari perhitungan luas maka diketahui panjang pipa dengan rumus berikut:

$$L = \frac{A}{\pi \times \emptyset} \quad (14)$$

Dimana :

- A = Luas permukaan pipa ( $m^2$ ).  
 h = Koefisien konveksi ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ).  
 q = Kapasitas refrigerasi (kW).  
 T<sub>2</sub> = Suhu permukaan dinding pada perhitungan evaporator dan suhu refrigeran pada perhitungan kondensor ( $^\circ C$ )  
 T<sub>1</sub> = Suhu refrigeran pada perhitungan evaporator dan suhu air yang masuk pada perhitungan kondensor ( $^\circ C$ )  
 Ø = Diameter pipa (m)

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1. Studi Literatur

Studi Literatur digunakan untuk memperoleh informasi – informasi yang relevan terkait dalam penyelesaian penelitian ini. Informasi-informasi diperoleh dari buku, jurnal, internet, dan penelitian sebelumnya tentang sistem pendingin pada kapal ikan.

#### 3.2. Studi Lapangan

Studi Lapangan digunakan untuk memperoleh Informasi – informasi yang berkaitan dengan penelitian di lapangan, sehingga dalam studi ini nantinya akan memperoleh data-data di lapangan yang kemudian diolah untuk kepentingan penelitian.

#### 3.3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh data-data pendukung dalam mengerjakan penelitian ini. Data diperoleh dengan pengumpulan data dilapangan dengan cara pengukuran, pengamatan langsung dan wawancara dengan pihak terkait. data yang diperlukan adalah: Ukuran utama kapal, volume palka kapal, konstruksi palka kapal, operasional kapal, spesifikasi komponen sistem refrigerasi, *layout* desain sistem refrigerasi pada kapal.

#### 3.4. Pengolahan Data

Pengolahan data dapat dilakukan setelah data-data yang diperlukan terkumpul semua. Pengolahan data yang akan dilakukan adalah: Membuat Rencana Garis (*Lines plan*) dan Rencana Umum (*General Arrangement*) kapal menggunakan *software AutoCad 2007*, membuat detail palka menggunakan *software Rhinoceros 5*, menghitung kapasitas ruang muat palka, Menghitung beban pendinginan pada sistem, *redrawing layout* desain sistem refrigerasi.

#### 3.5. Analisa Unjuk Kerja Sistem Refrigerasi

Tujuan dilakukan analisa ini adalah: Panas Aktual yang diserap oleh Evaporator ( $q_{evap}$ )

[kJ/kg], panas Aktual yang dilepas oleh Kondensor ( $q_{kond}$ ) [kJ/kg], energi yang mampu dihasilkan dari proses *throttling* pada unit katup ekspansi [kJ/kg], kerja Kompresi *isentropic* yang harus diberikan pada *Compresor* ( $W_{comp}$ ) [kJ/kg], nilai *Coefficient of Performance* (COP) dari sistem.

#### 3.6. Analisa Kapasitas Sistem Refrigerasi

Analisa mengenai kapasitas sistem refrigerasi dilakukan untuk mengetahui kapasitas untuk sistem refrigerasi yang diperlukan sesuai dengan hasil analisa unjuk kerja.

#### 3.7. Kesimpulan

Kesimpulan dibuat berdasarkan hasil pengujian dan analisa data yang telah dilakukan pada sistem refrigerasi yang diteliti, untuk kemudian diambil garis besar yang dilengkapi dengan saran dari penulis.

### 4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Profil Kapal yang diteliti



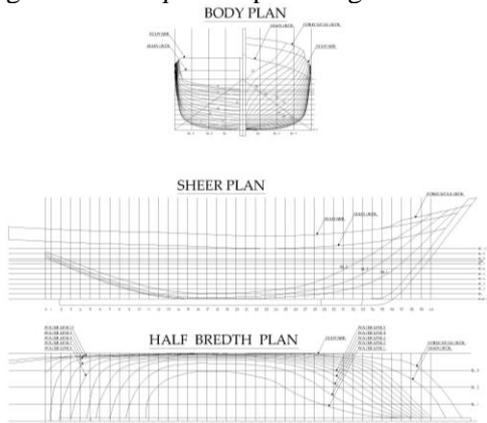
Gambar 3. K.M. Inka Mina Makmur 376

- Nama Kapal : K.M. Inka Mina Makmur 376
- Jenis Kapal : Bouke Ami
- Berat Kotor : 34 GT
- Daerah Penangkapan : WPP NRI 712 (Laut Jawa)
- Ukuran Utama Kapal :
  - Panjang Total (LoA) = 18,57 m
  - Lebar (B) = 5,4 m
  - Tinggi (H) = 2 m
  - Sarat (T) = 1,5 m
  - Tonase Kapal = 34 GT
- Hasil Tangkapan : Cumi-cumi

## 4.2. Pembuatan Model Kapal

### 1. Lines Plan Kapal

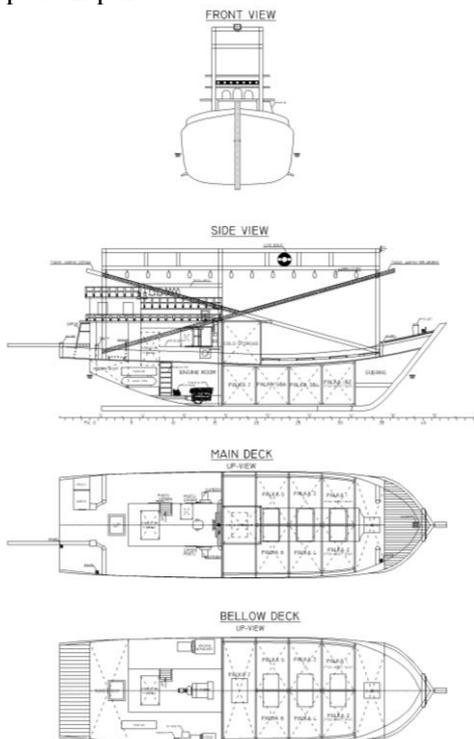
Sebelum pembuatan *lines plan* dilakukan pengukuran di lapangan, dari pengukuran lapangan maka diketahui gambar *lines plan* kapal sebagai berikut:



Gambar 4 Gambar *Lines Plan* (Rencana Garis)

### 2. General Arrangement (Rencana Umum)

Penggambaran *General Arrangement* sangat diperlukan untuk mengetahui letak dari palka KMN. Inka Mina Makmur 376 dan bangunan di atasnya untuk mengetahui *volume* pada palka maupun pada kapal.

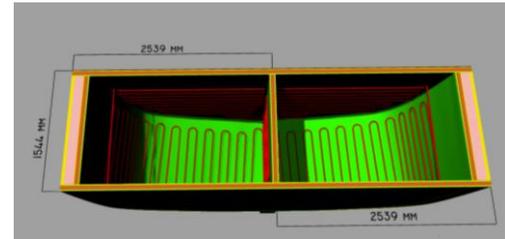


Gambar 5 Gambar *General Arrangement* (Rencana Umum)

### 3. Detail Palka

Pembuatan detail palka untuk mengetahui tampilan di dalam palka yang

terdapat evaporator di dalamnya. Detail palka digambar dalam bentuk 3D menggunakan *software* Rhinoceros.



Gambar 6 Gambar Detail Palka 5 & 6

## 4.3. GT Kapal

Untuk mengetahui GT kapal maka perlu diketahui *volume* pada ruang tertutup yang berada di kapal. Maka *volume* kapal yang perlu diketahui adalah sebagai berikut:

### 1. Volume lambung kapal di bawah deck

Untuk mendapatkan *volume* lambung kapal yang merupakan ruangan yang bentuknya tidak beraturan maka perlu menggunakan metode Simpsons. Lambung kapal di bawah deck dibagi menjadi beberapa bagian kemudian dihitung *volumenya* lalu jumlah *volume* dari setiap bagian dijumlahkan.

Tabel 1. *Volume* lambung kapal di bawah deck

Water Line	Volume (m <sup>3</sup> )
0 mm – 400 mm	8,36
400 mm – 800 mm	16,4
800 mm – 1200 mm	9,89
1200 mm – 1600 mm	10,82
1600 mm – 1800 mm	25,4
1800 mm – 2000 mm	27,62
Total = 98,49 m <sup>3</sup>	

### 2. Volume ruang kapal di atas deck

Tabel 2. *Volume* lambung kapal di atas deck

Nama Ruang	Volume (m <sup>3</sup> )
Cold Storage	7,1
Navigasi, kapten, kepala kamar mesin, dan gudang	21,15
ABK	5,94
Total = 34,19 m <sup>3</sup>	

Karena panjang kapal <24 meter, maka penentuan GT kapal dihitung sesuai dengan

ketentuan dalam Keputusan Dirjen PERLA No. PY.67/1/16-02, maka GT kapal adalah:

$$\begin{aligned}
 GT &= 0,25 \times V \\
 &= 0,25 \times 132,68 \\
 &= 33,17 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Maka GT K.M. Inka Mina Makmur 376 adalah 33,17 ton.

#### 4.4. Volume Palka

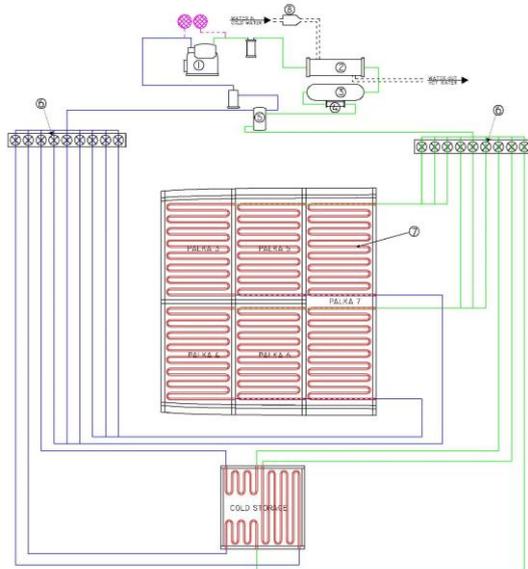
*Volume* yang terdapat pada palka berbeda dengan *volume* lambung kapal yang sudah dihitung sebelumnya. Karena terdapat tambahan insulasi di dalam ruang muat maka *volume* pada ruang muat kapasitasnya berkurang. Perhitungan juga dilakukan dengan menggunakan metode Simpsons karena terdapat bidang lengkung dalam luasan permukaan dinding.

##### 1. Volume pada setiap Palka

Tabel 3. Rekapitulasi *volume* setiap Palka

No.	Nama Palka	Volume (m <sup>3</sup> )
1.	Palka 1 (FWT)	3,82
2.	Palka 2 (FWT)	3,82
3.	Palka 3	5,33
4.	Palka 4	5,33
5.	Palka 5	6,01
6.	Palka 6	6,01
7.	Palka 7	12,65
Total =		42,97 m <sup>3</sup>

#### 4.5. Desain Sistem Pendingin Palka



Gambar 7. Gambar *Layout* Desain Sistem Pendingin Palka

Keterangan Gambar:

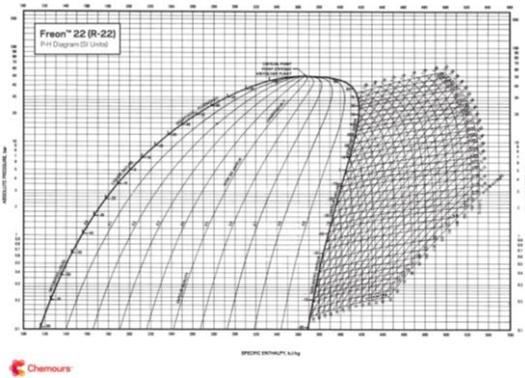
1. Kompresor
2. Kondensor

3. Tabung Refrigeran (*Receiver*)
4. Saringan Batu
5. Akumulator
6. Katup Ekspansi
7. Evaporator
8. Pompa Air

#### 4.6. Spesifikasi Komponen yang Terpasang

1. Kompresor
  - a. *Merk / Type* : Dorin / 81VS
  - b. Daya : 50 HP
  - c. RPM min. : 1000 RPM
  - d. RPM max. : 1750 RPM
2. Kondensor
  - a. *Merk / Type* : Bitzer / K1053HB
  - b. *Weight* : 92 kg
  - c. *Total width* : 1671 mm
  - d. *Total height* : 381 mm
  - e. *Refrigerant inlet* : 42 mm – 1 5/8'
  - f. *Refrigerant outlet* : 35 mm – 1 3/8'
3. Katup Ekspansi
  - a. *Merk* : Danfoss
  - b. *Do* : 1/2 - 5/8 in
  - c. *Di* : 3/4 – 1 1/4 in
4. Evaporator
  - a. *Jenis Pipa* : Pipa Galvanis
  - b. *Diameter luar* : 26,7 mm
  - c. *Diameter dalam* : 24,4 mm
  - d. *Panjang* : 617275.1 mm
  - e. *Luas Permukaan panjang pipa*

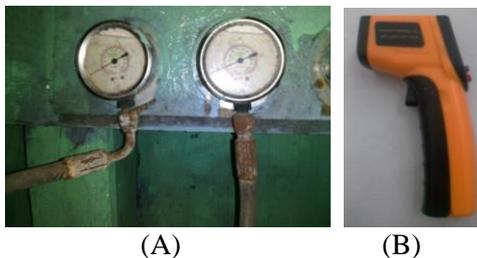
$$\begin{aligned}
 &= 2 \times 3,14 \times \\
 &\quad 13,35 \text{ mm} \times \\
 &\quad 617275,1 \text{ mm} \\
 &= 51.751.109,83 \\
 &\quad \text{mm}^2 \\
 &= 51,75 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$
5. Refrigeran
  - a. *Jenis* : R-22
  - b. *Rumus kimia* : CHCLF<sub>2</sub>
  - c. *Ph* : Netral
  - d. *Titik didih* : -40,8 °C
  - e. *Pembekuan* : -160 °C



Gambar 8. P-h Diagram R-22

#### 4.7. Pengamatan Lapangan

Pengamatan lapangan diadakan selama 10 hari di atas kapal. Kegiatan pengambilan data dimulai dari memasuki kamar mesin untuk melihat *pressure gauge* yang terpasang untuk mengetahui tekanan yang masuk dan yang keluar dari kompresor, kemudian pengukuran suhu palka dan suhu cumi-cumi yang berada pada palka dilanjutkan dengan pengukuran suhu lingkungan di atas air dan di bawah air menggunakan *Thermometer Infrared*.



Gambar 9 (A) *Pressure Gauge*, (B) *Thermometer Infrared*

Tabel 4. Hasil Rata-rata Pengambilan Data Jam 05.00 – 08.00

Keterangan	Waktu				
	5:00	6:00	7:00	8:00	
Temperatur (°C)	<i>Input (Cumi-Cumi)</i>	-15.20	-16.15	-17.49	-16.78
	<i>Fish Hold</i>	-18.64	-21.33	-25.84	-22.84
	Lingkungan di Atas Air	26.89	27.11	26.96	28.81
	Lingkungan di Bawah Air	29.01	29.16	28.97	29.90
	<i>Cold Storage</i>	-13.00	-27.40	-33.80	-38.10
P (Psi)	<i>Suction</i>	9.71	8.29	7.43	6.43
	<i>Discharge</i>	190	190	190	190

Tabel 5. Hasil Rata-rata Pengambilan Data Jam 09.00 – 12.00

Keterangan	Waktu				
	09:00	10:00	11:00	12:00	
Temperatur (°C)	<i>Input (Cumi-Cumi)</i>	-16.83	-16.83	-17.25	-17.84
	<i>Fish Hold</i>	-22.31	-22.86	-24.34	-23.43
	Lingkungan di Atas Air	27.91	29.69	30.19	29.44
	Lingkungan di Bawah Air	30.37	30.07	30.67	29.67
	<i>Cold Storage</i>	-37.90	-37.70	-39.20	-42.50
P (Psi)	<i>Suction</i>	5.71	5.43	5.00	5.00
	<i>Discharge</i>	190	190	190	190

Tabel 6. Hasil Rata-rata Pengambilan Data Jam 13.00 – 15.00

Keterangan	Waktu			
	13:00	14:00	15:00	
Temperatur (°C)	<i>Input (Cumi-Cumi)</i>	-17.19	-18.22	-18.25
	<i>Fish Hold</i>	-21.66	-22.46	-24.20
	Lingkungan di Atas Air	30.23	31.23	30.44
	Lingkungan di Bawah Air	31.34	31.03	30.47
	<i>Cold Storage</i>	-41.00	-41.70	-42.20
P (Psi)	<i>Suction</i>	5.00	5.00	5.00
	<i>Discharge</i>	190	190	190

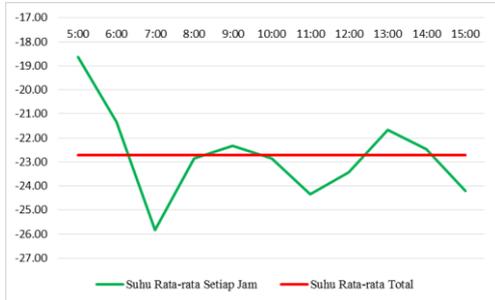
Tabel 4.7 Hasil Rata-rata Keseluruhan

Temperatur (°C)					P (Psi)	
<i>Input (Cumi-Cumi)</i>	<i>Fish Hold</i>	Lingk. Atas Air	Lingk. Bawah Air	<i>Cold Storage</i>	<i>Suction</i>	<i>Discharge</i>
-17.09	-22.72	28.99	30.06	-35.86	5	190

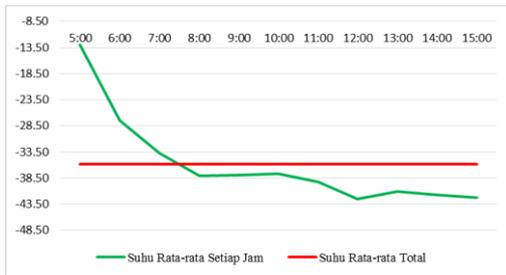
Dari data yang diperoleh dibuat grafik sebagai berikut.



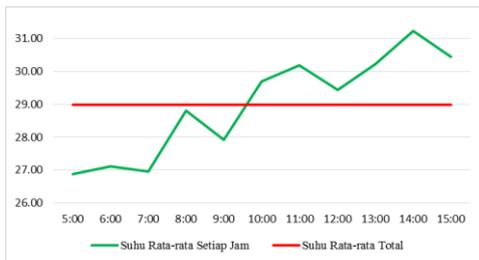
Gambar 10 Grafik Suhu *Input* (Cumi-Cumi)



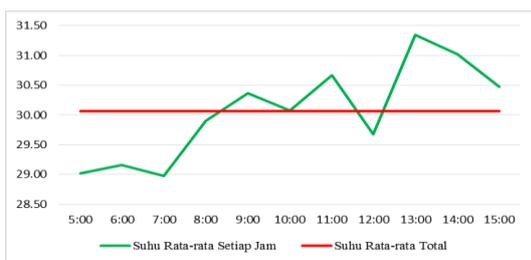
Gambar 11 Grafik Suhu *Fish Hold*



Gambar 11 Grafik Suhu *Cold Storage*



Gambar 12 Grafik Suhu Lingkungan di Atas Air

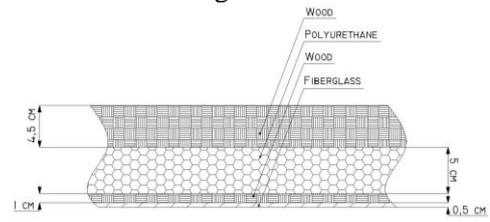


Gambar 13 Grafik Suhu Lingkungan di Bawah Air

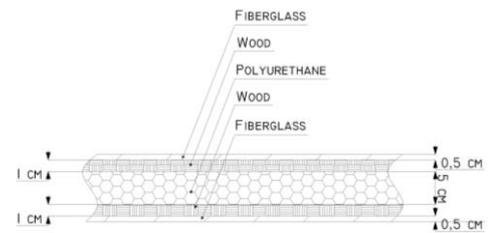
Dari hasil pengukuran yang telah didapatkan akan menjadi acuan untuk perhitungan beban pendinginan yang terdiri dari beban dinding dan beban produk. Untuk  $P_{suction}$  dan  $P_{discharge}$  untuk menganalisa sistem pendingin.

#### 4.8. Beban Dinding (qd)

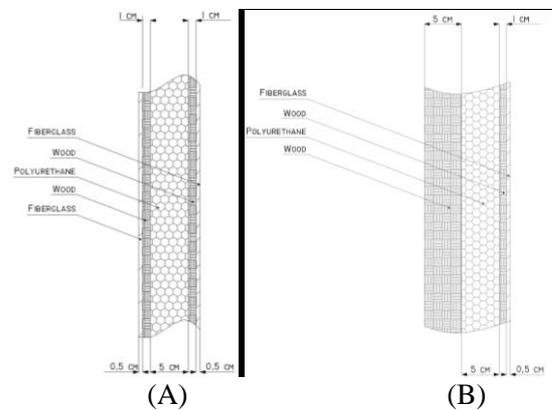
Pada perhitungan beban dinding menggunakan persamaan no. 8 pada halaman 4 dengan spesifikasi insulasi sebagai berikut:



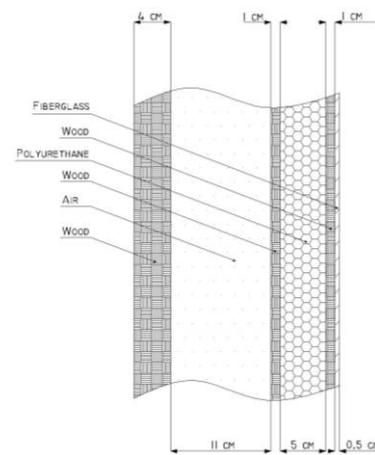
Gambar 14 Gambar Lapisan Insulasi pada Dinding Atas Palka



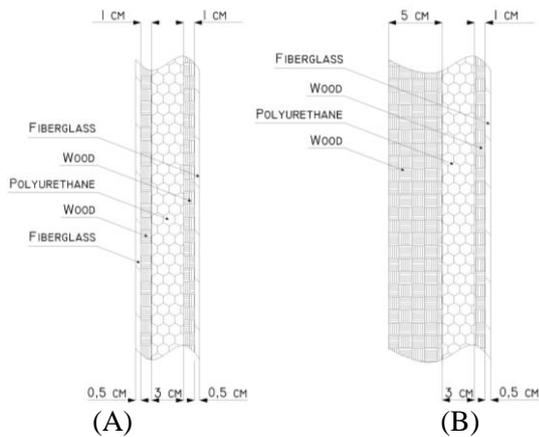
Gambar 15 Gambar Lapisan Insulasi pada Dinding Atas *Cold Storage*



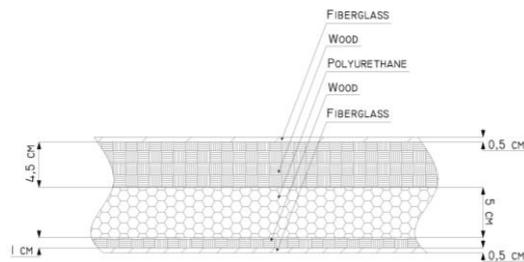
Gambar 16 (A) Gambar Lapisan Insulasi pada Sekat Palka, (B) Gambar Lapisan Insulasi pada Sekat Palka dengan Kamar Mesin.



Gambar 17 Gambar Lapisan Insulasi pada Sisi Palka



Gambar 18 (A) Gambar Lapisan Insulasi pada Sisi dan Depan *Cold Storage*, (B) Gambar Lapisan Insulasi pada Belakang *Cold Storage* dengan Kamar Mesin.



Gambar 19 Gambar Lapisan Insulasi pada Dinding Bawah *Cold Storage*

Tabel 8. Beban Dinding Palka

Nama Palka	Beban Dinding Deck (W)	Beban Dinding Depan (W)	Beban Dinding Belakang (W)	Beban Dinding Sisi (W)		Jumlah (W)
				Atas air	Bawah air	
Palka 3	70,45	61,53	0	9,93	48,22	190,13
Palka 4	70,45	61,53	0	9,93	48,22	190,13
Palka 5	71,12	0	0	10	52,18	133,30
Palka 6	71,12	0	0	10	52,18	133,30
Palka 7	142,08	0	182,24	10,13	53,21	387,66
<b>Total = 1034,53 watt</b>						

Tabel 9. Beban Dinding *Cold Storage*

Beban Dinding	Jumlah Beban (W)
Atas	275,12
Bawah	48,63
Depan	183,07
Belakang	165,13
Sisi	344,15
<b>Total = 1016,1 watt</b>	

Total qd = 1034,53 watt + 1016,1 watt  
= 2050,63 watt

#### 4.9. Beban Produk (qp)

Berdasarkan hasil wawancara dengan kapten kapal K.M. Inka Mina Makmur 376 yaitu Bapak Wajak Susanto, pada palka 3&4 mampu menampung sampai 130 kantong, palka 5&6 mampu menampung 160 kantong, dan palka 7 mampu menampung 320 kantong. Dalam 1 kantong berisi 14 kg cumi-cumi. Dan berdasarkan pengamatan di lapangan, massa cumi-cumi maksimal yang berada pada *cold storage* adalah 252 kg.

Perhitungan beban produk menggunakan persamaan no. 8 pada halaman 4. Maka diperoleh hasil beban produk sebagai berikut:

Tabel 10. Beban Produk

Nama Palka	Beban Produk
Palka 3	46.118,8 kJ
Palka 4	46.118,8 kJ
Palka 5	56.761,6 kJ
Palka 6	56.761,6 kJ
Palka 7	113.523,2 kJ
<i>Cold Storage</i>	56.236,32 kJ
<b>Total qp = 375.520,32 kJ</b>	

#### 4.10. Beban Pendinginan (qtot)

Sistem pendingin pada kapal KMN. Inka Mina Makmur 376 beroperasi dari jam 05.00-15.00 atau sama dengan 10 jam dalam setiap hari. Maka perhitungan beban pendinginan adalah sebagai berikut:

$$t = 10 \text{ jam} \\ = 36.000 \text{ detik}$$

$$q_d = 2050,63 \text{ Watt} \\ = 2050,63 \text{ Watt} \times 36.000 \text{ detik} \\ = 73.822.526 \text{ J} \\ = 73.822,53 \text{ kJ}$$

$$q_p = 375.520,32 \text{ kJ}$$

$$Q_{tot} = q_d + q_p \\ = 73.822,53 \text{ kJ} + 375.520,32 \text{ kJ} \\ = 449.342,85 \text{ kJ}$$

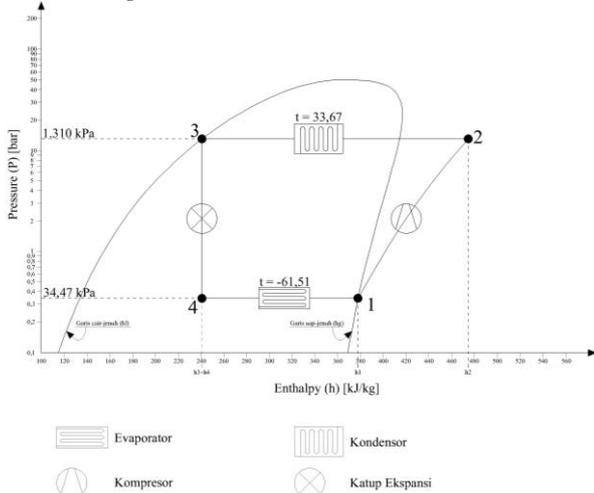
Maka beban pendinginan pada K.M. Inka Mina Makmur 376 adalah 449.342,85 kJ.

#### 4.11. Analisa Sistem Pendingin Palka

Berdasarkan hasil pengamatan di atas kapal yang sedang beroperasi, maka  $P_{Suction}$  (tekanan yang masuk ke kompresor) dan  $P_{Discharge}$  (tekanan yang keluar dari kompresor) diketahui sebagai berikut.

$$P_{\text{Suction}} = 5 \text{ Psi} = 34,47 \text{ kPa}$$

$$P_{\text{Discharge}} = 190 \text{ Psi} = 1.310,00 \text{ kPa}$$



Gambar 20 Plot R-22 pada P-h diagram

Untuk mengetahui  $h_1$ ,  $h_2$ ,  $h_3$ , dan  $h_4$  menggunakan tabel R-22 yang dikeluarkan oleh Chemours™, maka diperoleh:

$$h_1 = 377,87 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 474,8 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 = h_4 = 241,37 \text{ kJ/kg}$$

a) Kerja yang dilakukan oleh kompresor.

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

$$-w = \Delta h$$

$$= h_2 - h_1$$

$$= 474,8 \text{ kJ/kg} - 377,87 \text{ kJ/kg}$$

$$= 96,93 \text{ kJ/kg}$$

b) Panas Aktual yang dibuang oleh Kondensor ( $q$  kondensor).

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

$$q = \Delta h$$

$$= h_2 - h_3$$

$$= 474,8 \text{ kJ/kg} - 241,37 \text{ kJ/kg}$$

$$= 233,43 \text{ kJ/kg}$$

c) Kapasitas refrigerasi pada ekspansi.

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

$$0 = \Delta h$$

$$h_4 = h_3$$

$$= 241,37 \text{ kJ/kg}$$

d) Kalor yang diserap evaporator ( $q$  evap).

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

$$q = \Delta h$$

$$= h_1 - h_4$$

$$= 377,87 \text{ kJ/kg} - 241,37 \text{ kJ/kg}$$

$$= 136,5 \text{ kJ/kg}$$

e) COP.

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

$$= \frac{136,5}{96,93}$$

$$= 1,41$$

1. Analisa Kompresor

Berdasarkan hasil perhitungan beban pendinginan maka daya refrigerasi diketahui sebagai berikut:

$$q = 449.342,85 \text{ kJ/36.000 detik}$$

$$= 12,48 \text{ kW}$$

a) Laju pendaaran refrigeran.

$$W = \frac{q}{h_1 - h_4}$$

$$= \frac{12,48 \text{ kW}}{377,87 \text{ kJ/kg} - 241,37 \text{ kJ/kg}}$$

$$= 0,091 \text{ kg/dtk}$$

b) Daya yang dibutuhkan oleh kompresor.

$$P = W \times (h_2 - h_1)$$

$$= (0,091 \text{ kg/det})(474,8 \text{ kJ/kg} - 377,87 \text{ kJ/kg})$$

$$= 8,82 \text{ kW} = 11,83 \text{ HP}$$

Maka daya yang dibutuhkan kompresor untuk mendinginkan *cold storage* dan 1 palka adalah sebesar 11,83 HP.

c) Daya yang dibutuhkan oleh kompresor untuk mendinginkan *cold storage* dan seluruh palka:

$$P_{\text{cold storage}} = 2,45 \text{ HP}$$

$$P_{\text{palka}} = 8,29 \text{ HP}$$

$$\text{Total } P_{\text{palka}} = 49,74 \text{ HP}$$

$$P_{\text{total}} = 52,19 \text{ HP}$$

Maka daya total yang dibutuhkan kompresor untuk mendinginkan *cold storage* dan seluruh palka adalah sebesar 52,19 HP.

d) Persentase perbandingan antara daya kompresor hasil analisa dengan kompresor di lapangan:

$$\text{Persentase perb.} = \frac{P_{\text{analisa}} - P_{\text{lapangan}}}{P_{\text{lapangan}}} \times 100\%$$

$$= \frac{52,19 \text{ HP} - 50 \text{ HP}}{50 \text{ HP}} \times 100\%$$

$$= 4,38\%$$

Maka daya kompresor hasil analisa lebih besar 4,38% dari daya kompresor di lapangan.

2. Analisa Evaporator

$$\begin{aligned}
A_p &= 28,56 \text{ m}^2 \\
A_c &= 12,72 \text{ m}^2 \\
A_{\text{Total}} &= A_p + A_c \\
&= 28,56 \text{ m}^2 + 12,72 \text{ m}^2 \\
&= 41,28 \text{ m}^2 \\
L &= \frac{A_{\text{Total}}}{\text{keliling}} = \frac{41,28 \text{ m}}{0,29 \text{ m}} \\
&= 142,35 \text{ m}
\end{aligned}$$

Persentase perbandingan antara luas permukaan pipa hasil analisa dengan luas permukaan pipa hasil analisa di lapangan:

$$\begin{aligned}
\text{Persentase perb.} &= \frac{A_{\text{analisa}} - A_{\text{lapangan}}}{A_{\text{lapangan}}} \times 100\% \\
&= \frac{41,28 \text{ m} - 51,75 \text{ m}}{51,75 \text{ m}} \times 100\% \\
&= -20,23\%
\end{aligned}$$

Maka luas permukaan pipa hasil analisa lebih kecil 20,23% dibandingkan dengan di lapangan.

### 3. Analisa Kondensor

$$\begin{aligned}
A &= 3,24 \text{ m}^2 \\
L &= \frac{A}{\pi \times r} = \frac{3,24 \text{ m}^2}{3,14 \times 0,0175 \text{ m}} \\
&= 58,96 \text{ m}
\end{aligned}$$

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Dari analisa unjuk kerja sistem pendingin palka pada kapal ikan ukuran 34 GT di Kota Tegal, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Diperoleh rencana garis dan rencana umum kapal sesuai dengan pengukuran.
2. GT kapal menurut perhitungan sesuai dengan ketentuan dalam Keputusan Dirjen PERLA No. PY.67/1/16-02 tahun 2002 adalah sebesar 33,17 ton.
3. *Volume* total palka adalah sebesar 42,97 m<sup>3</sup>
4. Diperoleh kerja kompresor= 96,93 kJ/kg, panas aktual yang dilepas kondensor= 233,43 kJ/kg, energi yang mampu dihasilkan katup ekspansi= 241,37 kJ/kg, panas aktual yang diserap evaporator= 136,5 kJ/kg, P<sub>kompresor</sub>= 52,19 HP, L<sub>evaporator</sub>=142,35 m, Ø<sub>evaporator</sub>= 0.0267 m, L<sub>pipa kondensor</sub>= 29,48 m, Ø<sub>pipa kondensor</sub>= 0.035 m, *Coeffisien of Performance* (COP) pada sistem memiliki nilai= 1,41 artinya sistem ini memiliki efisiensi kerja yang layak (>1).

### 5.2 Saran

1. Pengambilan data yang lebih maksimal dengan mengikuti pelayaran sampai selesai untuk data yang lebih valid.
2. Mengganti refrigeran dengan refrigeran yang ramah lingkungan seperti R-134a, R-404a, dan R-507 karena refrigeran yang dipakai sudah dilarang dalam peraturan menteri Perindustrian Republik Indonesia no. 41/M-IND/PER/5/2014.
3. Melanjutkan analisa dengan menggunakan refrigeran lain yang ramah lingkungan untuk mengetahui kinerja sistem pendingin.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Riyadi, Mamat (2016). Analisa Teknis dan Ekonomis Penggunaan Sistem Pendingin *Refrigerated Sea Water* (RSW) pada Kapal Nelayan Tradisional.
- [2]. Muis, Gritis Al-Hasbi Mochamad (2016). Analisa Unjuk Kerja Desain Sistem Refrigerasi Kompresi Uap pada Kapal Ikan Ukuran 5 GT di Wilayah Rembang.
- [3]. (Nomura dan Yamazaki, 1977)
- [4]. Wahyono, Agung. 2011. Kapal Perikanan (Membangun Kapal Kayu). Balai Besar Pengembangan Ikan Direktorat Jenderal Perikanan Tangkap Kementerian Kelautan dan Perikanan. Semarang.
- [5]. Wilbert F.Stoecker, 1996, Refrigerasi dan Pengkondisian Udara.
- [6]. Yunus A Cengel, 1994, “*Thermodynamics, an Engineering Approach*”.
- [7]. R.J. Dossat, 1961, “*Principles of Refrigeration, Associate Professor of Refrigeration and Air Conditioning, University of Houston, Houston, Texas*”.
- [8]. G. Endri Kusuma, Sistem Refrigerasi dan Saluran Udara, PPNS, Surabaya.
- [9]. Ilyas Sofyan, Teknik Refrigerasi Hasil Perikanan.
- [10]. Holman, J.P., “*Heat Transfer*”, sixth edition, McGraw Hill, Ltd., New York, 1986.