

## **Seminar Nasional Kelautan XIV**

" Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia"  
Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 11 Juli 2019

# **ANALISA TEKNIS PERENCANAAN SISTEM PENDINGIN RUANG PALKAH IKAN DI KM. BINTANG MAS MURNI DARI REFRIGERAN R-22 (HCFC-22) KE R 134A**

**Muhammad Fazrul Choirudin<sup>1</sup>, Urip prayogi<sup>2</sup>**

Program Studi Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Ilmu dan Kelautan, Universitas Hang Tuah  
Korespondensi: fazrulchoirudin22@gmail.com

**Abstrak:** Perikanan sebagai suatu kegiatan ekonomi merupakan usaha manusia untuk memanfaatkan sumber daya perikanan dengan cara memanfaatkan kaidah teknologi secara ekonomis. Pemanfaatan hasil perikanan diupayakan melalui nilai pengawetan kesegaran ikan, gizi, dan nilai biologis pada ikan itu sendiri dengan cara pengawetan. Upaya pengawetan hasil perikanan adalah dengan dilakukannya teknik pendinginan dan pembekuan. Dalam proses mendinginkan dan membekukan ikan yang dilakukan berdasarkan PerMenDag Nomor: 84/M-DAG/PER/10/2015 pasal 1 ayat 2 yaitu sistem pendingin refrigeran yang digunakan tidak mengandung senyawa hydrochlorofluorocarbon (HCFC) terutama R-22 atau HCFC-22 yang berotensi dapat merusak molekul ozon di lapisan stratosfer. Sebelum adanya peraturan PerMenDag Nomor 84/M-DAG/PER/10/2015 pemerintah Indonesia juga telah menerbitkan 3 regulasi yaitu Peraturan Menteri Perdagangan Nomor: 3/M-DAG/per/1/2012 tentang ketentuan impor bahan perusak ozon (BPO); Peraturan Menteri Perindustrian Nomor: 41/M-Ind/per/5/2014 tentang larangan penggunaan HCFC dibidang perindustrian dan Peraturan Menteri Perdagangan Nomor: 55/M-Dag/per/9/2014 tentang impor barang berbasis pendingin. Berdasarkan peraturan tersebut maka R-22 harus diganti ke R-134A dengan total beban yang sudah di perhitungkan yaitu 19,55 kw dengan biaya yang akan ditentukan.

**Kata kunci:** Beban produk, beban non-produk, R-22, R-134A

## **PENDAHULUAN**

Pemanfaatan hasil perikanan diupayakan melalui nilai pengawetan kesegaran, gizi, dan biologi. Pengawetan dan pengolahan bertujuan mengurangi kekurangan fisik, gizi, dan dengan mengurangi limbah dan memanfaatkannya, dan dengan meningkatkan daya simpan dan nilai tambah. Upaya pengawetan hasil perikanan setelah di tangkap adalah dibersihkan kemudian dilakukan teknik pendinginan dan pembekuan. Teknik pendinginan berusaha untuk menurunkan suhu pusat termal hasil perikanan sampai 0°C dan pemeliharaan kondisi hasil perikanan pada suhu tersebut. Teknik pembekuan hasil perikanan mengusahakan penurunan suhu sampai -18°C atau lebih rendah dan meyimpan serta mendistribusikan ikan beku pada suhu rendah tersebut (Ilyas, 1993).

Usaha untuk mempertahankan suhu rendah adalah suatu proses mendinginkan udara sehingga dapat mencapai temperatur dan kelembaban sesuai dengan kondisi yang dipersyaratkan pada kondisi udara dari suatu ruangan tertentu, faktor suhu sangat berperan memelihara dan mempertahankan nilai kesegaran ikan. Semakin tinggi suhu produk yang disimpan maka akan cepat bakteri pembusuk berkembang biak dan sebaliknya jika suhu produk rendah akan menyebabkan bakteri lambat berkembang (Arismunandar dan Saito, 2002).

Dalam proses mendinginkan dan membekukan ikan yang dilakukan berdasarkan PerMenDag Nomor: 84/M-DAG/PER/10/2015 pasal 1 ayat 2 yaitu sistem pendingin refrigeran yang digunakan tidak mengandung senyawa hydrochlorofluorocarbon (HCFC) terutama R-22 atau HCFC-22 yang berotensi dapat merusak molekul ozon di lapisan stratosfer. Sebelum adanya

peraturan PerMenDag Nomor 84/M-DAG/PER/10/2015 pemerintah Indonesia juga telah menerbitkan 3 regulasi yaitu Peraturan Menteri Perdagangan Nomor: 3/M-DAG/per/1/2012 tentang ketentuan impor bahan perusak ozon (BPO); Peraturan Menteri Perindustrian Nomor: 41/M-Ind/per/5/2014 tentang larangan penggunaan HCFC dibidang perindustrian dan Peraturan Menteri Perdagangan Nomor: 55/M-Dag/per/9/2014 tentang impor barang berbasis pendingin. Perlindungan lapisan ozon juga merupakan salah satu upaya perlindungan lingkungan secara menyeluruh sebagaimana disebutkan dalam UU Nomor 32 Tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup.

Dengan adanya peraturan yang disebutkan di atas maka untuk mencari sparepart R22 semakin lama semakin tidak dapat ditemukan karena larangan impor ke Indonesia dan kesadaran lingkungan bahwa R22 merupakan bahan yang dapat merusak ozon. Kenyataan di lapangan penggunaan HCFC-22 masih digunakan oleh sebagian nelayan indonesia terutama di Juwana-Pati, Jawa Tengah. Guna agar nelayan mengetahui bahwa R22 sudah tidak layak untuk digunakan karena merusak ozon dan semakin lama sparepart R22 akan susah di cari, makapenulis mengambil judul “Analisa Teknis dan Ekonomis Perencanaan Sistem Pendingin Ruang Palkah Ikandi KM. Bintang Mas Murni dari Refrigeran R-22 (HCFC-22) ke R-134a”.

## RUMUSAN MASALAH

Masalah yang menjadi dasar penelitian ini adalah adanya peraturan perdagangan yang melarang impor HCFC-22 karena mengandung senyawa yang dapat merusak lapisan ozon. Karena adanya larangan impor maka untuk menggunakan suatu saat akan kekurangan mencari sparepart ataupun freon R-22.

Menganalisa teknis dan ekonomis perencanaan sistem pendingin ruang palkah ikan dengan sistem kompresi uap menggunakan refrigeran R-32 akan menimbulkan pertanyaan-pertanyaan di bawah ini:

1. Berapa beban kalor yang diserap oleh sistem pendingin.
2. Berapa biaya ekonomis untuk mengganti HCFC-22 ke R-134A.

## METODE PENELITIAN

Dalam metode penelitian ini studi permasalahan diambil di KM. Bintang Mas Murni tempatnya di Juwana,Pati. Metode penelitian ini dimana yang diteliti yaitu menghitung beban produk dan non-produk, dan menghitung biaya untuk merubah dari R-22 ke R-134A sistem refrigerasi di kapal KM. Bintang Mas Murni yang mengacu pada studi literatur.

### Pengertian Kapal Penangkap

Ikan Kapal penangkap ikan merupakan sarana apung yang memiliki geladak dan rumah geladak atau salah satunya, serta memiliki peralatan khusus untuk menangkap ikan.Untung budiarto, Kriyanto (2012). Adapun macam-macam kapal perikanan yang sesuai dengan material pembuatannya antara lain: Kapal kayu, Kapal besi, Kapal fiber, dan Kapal alumunium

### Pengertian Refrigerasi

Refrigerasi adalah produksi atau pengusahaan dan pemeliharaan tingkat suhu dari suhu beban atau ruang pada tingkat lebih rendah dari pada suhu lingkungan atau atmosfir sekitarnya dengan cara penarikan atau penyerapan panas dari bahan atau ruangan tersebut. Secara singkat dapat dikatakan bahwa refrigerasi adalah proses perpindahan panas dari suatu bahan atau ruangan. Refrigerasi yang menggunakan bantuan mesin atau alat dinamakan refrigerasi mekanik (Ilyas,1993). Pendingin (refrigerasi) adalah suatu proses pengambilan panas dari suatu zat atau ruang yang meyebabkan temperaturnya lebih rendah dari lingkungannya (Karyanto , 2005).

## **Komponen Refrigerasi**

Komponen refrigerasi terdiri dari beberapa komponen didalamnya yaitu sebagai berikut:

### A. Komponen Pokok

Komponen pokok adalah komponen yang harus ada atau di pasang dalam mesin refrigerasi. Menurut Hartanto (1985), komponen pokok tersebut meliputi: kompresor, kondensor, tangki penampung (receiver tank), katup ekspansi, dan evaporator. Masing-masing komponen mempunyai sifat-sifat yang tersendiri (Stoecker, 1989).

#### 1. Kompresor

Menurut (Parenden, 2012) kompresor berfungsi untuk menaikkan tekanan bahan pendingin gas. Untuk menjalankan fungsinya kompresor digerakkan oleh motor kompresor. Kapasitas kompresor umumnya dinyatakan dengan kkl/jam (BTU/jam) atau dalam ton refrigeran dalam suhu evaporator yang didinginkan, pemilihan kompresor yang diinginkan perlu mempertimbangkan faktor-faktor antara lain:

- a. Beban panas total yang dihitung
- b. Lamanya jam aktual operasi kompresor
- c. Kapasitas yang dihitung dari kompresor
- d. Suhu refrigeran dalam evaporator
- e. Jenis atau tipe yang tersedia

Kompresor mempunyai fungsi untuk menggerakkan sistem refrigerasi agar dapat mempertahankan suatu perbedaan tekanan antara sisi tekanan rendah dan sisi tekanan tinggi dari sistem. Dengan kata lain kompresor berfungsi sebagai suatu pompa yang menciptakan kondisi yang diperlukan pemindahan panas di evaporator dan di kondensor (Ilyas, 1992). Karyanto (2005), menambahkan fungsi kompresor adalah sebagai berikut:

- a. Mensirkulasikan bahan pendingin refrigerant
- b. Mempertinggi tekanan agar bahan pendingin dapat berkondensasi pada kondisi ruangan
- c. Mempertahankan tekanan yang konstan pada evaporator
- d. Menghisap gas tekanan rendah dan suhu rendah dari evaporator dan kemudian menekan atau memampatkan gas tersebut, sehingga menjadi gas dan tekanan suhu yang tinggi lalu dialirkan ke kondensor.



**Gambar 1.** Kompresor

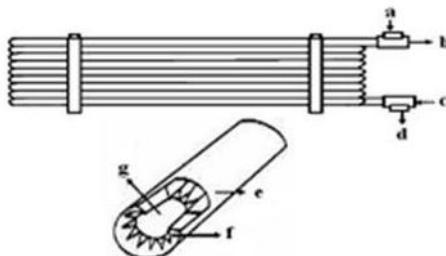
#### 2. Kondensor

Untuk mencairkan gas refrigeran dengan tekanan dan temperatur tinggi (yang keluar dari kompresor) diperlukan usaha melepaskan kalor sebanyak kalor latent, pengembunan dengan cara mendinginkan uap refrigerant tersebut (Arismunandar dan Saito, 2005). Ditambahkan (Karyanto, 2005), suatu sistem refrigerasi pendingin yang seimbang adalah jika uap pendingin yang dihisap oleh kompresor sama dengan uap yang dikondensasikan oleh kondensor.

Kondensor atau pengembun adalah bagian dari komponen sistem refrigerasi yang menerima uap refrigerant bertekanan tinggi yang panas dari kompresor lalu mengenyahkan panas tersebut dengan cara mendinginkan uap refrigerant tekanan tinggi yang panas dengan titik

embunnya dengan cara mengenyahkan panas sensibelnnya. Pengenyahan selanjutnya panas latent menyebabkan pans itu mengembun menjadi uap air (Ilyas, 1992).

Kondensor merupakan bagian penting dari sistem pendinginan. Fungsi kondensor, panas yang ditimbulkan oleh proses kompresi dipindahkan dari refrigerant ke medium pendinginan, air atau udara (Daniel Parenden, 2012).



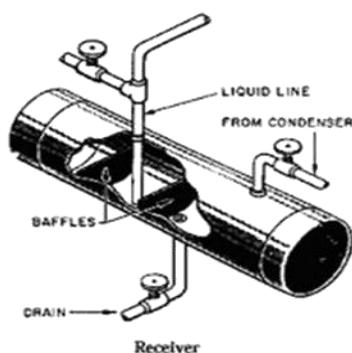
**Gambar 2.** Kondensor

### 3. Tanki Penampung (*receiver*)

Receiver atau tangki penampung adalah suatu alat yang berupa sebuah tabung atau silinder yang digunakan untuk menampung cairan bahan pendingin yang berkapasitas besar. Berdasarkan kedudukan jenis receiver dibedakan menjadi dua diantaranya:

- Receiver yang ditempatkan secara horizontal.
- Receiver yang ditempatkan secara vertical.

Lebih lanjut Arismunandar dan Saito (2005) menjelaskan bahwa penerimaan cairan harus dipasang lebih rendah daripada kondensor dan temperatur refrigerant ditangki penerimaan haruslah lebih rendah daripada di dalam kondensor. Mengalirnya refrigerant cair dari kondensor ke tangki penerima terjadi karena pengaruh gaya gravitasi.



**Gambar 3.** Receiver

### 4. Katup Ekspansi

Katup ekspansi merupakan sebuah alat digunakan untuk mengatur jumlah aliran refrigerant dan menurunkan tekanan cairan bahan pendingin (Sumanto, 2004). Katup ekspansi dipergunakan untuk mengekspansikan secara adiabatik refrigerant cair bertekanan tinggi sampai mencapai tingkat keadaan tekanan dan temperatur rendah. Selain itu, katup ekspansi mengatur jumlah masuknya refrigerant sesuai dengan beban pendingin yang harus dilayani oleh avaporator (Arismunandar dan Saito, 2005).

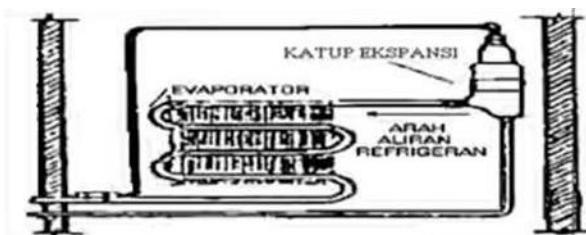


**Gambar 4.** Katup ekspansi

5. Evaporator

Evaporator adalah tempat untuk menguapkan cairan bahan pendingin yang tekanannya rendah. Pada saat proses penguapan terjadi, bahan pendingin membutuhkan panas maka panas akan diambil dari suhu lingkungan atau benda yang didinginkan. Oleh karena itu evaporator diletakkan diruang yang selalu didinginkan (Hartanto, 1984). Lebih lanjut evaporator berfungsi untuk menguapkan atau mendidihkan bahan pendingin cair dengan suhu dan tekanan rendah sambil mengambil panas dari udara yang mengalir melalui rusuk-rusuknya (Daniel Parenjen, 2012).

Menurut Arismunandar dan Saito (2005), mengatakan pada jenis ekspansi kering refrigerant cair yang di ekspansikan melalui katup ekspansi pada saat masuk ke evaporator dalam keadaan cair dan campuran uap sehingga keluar dari evaporator dalam keadaan uap kering. Sebagian besar dari evaporator berisi oleh uap refrigerant sehingga perubahan kalor uap yang terjadi begitu besar jika dibandingkan dengan keadaan dimana evaporator terisi oleh refrigerant cair. Evaporator jenis ini tidak memerlukan pasokan refrigerant dengan jumlah yang besar.



**Gambar 5.** Evaporator

B. Komponen Bantu

Adalah komponen yang dipasang pada instalasi mesin refrigerasi yang mempunyai fungsi untuk memperlancar aliran refrigerant sehingga mesin refrigerasi dapat bekerja dengan sempurna. Penggunaan alat bantu disesuaikan dengan penggunaan kapasitas, jenis refrigerant yang digunakan dan kegunaan mesin refrigerasi tersebut (Hartanto, 1984).

1. Pemisah Minyak Pelumas (*oil separator*)

*Oil separator* adalah alat yang digunakan untuk memisahkan minyak pelumas yang ikut termampatkan oleh kompresor dengan uap refrigerant betekanan tinggi. Minyak pelumas yang ikut bersama refrigerant harus dipisahkan karena jika hal ini terjadi terus-menerus, maka dalam waktu singkat kompresor kekurangan minyak pelumas sehingga pelumasan kurang baik. Disamping itu, miyak tersebut akan masuk ke dalam kondensor dan kemudian ke evaporator sehingga akan mengganggu proses perpindahan kalor (Arismunandar dan Saito, 2005).



**Gambar 6. Oil Separator**

#### 2. Filter and Dryer

Suatu alat yang digunakan untuk menyaring kotoran dan menyerap kandungan air yang ikut bersama refrigerant pada instalasi mesin refrigerasi. Alat ini merupakan suatu tabung yang di dalamnya terdapat bahan pengering (desicant), saringan kotoran, dan penahan agar bahan pengering tidak terbawa oleh aliran refrigeran yang dipasang pada kedua ujung tabung tersebut (Handoko, 1981).



**Gambar 7. Filter and Dryer**

#### 3. Indikator

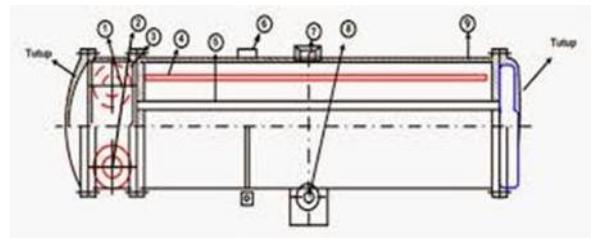
Merupakan alat yang digunakan untuk mendeteksi aliran cairan refrigerant yang ditempatkan pada saluran cairan bertekanan tinggi atau tempatnya setelah penempatan filter and dryer. Alat ini juga berfungsi untuk mendeteksi kerja atau keadaan filter and dryer (Handoko, 1981).



**Gambar 8. Indikator**

#### 4. Alat Penukar Panas (*Heat Exchanger*)

*Heat Exchanger* alat penukar panas yang gunanya untuk menambah kapasitas mesin pendingin dengan cara menyinggungkan antara saluran cairan refrigerant bertekanan tinggi dari *receiver* dengan saluran uap refrigerant bertekanan rendah dari evaporator sehingga terjadinya perpindahan panas dari cairan refrigeran bertekanan tinggi ke uap refrigerant yang akan dihisap oleh kompresor, dengan demikian cairan refrigerant bertekanan tinggi mengalami penurunan tekanan sebelum mengalir ke ktp ekspansi karena penurunan temperatur (Handoko, 1981).



**Gambar 9.** Alat penukar panas

5. Keran Solenoid (*Solenoid Valve*)

Keran solenoid adalah keran yang digunakan untuk menghentikan atau meneruskan aliran refrigerant dalam sistem refrigerasi. Kerjanya dipengaruhi oleh aliran listrik. Aliran listrik tersebut digunakan untuk membentuk magnet buatan. Gaya magnet tersebut digunakan untuk menarik plunger atau jarum nozzle sehingga saluran akan membuka. Apabila aliran listrik diputus maka magnetnya akan hilang dan akibat gaya pegas yang dihasilkan maka saluran kembali akan tertutup (Handoko, 1981).



**Gambar 10.** Keran solenoid

C. Komponen Kontrol

Tujuan penggunaan komponen kontrol adalah untuk memudahkan pengamatan keadaan pengoperasian mesin pendingin dan mengamankannya jika terjadi kelainan, sehingga kemungkinan terjadinya kerusakan yang fatal dapat dihindari (Hartanto, 1984). Berdasarkan kegunaannya komponen kontrol terbagi dalam dua macam alat pengontrol. Alat pengontrol tersebut ialah sebagai berikut:

1. Alat ukur (*Non Pneumatik*)

Alat ini hanya digunakan untuk mengetahui keadaan pengoperasian mesin pendingin antara lain:

a). *Manometer*

Manometer alat ini digunakan untuk mengukur tekanan mesin refrigerasi yang pada umumnya dipasang pada saluran pengeluaran (*discharge*) kompresor, saluran hisap (*suction*) kompresor, saluran minyak pelumas, kondensor, tangki penampung, dan akumulator (pada evaporator basah).

b). *Thermometer*

Thermometer digunakan untuk mengukur temperatur. Pada mesin refrigerasi biasanya digunakan untuk mengukur temperatur ruang pendingin, saluran media pendingin kondensor, refrigerant pada saluran hisap dan keluar kompresor dan sebagainya.

2. Alat Pengaman (Pneumatik)

Alat ini digunakan untuk mengamankan mesin pendingin apabila terjadi keadaan pengoperasian yang tidak sesuai dengan ketentuan, jenis alat pengaman yang digunakan dapat berbentuk saklar dan katup atau keran. Adapun jenisnya antara lain :

a). Saklar Tekanan Tinggi (*High Pressure Control*)

Adalah saklar listrik yang kerjanya dipengaruhi oleh keadaan refrigerant di dalam mesin pendingin yang bertekanan tinggi. Alat ini dapat mematikan kompresor secara automatic apabila tekanan kompresor terlalu tinggi (lebih tinggi dari batas tekanan yang telah ditentukan). Sehingga alat ini selalu dihubungkan dengan saluran pengeluaran kompresor.

b). Saklar Tekanan Rendah (*Low Pressure Control*)

Pada prinsipnya alat ini merupakan suatu alat automatik yang bekerja berdasarkan tekanan hisap dari kompresor. Apabila tekanan hisap kompresor terlalu rendah (lebih rendah dari tekanan yang telah ditentukan), maka alat ini akan memutuskan aliran listrik ke motor penggerak kompresor sehingga kompresor akan mati. Apabila tekanan penghisapnya naik sesuai dengan yang ditentukan maka secara otomatis akan menghidupkan kompresor kembali.

c). Saklar Tekanan Minyak Pelumas (*Oil Pressure Control*)

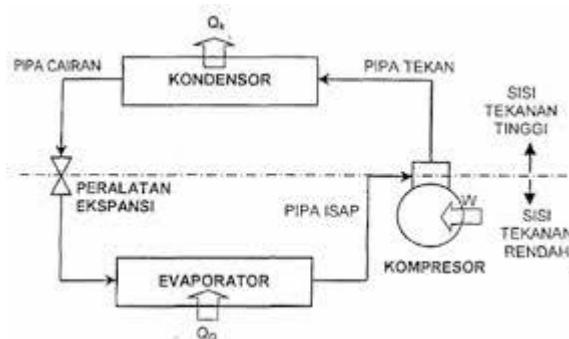
Alat kontrol yang dapat mematikan kompresor secara automatik apabila tekanan minyak pelumas pada kompresor terlalu rendah. Pada alat ini terdapat dua buah diafragma yang masing-masing kerjanya dipengaruhi oleh tekanan minyak pelumas dan tekanan penghisapan kompresor. Oleh karena itu, alat ini selalu dihubungkan dengan saluran pelumasan dan saluran penghisap kompresor.

d). Saklar Temperatur (*thermostat*)

Adalah alat yang dapat mematikan kompresor secara otomatis apabila temperatur ruangan yang didinginkan sudah mencapai temperatur yang dikehendaki. Alat ini menggunakan tabung perasa (*sensor bulb*) yang ditempatkan pada ruang pendingin untuk mendeteksi temperatur ruang pendingin. Apabila suhu di ruangan pendingin sudah sesuai dengan yang ditentukan maka *thermostat* akan menghentikan kompresor.

### Prinsip Kerja Mesin Pendingin

Kiryanto, Heri Supriyanto (2011) menjelaskan bahwa cara kerja mesin pendingin ini dapat dijelaskan sebagai berikut, kompresor yang ada pada sistem pendingin dipergunakan sebagai alat untuk memampatkan fluida kerja (refrigeran), jadi refrigeran yang masuk kedalam kompresor oleh kompresor tersebut akan dimampatkan sehingga tekanan dan temperurnya akan naik kemudian dialirkan ke kondensor.



Gambar 11.Gambar Siklus Kerja Sistem Pendingin  
Kiryanto, Heri Supriyanto (2011)

Pada bagian kondensor ini refrigeran yang telah dimampatkan akan di kondensasikan sehingga berubah fase dari refrigeran fase uap lanjut akan berubah keadaan menjadi refrigeran fase cair, dengan adanya perubahan fase dari fase uap ke fase cair maka refrigeran mengeluarkan kalor yaitu kalor penguapan yang terkandung didalamrefrigeran. Pada kondensor tekanan refrigeranya yang berada dalam pipa-pipa kondensor relatif jauh lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan refrigeran yang berada pada pipi-pipa evaporator. Setelah refrigeran lewat kondensor dan

## **Seminar Nasional Kelautan XIV**

" Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia"  
Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 11 Juli 2019

setelah melepaskan kalor penguapan dari fase uap ke fase cair maka refrigeran dilewatkan melalui katup ekspansi. Katup ekspansi ini berfungsi untuk mengatur jumlah refrigeran yang akan masuk ke evaporator dan menurunkan tekanan refrigeran sesuai dengan besarnya beban pendinginan. Dari katup ekspansi refrigeran dialirkan ke evaporator, di dalam evaporator ini refrigeran akan berubah keadaannya dari fase cair ke fase uap. Untuk merubahnya dari fase cair ke refrigeran fase uap maka proses ini membutuhkan energi yaitu energi penguapan, dalam hal ini energi yang dipergunakan adalah energi yang berada di dalam substansi baik itu benda maupun produk yang akan didinginkan. Dengan diambilnya energi yang diambil dalam substansi yang akan didinginkan maka enthalpi substansi yang akan didinginkan akan menjadi turun, dengan turunnya enthalpi maka temperatur dari substansi yang akan didinginkan akan menjadi turun. Refrigeran yang keluar dari evaporator kemudian dihisap oleh kompresor untuk dimampatkan kembali. Proses ini akan berkelanjutan terus menerus sampai terjadi pendinginan yang sesuai dengan keinginan. Dengan adanya mesin pendingin ini maka untuk mendinginkan atau menurunkan temperatur suatu substansi dapat dengan mudah dilakukan. Ditambahkan Galuh Renggan Wilis (2013), mengatakan bahwa Prinsip kerja mesin pendingin adalah refrigeran keluar dari katup ekspansi, masuk kedalam pipa-pipa evaporator. Di dalam evaporator refrigeran mulai menguap, hal ini disebabkan karena terjadi penurunan tekanan yang mengakibatkan titik didih refrigeran menjadi lebih rendah, sehingga refrigeran menguap. Di dalam evaporator refrigeran berubah fase dari cair menjadi gas. Kemudian refrigeran dalam bentuk gas tersebut dialirkan ke kondensor. Refrigeran yang mengalir melalui kondensor mempunyai tekanan dan temperatur tinggi. Dikondensor refrigeran didinginkan oleh udara luar yang mengelilingi kondensor sehingga refrigeran menjadi cair kembali, siklus ini terus terjadi berulang-ulang sehingga didapat temperatur yang diinginkan.

### **Proses Yang Berlangsung Pada Sistem Refrigerasi**

Proses-proses yang berlangsung pada sistem refrigerasi menurut Sofyan Ilyas (1993) antara lain :

#### **1. Penguapan**

Pada proses ini refrigeran cair berada pada evaporator mendidih dan menguap pada suhu tetap, walaupun telah menyerap sejumlah besar panas dari lingkungan sekitarnya yang berupa zat alir dan pangan dalam ruangan tertutup berinsulasi.

#### **2. Pemampatan Uap refrigerant**

lewat panas bersuhu dan bertekanan rendah yang berasal dari proses penguapan dimampatkan oleh kompresor menjadi uap bersuhu dan bertekanan tinggi agar kemudian mudah diembunkan, uap kembali menjadidairan di dalam kondensor.

#### **3. Pengembunan**

Pengembunan adalah proses pemindahan panas uap refrigeran bersuhu dan bertekanan tinggi hasil pemampatan kompresor ke media pengembun di luar kondensor. Media pengembun dapat berupa udara, air atau gabungan keduanya.

#### **4. Pemuiaan**

Pemuiaan adalah proses pengaturan kesempatan bagi refrigeran cair untuk memuia agar selanjutnya dapat mendidih dan menguap ke evaporator.

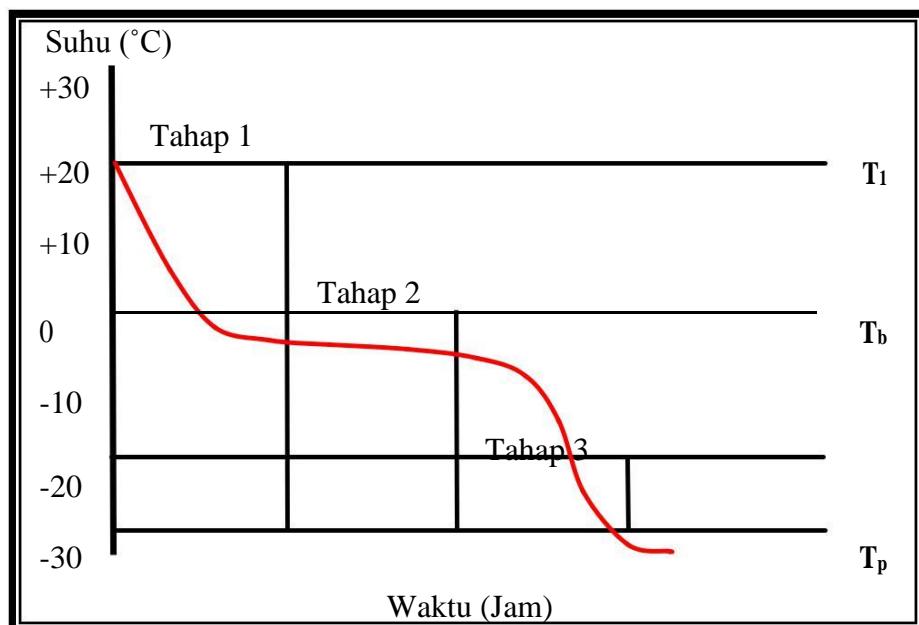
### **Beban Pendingin**

Beban pendingin merupakan jumlah panas yang dipindahkan oleh suatu sistem pengkondisian udara. Beban pendingin berasal dari ruang pendingin dan tambahan panas dari suatu produk yang akan didinginkan dan non produk Daniel Parenden (2012).

### **Beban produk**

Beban panas produk atau bisa disebut dengan beban produk adalah panas yang harus dienyahkan dari produk yang harus direfrigerasi untuk menurunkan suhu produk mencapai suhu penyimpanan (dingin atau beku) yang diinginkan (Ilyas 1993).

Faktor yang berpengaruh terhadap refrigerasi produk adalah suhu awal produk sebelum direfrigerasi, suhu akhir yang diinginkan, berat produk, lamanya waktu pendinginan atau pembekuan, dan panas spesifikasi produk. Apabila hanya didinginkan, panas yang dienyahkan hanyalah panas sensibel, panas sensibel adalah panas yang menyebabkan terjadinya kenaikan atau penurunan temperature, tetapi phasa (wujud) tidak berubah, sedangkan apabila produk yang dibekukan, perhitungan panas dilakukan melalui tiga tahap penurunan suhu (Ilyas, 1993).



**Gambar 12.** Grafik penurunan suhu selama pembekuan (Ilyas, 1988).

Tahap 1. Ikan mengalami proses penurunan suhu yang memanfaatkan proses penyerapan kalor pada tubuh ikan.

Tahap 2. Ikan memasuki awal proses dari pembekuan pada suhu 0°C air yang terkandung pada tubuh ikan mulai menjadi kristal es atau membeku.

Tahap 3. Ikan sudah mengalami pembekuan secara menyeluruh.

1. Penurunan suhu produk dari suhu awal ke suhu beku.

$$Q_{lb} = m (T_1 - T_b) \times c \quad (1)$$

Keterangan :

$Q_{lb}$  = Banyaknya beban refrigerasi (kJ)

$m$  = Berat produk (kg)

$T_1$  = Temperatur awal (oC atau oK)

$T_b$  = Temperatur akhir (oC atau oK)

$c$  = Panas spesifik ikan di atas titik beku (kJ/kg°K)

2. Pembekuan produk pada suhu pembekuan

Membekukan ikan pada temperatur beku ( $T_b$ ), yaitu panas laten yang harus dienyahkan untuk mengubah temperatur ikan dari temperatur beku menjadi padatan beku, dengan persamaan :

$$Q_b = m \times h_{if} \quad (2)$$

Keterangan :

$h_{if}$  = Panas laten pembekuan (kJ/kg)

## Seminar Nasional Kelautan XIV

" Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia"  
Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 11 Juli 2019

3. Penurunan suhu produk dari suhu pembekuan ke suhu penyimpanan (pembekuan lanjut )

Membekukan ikan lebih lanjut, dari temperatur beku Tb mencapai suhu penyimpanan beku Tp. Panas yang harus dienyahkan adalah panas sensible bawah beku dari temperatur beku Tb ke arah temperatur penyimpanan beku Tp dalam kJ. Persamaannya adalah :

$$Q_{bp} = m \times (T_b - T_p) \times c_i \quad (3)$$

Keterangan :

$c_i$  = Panas spesifik ikan bawah beku (kJ/kg<sup>o</sup>K)

Jadi total pengenyahan sejumlah panas beban produk (  $Q_p$  ) dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q_p = Q_{lb} + Q_b + Q_{bp} \quad (4)$$

Pengenyahan sejumlah panas  $Q_p$  yang dilaksanakan dalam waktu (t) adalah laju pemindahan panas  $qp$  ( dalam kW ).

$$qp = \frac{Q_p}{t} \quad (5)$$

### Beban non-Produk

Beban non-produk merupakan beban yang bukan berasal dari suatu produk yang akan didinginkan melainkan berasal dari sumber lain yaitu dari transmisi, infiltrasi dan internal (Ilyas, 1993).

1. Beban Refrigerasi yang Bersumber dari Transmisi.

Perhitungan beban panas konstruksi pintu, langit-langit dan lantai semuanya dianggap sama. persamaan laju aliran panas yang melalui sisi atau dinding dapat dihitung dengan menggunakan rumus.

$$Q_d = A \times U \times \Delta T \quad (6)$$

$Q_d$  = Jumlah panas yang dipindahkan (kW)

$A$  = Luas permukaan (m<sup>2</sup>)

$\Delta T$  = Selisih temperatur luar dan dalam (°C atau °K)

$U$  = Faktor pemindahan panas konveksi (W/m<sup>2</sup>°K)

Besarnya nilai  $U$  yang terdiri dari atas beberapa lapisan yang berbeda berikut film udara permukaan dapat diketahui dengan persamaan :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_0} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3} + \dots + \frac{x_n}{k_n} + \frac{1}{f_1}} \quad (7)$$

Keterangan :

$x$  = Tebal setiap lapisan material (m)

$k$  = Konduktivitas thermal bahan (W/m oK)

$f_0$  = Faktor film udara luar karena tiupan angin (tidak ditutup angin = 1,65)

$f_1$  = Faktor udara didalam ( $F_1 = 1,65$ )

Konduktivitas thermal (W/m<sup>2</sup> oK) adalah kesanggupan beban merambat panas. Nilainya berbeda untuk setiap bahan, bahan yang konduktivitasnya rendah disebut isolator, sebaliknya yang konduktifitasnya tinggi disebut konduktor.

**Tabel 1.** Konduktansi termal pada beberapa jenis material (Faktor K).

No	Jenis material	Faktor K
1	Plaster beton	0,72
2	Jenis kayu	0,15
3	Serat material	0,039
4	Lempengan gabus	0,043
5	Polystyrene	0,030
6	Polyurethan	0,025
7	Plaster aspal gips	0,056
8	Udara diam	0,107
9	Hasil gergajian (serut)	0,065
10	Stayrofoam	0,033
11	Fiberglass	0,035

(Sumber : Ilyas, 1983)

2. Beban Refrigerasi yang Bersumber dari Infiltrasi.

Masuknya udara ke dalam ruangan mempengaruhi suhu udara dan tingkat kelembaban di ruang tersebut. Infiltrasi (perembesan) didefinisikan masuknya udara luar tanpa kendali, yang disebabkan oleh gaya-gaya alamiah misalnya angin. (Stoecker, 1994) Besarnya panas yang masuk dapat dihitung:

Beban infiltrasi (Qu)

$$Qu = \frac{volume \times nilai \ pergantian \ udara \times faktor \ udara}{24 \ jam} \quad (8)$$

3. Beban Refrigerasi yang Bersumber dari Internal.

Sumber-sumber utama diperoleh kalor dari dalam adalah lampu-lampu, orang yang masuk dan peralatan yang dioperasikan di dalam ruang pendingin. Beban-beban internal merupakan merupakan faktor utama kebanyakan bangunan bukan rumah tinggal. Jumlah perolehan kalor dari dalam ruangan yang disebabkan oleh penerangan tergantung pada daya lampu dan jenis atau cara pemasangannya (Stoecker, 1994). Dalam perhitungan beban kalor, daya motor dan perlengkapan listrik yang digunakan oleh mesin penyegar udara harus diperhitungkan.

**Tabel 2.** Kalor Sensibel dari Peralatan Listrik.

No	Jenis Peralatan	Besar Kalor Sensibel
1	Pemanas per 1 Kw	0,86 kcal/kW
2	Motor listrik per 1 Kw	0,86 kcal/kW
3	Lampu per 1Kw	1,00 kcal/kW

(Sumber: Arismunandar, 2005)

**(1) Beban refrigerasi dari lampu listrik ( Ql )**

Laju aliran panas dari lampu listrik dapat dihitung :

$$Ql = \frac{DayaLampuxJumlahLampuxJamOperasi}{24 \ Jam} \quad (9)$$

**(2) Beban refrigerasi dari motor listrik ( Qm )**

Laju aliran panas dari motor listrik dapat diketahui :

$$Q_m = \frac{OutputMotor \times KerugiaanFriksi \times JamOperasi}{24 \text{ Jam}} \quad (10)$$

**(3) Beban refrigerasi dari orang yang bekerja**

Laju aliran panas dari orang yang bekerja dapat diketahui :

$$Q_o = \frac{JumlahOrang \times Faktor \times JamKerja}{24 \text{ Jam}} \quad (11)$$

Pada suhu kamar dingin sekitar 0° C, beban panas orang yang bekerja sekitar 0,28 kW sedangkan pada kamar beku sekitar -20°C adalah 0,41 KW per orang (Ilyas, 1993). Jadi jumlah beban refrigerasi dari internal :

$$Q_{in} = Ql + Qm + Q_o \quad (12)$$

Dari perhitungan diatas maka untuk mengetahui beban refrigerasi total adalah dengan menjumlahkan keempat beban refrigerasi tersebut, yakni dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_{tot} = Q_p + Q_u + Q_{in} + Q_d \quad (13)$$

Keterangan :

$Q_p$  = Beban refrigerasi dari produk (KW).

$Q_d$  = Beban refrigerasi dari transmisi (KW).

$Q_u$  = Beban refrigerasi dari infiltrasi (KW).

$Q_{in}$  = Beban refrigerasi dari internal (KW).

$Q_{tot}$  = Beban refrigerasi total (KW)

## METODE PENELITIAN

### Tahap Identifikasi Masalah

Melakukan identifikasi terkait permasalahan yang nantinya akan dipecahkan dalam skripsi ini, Pada tahap ini penulis melakukan kunjungan di KM. Bintang Mas Murni untuk mencari dan melihat permasalahan yang terjadi untuk dipecahkan dalam penggeraan skripsi ini. Sehingga menurut penulis didapatkan permasalahan pada sistem pendingin palkah ikan dimana pendingin ikan masih menggunakan freon R-22. Freon R-22 sendiri telah dilarang impor ke indonesia karena mengandung senyawa perusak ozon (CFC) akibat adanya larangan penggunaan Freon R-22 maka kelangkaan *sparepart* maupun freon itu sendiri akan meningkat. Di sini penulis berniat merencanakan penggantian R-22 ke R-134A dimana R-134A ini tidak merusak ozon.

**Tabel 3.** Data Sistem Pendingin KM. Bintang Mas Murni

No	Spesifikasi	Keterangan
1	<i>Merk</i>	KOM. DORIN
2	<i>Di Produksi</i>	JEPANG
3	<i>Type</i>	<i>OPEN Type</i>
4	<i>No. Cilinders</i>	2
5	<i>Bore</i>	88 (mm)
6	<i>Stroke</i>	78 (mm)
7	<i>Swept Volume</i>	949 (cm <sup>3</sup> )
8	<i>Flywheel</i>	335 (mm)

9	<i>Suction Valve</i>	35 (mm)
10	<i>Discharge Valve</i>	28(mm)
11	<i>Oil Charge</i>	4 (kg)
12	<i>Net Weight</i>	118 (kg)
13	<i>RPM Min</i>	600 RPM
14	<i>RPM Max</i>	1300 RPM
15	<i>Power input</i>	10-30 (HP)
16	<i>Refrigerant</i>	R-22

## Studi Literatur

Studi literatur digunakan untuk memperoleh informasi-informasi yang relevan, dengan mengumpulkan bahan-bahan dan keterangan yang terkait kajian teori pendukung, terkait rumusan masalah yang akan dipecahkan seperti kajian teori tentang sistem pendingin palkah ikan, beban produk dan non-produk palkah ikan, harga komponen dan pemasangan sistem pendingin. Studi literatur bersumber dari kepustakaan antara lain berbagai buku, jurnal, *paper* dan situs web sebagai pendukung.

## Pengumpulan Data

Pada tahap ini penulis harus mengumpulkan data-data yang diperlukan untuk menunjang proses penggerjaan skripsi ini, seperti:

1. Mengetahui berat produk pada ikan.
2. Mengetahui temperatur awal dan temperatur akhir pada produk.
3. Mengetahui lamanya waktu pembekuan.
4. Mengukur luas permukaan ruang palkah.
5. Mengukur temperatur (udara luar, udara dalam palkah)
6. Mengukur ketebalan setiap lapisan material dinding palkah
7. Mengetahui daya pada setiap lampu, jumlah lampu, lamanya operasi pada lampu.
8. Menghitung jumlah orang yang masuk dalam ruang pendingin dan menghitung lama orang di dalam ruang pendingin.
9. Mengukur bahan setiap lapisan material yang digunakan pada dinding ruang pendingin.
10. Bahan apa saja yang dibuat sebagai lapisan dinding palkah
11. Berapa lama proses pembekuan pada ikan
12. Berapa kapasitas muatan palkah pada ikan
13. Berapakah daya pada lampu yang digunakan pada ruang palkah

Data-data tersebut akan dibuat perhitungan untuk menentukan berapa beban produk dan non-produk sistem pendingin palkah ikan, Sehingga pada perhitungan didapat data yang *valid* dan poroses penulisan skripsi ini nantinya dapat selesai sesuai harapan penulis.

### 3.5. Perhitungan Beban Sistem Pendingin

Pada tahap ini, penulis melakukan perhitungan, yaitu:

1. Perhitungan beban produk
2. Perhitungan beban non-produk

Kemudian kedua beban pada sistem pendingin tersebut dijumlah dan apabila sesuai dan memenuhi syarat berdasarkan kompresor sebelumnya maka akan dilanjutkan ketahap selanjutnya apabila tidak sesuai dan tidak memenuhi syarat maka tahap perhitungan diulang.

### 3.6. Pembahasan

Pada tahap pembahasan, selesai melakukan perhitungan apabila beban sesuai dan memenuhi syarat berdasarkan spesifikasi kompresor R22. Dengan ini penulis melakukan pembahasan dimana dalam pembahasan ini membahas tentang:

1. Komponen apa saja yang akan di ganti dari R-22 ke R-134A
2. Biaya pemasangan dan komponen yang akan di ganti dari R-22 ke R-134A

**Seminar Nasional Kelautan XIV**

" Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia"  
Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 11 Juli 2019

**3.7. Penarikan Kesimpulan**

Kesimpulan diambil dari rangkaian analisa (studi) ini. hasil rangkaian dan perhitungan yang telah dilakukan dan pendokumentasian laporan hasil analisa yang telah dilakukan.

**HASIL DAN PEMBAHASAN****Spesifikasi Kapal**

Spesifikasi kapal pada KM. BINTANG MAS MURNI tersaji pada table 4.

**Tabel 4.** Spesifikasi Kapal KM. BITANG MAS MURNI

No	Data Kapal	Uraian
1	Nama Kapal	KM BINTANG MAS MURNI
2	Jenis Kapal	PURSE SEINE
3	Tanda Panggilan	A/713/KP-P3/004622
4	Kebangsaan	INDONESIA
5	GT	160
6	Panjang Kapal	30,4 M
7	Lebar Kapal	8,85 M
8	Dalam Kapal	5,55 M
9	Tanda Selar	JUWANA 1 GT.90 NO 1049/GL
10	Bahan Kapal	KAYU DAN FIBER
11	Jumlah Propeller	1
12	Kecepatan	7,0 knot
13	No. SIPI	26.16.0001.01.52876
14	No. SPP	H.66878/2016/250
15	No. SIUP	02.14.01.0190.7088
16	No. Laik Laut	26.16.0001.01.52876

**Perhitungan Beban Kalor Produk****Tabel 5.** Kalor dan titik beku bahan makanan

Nama bahan Makanan	Kalor jenis		Kalor beku		Titik beku	
	Sebelum Beku Btu/lb °F	Setelah Beku Btn/lb °F	Kkl/hg	Btu/lb	0°C	0°F
Daging sapi	0,75	0,40	54,7	90,0	-0,5	31,3
Daging kambing	0,67	0,30	46,6	83,5	-1,7	29
Ikan segar	0,76	0,41	56,4	101,0	-2,2	28
Ayam	0,79	0,37	59,2	106,0	-28	27
Mentega	0,64	0,34	8,4	15,0	-1,1	30
Keju	0,64	0,36	44,1	79,0	-8,3	17
Telur	0,85	0,45	55,8	100,0	-015	31,6
Susu	6,90	0,49	69,2	124,0	-016	31
Anggur	0,90	0,61	62,5	112,0	-2,2	28
Apel	0,89	0,43	68,1	122,0	-1,7	28,9
Avokad	0,91	0,49	75,9	136,0	-2,8	27,2

Nama bahan Makanan	Kalor jenis		Kalor beku		Titik beku	
	Sebelum Beku Btu/lb °F	Setelah Beku Btn/lb °F	Kkl/hg	Btu/lb	0°C	0°F
Jeruk	0,91	0,44	69,8	125,0	-7,2	28
Nanas	0,90	0,50	71,5	128,0	-1,7	29,2
Tomat	0,92	0,46	73,7	132,0	-0,4	30,6
Kentang	0,86	0,47	63,1	113,0	-1,7	29
Ketimun	0,93	6,48	76,5	137,0	-0,8	30,5
Seledri	0,91	0,46	75,9	136,0	-1,3	29,7
Kubis	0,93	0,47	73,7	132,0	-0,5	31,2
Bunga kol	0,90	0,46	74,3	133,0	-1,1	30,1
Wortel	0,86	0,45	70,4	126,0	-0,6	32
Air	0,00	0,504	80,4	144,0	0,0	32

Sumber : Handoko (1981)

### Perhitungan beban produk

Sebagai produk yang akan dibekukan mempunyai sifat – sifat sebagai berikut:

1. Kapasitas pembekuan ikan 4000 kg atau 4 ton
2. Titik beku ikan  $-2,2^{\circ}\text{C}$  rata-rata setelah pembekuan
3. Panas spesifik ikan atas beku ( $c$ ) :  $0,76 \text{ Btu/lb } ^{\circ}\text{F} = 3,181968 \text{ kJ/kg } ^{\circ}\text{K}$
4. Panas spesifik ikan bawah beku ( $c_i$ ) :  $0,41 \text{ Btu/lb } ^{\circ}\text{F} = 1,716588 \text{ kJ/kg } ^{\circ}\text{K}$
5. Panas latent pembekuan ikan ( $hif$ ) :  $56,4 \text{ kkal/kg} = 236,13522 \text{ kJ/kg}$

a. Tahap penurunan suhu

Diketahui berat ikan yang di bekukan 4000 kg, suhu awal ikan adalah  $T_1$

$27,1^{\circ}\text{C} = 300,25 \text{ K}$  dan suhu akhir ikan  $T_b = -2,2^{\circ}\text{C} = 270,8 \text{ K}$ . Maka besarnya penurunan suhu pada ikan diketahui dengan rumus:

$$\begin{aligned} Q_{lb} &= m \times c \times (T_1 - T_2) \\ &= 4000 \text{ kg} \times 3,181968 \text{ kJ/kg K} \times (300,25 \text{ K} - 270,8 \text{ K}) \\ &= 374,835,83 \text{ kJ} \end{aligned}$$



**Gambar 13.** Pengukuran Suhu Ikan Sebelum Dibekukan  
(Sumber: KM BINTANG MAS MURNI, 2019)

b. Tahap pembekuan

Tahap pembekuan dari suhu akhir ikan  $-2,2^{\circ}\text{C} = 270,8 \text{ K}$  dengan berat ikan yang di bekukan 4000 kg.

$$Q_b = m \times hif$$

$$\begin{aligned} &= 4000 \text{ kg} \times 236,1352 \text{ kJ/kg} \\ &= 94,454,08 \text{ kJ} \end{aligned}$$

## Seminar Nasional Kelautan XIV

" Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia"  
Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 11 Juli 2019

Tahap pembekuan lanjut

Membekukan ikan lebih lanjut ke temperatur beku  $T_b = -2,2^\circ\text{C} = 270,8 \text{ K}$  suhu penyimpanan beku  $T_p = -23,15^\circ\text{C} = 250 \text{ K}$ , dengan spesifikasi ikan bawah beku  $c_i = 1,716588 \text{ kJ/kg K}$ .

$$\begin{aligned} Q_{bp} &= m \times c_i \times (T_b - T_p) \\ &= 4000 \times 1,716588 / \times 270,8 - 250 \\ &= 6.866,352 \times 20,8 \\ &= 142.820,12 \end{aligned}$$

Jumlah total pengenyahan panas pada seluruh proses pembekuan ikan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_p &= Q_{lb} + Q_b + Q_{bp} \\ &= 374.835,83 \text{ kJ} + 94.454,08 \text{ kJ} + 142.820,12 \text{ kJ} \\ &= 612.110,03 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Pengenyahan sejumlah panas keseluruhan  $Q_p$  yang dilaksanakan dalam satuan waktu ( $t$ ), dapat diketahui pengenyahan panas pada saat waktu pembekuan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} q_p &= Q_p/t \\ &= \frac{612.110,03 \text{ kJ}}{20 \text{ jam}} \\ &= 30.605,5 \text{ kJ/jam} \quad \text{keterangan: } (1 \text{ kJ/h} = 0,000278 \text{ kW}) \\ &= 8,50 \text{ kW} \end{aligned}$$

### Perhitungan beban kalor non produk

#### a. Beban Transmisi

Beban transmisi dinding freezer dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q_{bp} &= A \times U \times \Delta \text{ (selisih temperatur)} \\ A &= 2 \times (\text{Panjang} \times \text{Lebar}) + 2 \times (\text{Panjang} \times \text{Tinggi}) + 2 \times (\text{Lebar} \times \text{Tinggi}) \\ &= 20,4 + 36,4 + 23,205 \\ &= 80 \text{ m}^2 - 1 \text{ m}^2 \text{ (luas pintu)} = 79 \text{ m}^2 \\ U &= \frac{1}{\frac{1}{f_0} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3} + \dots + \frac{x_n}{k_n} + \frac{1}{f_1}} \end{aligned}$$

**Tabel 6.** Nilai konduktifitas thermal pada tiap-tiap bahan dinding freezer di KM Bintang Mas Murni

No	Bahan Insulasi	Tebal X (m)	Nilai K (Watt/m°K)	X/K (m² °K/Watt)
1.	Fiberglass	0,03	0,035	0,857
2.	Lembaran papan Kayu	0,15	0,15	1
3.	Faktor film udara dalam $f_i = 1,65$ , $1/f_i = 1/1,65$			0,606
4.	Faktor film udara luar $f_o = 4$ , $1/f_o = 1/4$			0,250
<b>Total</b>				<b>2,713</b>

$$U = \frac{1}{2,713}$$

$$U = 0,368 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

**Tabel 7.** Selisih Temperatur Luar Dan Dalam di KM Bintang Mas Murni

Suhu Luar °C	Nilai K	Suhu Dalam °C	Nilai K
17,5	290,65	-23,15	250
17,5	290,65	-23,15	250
17,5	290,65	-23,15	250
16,7	289,85	-23,15	250
19,9	293,05	-23,15	250
17,6	290,75	-23,15	250
17,5	290,65	-23,15	250

$\Delta t$  (selisih temperatur)

$$\begin{aligned}
 &= (T_1 \text{ temperatur luar} - T_2 \text{ temperatur dalam}) \\
 &= T_1 : (17,5 \text{ }^\circ\text{C} = 290,65 \text{ K}) \\
 &\quad T_2 : (-23,15 \text{ }^\circ\text{C} = 250 \text{ K}) \\
 &= 290,65 \text{ K} - 250 \text{ K} \\
 &= 40,65 \text{ K}
 \end{aligned}$$

Besarnya transmisi pada dinding yaitu

$$\begin{aligned}
 Q_d &= 79 \text{ m}^2 \times 0,368 \text{ W/m}^2 \text{ K} \times 40,65 \text{ K} \\
 &= 1.181,77 \text{ W} \dots (1 \text{ W} = 0,001 \text{ kw}) \\
 &= 1,18 \text{ kw}
 \end{aligned}$$

Beban transmisi pada pintu freezer dapat dihitung dengan rumus :

$$Q_d = A \times U \times \Delta t \text{ (selisih temperatur)}$$

$$A = 1 \text{ m}^2$$

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_0} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3} + \dots + \frac{x_n}{k_n} + \frac{1}{f_1}}$$

**Tabel 8.** Nilai konduktifitas thermal bahan pintu freezer di KM Bintang Mas Murni

	Bahan Insulasi	Tebal X (m)	Nilai K (Watt/m °K)	X /K (W m² °K)
1.	Fiberglass	0,005	0,035	0,142
2.	Gabus	0,05	0,033	1,515
3.	Faktor film udara dalam $f_i = 1,65$ , $1/f_i =$ $1/1,65$			0,606
4.	Faktor film udara luar $f_o = 4$ , $1/f_o = 1/4$			0,250
<b>Total</b>				<b>2,513</b>

$$U = \frac{1}{2,513}$$

$$U = 0,397 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

## Seminar Nasional Kelautan XIV

" Implementasi Hasil Riset Sumber Daya Laut dan Pesisir Dalam Peningkatan Daya Saing Indonesia"  
Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan Universitas Hang Tuah, Surabaya 11 Juli 2019

$$\begin{aligned}\Delta t & (\text{selisih temperatur}) \\& = (T_1 \text{ temperatur luar} - T_2 \text{ temperatur dalam}) \\& = T_1 : (16,7^\circ\text{C} = 289,85 \text{ K}) \\& \quad T_2 : (-23,15^\circ\text{C} = 250 \text{ K}) \\& = 289,85 \text{ K} - 250 \text{ K} \\& = 39,85 \text{ K}\end{aligned}$$

Besarnya transmisi pada pintu freezer yaitu

$$\begin{aligned}Q_d &= 1 \text{ m}^2 \times 0,397 \text{ W/m}^2 \text{ K} \times 39,85 \text{ K} \\&= 15,82045 \text{ W} \dots \dots (1 \text{ W} = 0,001 \text{ kw}) \\&= 0,015 \text{ kw}\end{aligned}$$

Jumlah total beban transmisi pada dinding dan pintu freezer adalah :

$$\begin{aligned}Q_{d \text{ total}} &= Q_d \text{ ruang freezer} + Q_d \text{ pintu freezer} \\&= 1,18 \text{ kw} + 0,015 \text{ kw} \\&= 1,195 \text{ kw}\end{aligned}$$

- b. Beban infiltrasi Beban pertukaran udara dalam ruangan dapat di ketahui dengan rumus :

$$Qu = \frac{\text{volume} \times \text{pergantian udara} \times \text{faktor udara}}{24}$$

Beban pertukaran udara pada ruangan pembekuan

$$\begin{aligned}\text{Volume} &= (\text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi}) \text{ didapat dari surat kapal} \\&= 4 \text{ m} \times 2,55 \text{ m} \times 4,55 \text{ m} \\&= 46,41 \text{ m}^3 \dots \dots (1 \text{ m}^3 = 35,314 \text{ ft}^3) \\&= 1.638,92 \text{ ft}^3\end{aligned}$$

Pergantian udara = volume  $1.638,92 \text{ ft}^3$  yang mendekati nilai pergantian udara

$$\begin{aligned}\text{Faktor udara} &= \text{temperature ruang} -23,15^\circ\text{C} = ((9/5 \times 23,15) + 32) \\&= -9,67^\circ\text{F} \text{ atau yang mendekati} -10^\circ\text{F} \\&= 1,35 \text{ Btu/ft}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Qu &= \frac{1.630,92 \text{ ft}^3 \times 9,3 \times 1,35 \text{ Btu/ft}^3}{24} \\&= 20.576,64 \text{ Btu/h} \dots \dots (1 \text{ Btu/h} = 0,293 \text{ W}) \\&= 6.028,95 \text{ W} \dots \dots (1 \text{ W} = 0,001 \text{ kw}) \\&= 6,02 \text{ kw}\end{aligned}$$

- c. Beban internal

1. Beban dari lampu penerangan

Diketahui daya total 4 buah lampu 18 W lama waktu lampu menyala 2 jam.  $18 \text{ W} = 0,018 \text{ kw}$ . Perhitungan beban dapat dihitung dengan rumus

$$Q_l = \frac{\text{daya lampu} \times \text{jam operasi}}{24 \text{ hari}}$$

$$Q_l = \frac{0,018 \text{ kw} \times 2 \text{ jam}}{24 \text{ jam}}$$

$$Q_l = 0,0015 \text{ kw}$$



**Gambar 15.** Lampu Yang Di Gunakan Pada Ruang Freezer  
**(Sumber:** KM BINTANG MAS MURNI, 2019)

## 2. Beban orang bekerja

**Tabel 9.** Panas Ekivalen Pada Manusia

Temperature pendingin	Panas ekivalen per orang Btu/jam	Panas ekivalen per orang (KW)
50	720	0,22
40	840	0,25
30	950	0,28
20	1051	0,31
10	1200	0,35
0	1300	0,38
-10 s/d -20	1400	0,41

(Sumber : Dossat, Principle of Refrigeration 1976)

Diketahui = jumlah orang = 5  
= panas tiap orang = 0,41 kw  
= jam kerja = 2 jam

Beban orang bekerja adalah :

$$Q_l = \frac{\text{jumlah orang} \times \text{panas orang} \times \text{jam kerja}}{\text{1 hari}}$$

$$Q_l = \frac{5 \times 0,41 \text{ Kw} \times 2 \text{ jam}}{24 \text{ jam}}$$

$$= 0,17 \text{ kw}$$

## 3. Beban motor listrik

**Tabel 10.** Panas Ekivalen Pada Motor Listrik

Motor HP	Hubungan beban dalam ruang refrigerasi	Kerugian beban dalam ruang refrigerasi	Hubungan beban dalam ruang refrigerasi
1/3 – 1/2	4250	2545	1700
1/2 – 3	3700	2545	1150
3 – 20	2950	2545	400

(Sumber : Dossat, Principle of Refrigeration 1976)

Ruang pembekuan pada kapal menggunakan 4 fan blower yang digunakan pada saat pembekuan mempunyai daya 440 W (0,59 hp).

Maka beban motor listrik  $Q_m$

$$Q_m = \frac{\text{out put motor} \times \text{kerugian fiksi} \times \text{jam operasia}}{24}$$
$$Q_m = \frac{0,59 \text{ hp} \times 3700 \text{ btu/hp jam} \times 18 \text{ jam}}{24}$$
$$= 1.637,25 \text{ Btu/jam}$$
$$= \frac{1.637,25 \text{ btu}}{3.600}$$
$$= 0,45 \text{ btu/s} \quad (1 \text{ Btu/s} = 1,055 \text{ kw})$$
$$= 0,47 \text{ kw} \times 4 \text{ (blower)}$$
$$= 1,88 \text{ kw}$$



**Gambar 17.** Motor Listrik Blower  
(Sumber: KM BINTANG MAS MURNI, 2019)

#### **4. Beban refrigerasi total dari internal**

$$Q_{in} = Q_l + Q_o + Q_m$$
$$= 0,0015 \text{ kw} + 0,17 \text{ kw} + 1,88 \text{ kw}$$
$$= 2,05 \text{ kw}$$

#### **5. Beban refrigerasi total**

Dari perhitungan beban kalor keseluruhan diatas untuk mengetahui beban total pengenyahan kalor selama proses pembekuan yaitu dengan menggunakan persamaan rumus sebagai berikut:

$$Q_{tot} = Q_p + Q_d + Q_u + Q_{in}$$
$$= 8,50 \text{ kw} + 1,195 \text{ kw} + 6,02 \text{ kw} + 2,05 \text{ kw}$$
$$= 17,77 \text{ kw} + 10\% \times 17,77 \text{ kw}$$
$$= 19,55 \text{ kw}$$

#### **Biaya pergantian refrigerant dari R-22 ke R-134A**

Berdasarkan spesifikasi kompresor pada sistem pendingin di KM. Bintang Mas Murni yang di tunjukkan pada manual book kompressor Maka pergantian komponen dan modifikasi sistem pendingin tidak di perlukan karena dapat langsung menggunakan R-134A dimana sistem ini sudah mendukung akan refrigerant tersebut.

Adapun harga R-134A berdasarkan gambar adalah Rp.1.750.00,00. R-134A pada saat *running* pada sistem pendingin harus mempunyai tekanan pada *suction pressure* yaitu 22-57 psi (David Dunning,2018) agar bekerja secara optimal sehingga untuk memcapai tekanan yang diperlukan membutuhkan ± 8 Tabung. Jadi dapat disimpulkan untuk biaya pembelian R-134A yaitu:

= Harga pertabung x banyaknya tabung yang dibutuhkan

$$= \text{Rp. } 1.750.000 \times 8 = \text{Rp. } 14.000.000,00$$

Kemudian biaya perbaikan pergantian refrigerant menurut teknisi sistem pendingin yang ada di sekitar, biaya penggantian atau pengisian ulang dari R-22 ke R-134A berdasarkan beban sistem pendingin yang telah dihitung berkisar antara 2-4 juta dengan alasan sistem yang mempunyai kapasitas besar sehingga lebih sulit dalam pengerjaannya. Sehingga kisaran total dari biaya pergantian refrigerant dari R-22 ke R-134A yaitu Rp.14.000.000,00 + Rp. 4.000.000,00 = Rp.18.000.000,00

## KESIMPULAN

Simpulan analisa yang penulis lakukan adalah sebagai berikut:

1. Jumlah total beban kalor yang diserap pada ruang pembekuan mesin pendingin dimana terdiri dari beban produk, beban non-produk dan beban transmisi selama 18 jam sebesar 19,55 kw.
2. Biaya total yang di keluarkan untuk mengganti dari refrigerant R-22 ke R-134A yaitu Rp.18.000.000,00 dimana biaya tersebut meliputi pembelian refrigerant dan biaya pengisian refrigerant dikarenakan sistem refrigerasi mendukung akan pemakaian R-134A.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, W. dan Heizo Saito. 2002. *Penyegaran Udara*. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Budiarto, Untung. dan Karyanto. 2012. *Perencanaan Kapal Ikan Untuk Nelayan Daerah Tegal*. Universitas Diponegoro.
- Dunning, D. 2018. Normal running pressure for R134A, Sciencing.
- Ilyas, S. 1993. *Teknologi Refrigerasi Hasil Perikanan Jilid I Teknik Pendinginan Ikan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan. Jakarta.
- Parenden, D. 2012. *Perencanaan Cold Storage Pada Ruang Palkah Kapal Ikan ARUJAYA 30 GT*.
- Paringga, E. dan Karyanto. *Teknik Mesin Pendingin*: CV. Restu Agung. Jakarta. 2005.
- PerMenDag Nomor 84/M-DAG/PER/10/2015 tentang impor barang sistem pendingin.
- Peraturan Menteri Perdagangan Nomor: 3/M-DAG/per/1/2012 tentang ketentuan impor bahan perusak ozon (BPO).
- Peraturan Menteri Perindustrian Nomor: 41/M-Ind/per/5/2014 tentang larangan penggunaan HCFC dibidang perindustrian.
- Peraturan Menteri Perdagangan Nomor: 55/M-Dag/per/9/2014 tentang impor barang berbasis pendingin.
- Stoecker, W.F., 1994. Refrigeransi dan Pangkondisian udara, Erlangga, Jakarta.
- Supriyanto, H. Dan Kiryanto. 2011. *Analisa Teknis dan Ekonomis Sistem Pendingin Ruang Palkah Ikan Dengan Sistem Kompresi Uap Menggunakan Refrigeran R22*. Universitas Diponegoro.
- Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup.
- <https://m.indotrading.com/product/freon-surva-r134a-p7864.aspx> ditelusur pada bulan mei 2019.