

SKRIPSI

**PENGARUH VARIASI PANJANG PIPA KAPILER
TERHADAP KINERJA PENDINGIN PALKA IKAN**

Disusun dan diajukan oleh:

**ANDI FIRMANSYAH
D091191008**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**



Optimized using
trial version
www.balesio.com

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**PENGARUH VARIASI PANJANG PIPA KAPILER
TERHADAP KINERJA PENDINGIN PALKA IKAN**

Disusun dan diajukan oleh


Andi Firmansyah
D091191008


Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 22 Agustus 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Dr. Eng. Faisal M, S.T., M.Inf.Tech., M.Eng. IPM
NIP 19810211 200501 1 003


Ir. Syerly Klara, M.T
NIP 19640501 199002 2 001



Ketua Program Studi,

Dr. Eng. Faisal M, S.T., M.Inf.Tech., M.Eng., IPM
NIP 19810211 200501 1 003



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;
Nama : Andi Firmansyah
NIM : D091191008
Program Studi : Teknik Sistem Perkapalan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

(PENGARUH VARIASI PANJANG PIPA KAPILER TERHADAP KINERJA
PENDINGIN PALKA IKAN)

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 22 Agustus 2024

Yang Menyatakan


METERAI
TEMPEL
21803ALX326573315
Andi Firmansyah



ABSTRAK

ANDI FIRMANSYAH. *Pengaruh Variasi Panjang Pipa Kapiler Terhadap Kinerja Pendingin Palka Ikan* (dibimbing oleh Dr. Eng Fasial Mahmudin S.T., M.Eng dan Ir. Hj. Syerly Klara, M.T.)

Umumnya cara yang digunakan nelayan tradisional untuk mempertahankan kesegaran ikan masih cenderung konvensional yaitu dengan pemberian es batu dan garam. Pada dasarnya pengawetan ini bertujuan untuk menghambat berkembangnya bakteri yang dapat memicu terjadinya pembusukan pada ikan. Alternative yang bisa dipakai untuk masalah pendinginan di kapal ikan tersebut, Pengaplikasian sistem pendingin sangatlah beragam, salah satunya adalah sistem refrigerasi kompresi uap. Sistem kompresi uap adalah sistem refrigerasi yang paling umum digunakan. Pada sistem refrigerasi kompresi uap dengan kapasitas yang kecil, alat ekspansi yang sering digunakan adalah pipa kapiler. Untuk mencapai efisiensi sistem yang tinggi, ukuran pipa kapiler harus disesuaikan dengan kapasitas kompresor, karena jika ukuran pipa kapiler tidak sesuai maka hambatan gesek pada pipa kapiler tidak sesuai yang mengakibatkan efisiensi dari sistem berkurang. Untuk mengetahui panjang pipa kapiler yang paling baik dalam menurunkan suhu pendingin palka ikan dan untuk mengetahui apakah variasi Panjang pipa kapiler berpengaruh terhadap *Coefficient Of Performance* sistem pendingin ikan. maka pada penelitian ini dilakukan eksperimen dengan 3 variasi panjang pipa kapiler yang berbeda dengan diameter yang sama. penurunan suhu yang terbaik terjadi pada Panjang pipa kapiler 2,5 meter, selama 180 menit pengujian didapatkan suhu akhir 3,4°C, sedangkan penurunan suhu yang kurang maksimal terjadi pada variasi panjang pipa kapiler 2 meter dengan suhu akhir 13,4°C dengan pengujian selama 180 menit. Perubahan panjang pipa kapiler juga berdampak pada *Coefficient Of Performance* (COP) dari sistem pendingin ikan. Pada pipa kapiler dengan panjang 2 meter, COP yang dihasilkan adalah 5,72. Ketika panjang pipa kapiler ditingkatkan menjadi 2,5 meter, COP menurun menjadi 5,15. Selanjutnya, dengan panjang pipa kapiler 3 meter, COP kembali menurun menjadi 4,32.

Kata Kunci : pipa kapiler, Sistem Pendingin, COP



ABSTRACT

ANDI FIRMANSYAH. *The Effect of Capillary Pipe Length Variation on Fish Hatch Cooling Performance (supervised by Dr. Eng Fasial Mahmudin S.T., M.Eng dan Ir. Hj. Syerly K,lara, M.T.)*

Generally, the method used by traditional fishermen to maintain the freshness of fish still tends to be conventional, namely by applying ice cubes and salt. Basically, this preservation aims to inhibit the development of bacteria that can trigger decay in fish. Alternative that can be used for cooling problems on the fishing boat, the application of the cooling system is very diverse, one of which is a vapor compression refrigeration system. The vapor compression system is the most commonly used refrigeration system. In vapor compression refrigeration systems with small capacities, the expansion device often used is a capillary pipe. To achieve high system efficiency, the size of the capillary pipe must be adjusted to the capacity of the compressor, because if the size of the capillary pipe is not appropriate, the frictional resistance in the capillary pipe is not appropriate, which results in reduced efficiency of the system. To find out the length of the capillary pipe that is best at reducing the temperature of the fish hatch cooler and to find out whether the variation in the length of the capillary pipe has an effect on the Coefficient Of Performance of the fish cooling system. then in this study experiments were carried out with 3 variations of different capillary pipe lengths with the same diameter. the best temperature drop occurs at a capillary pipe length of 2.5 meters, during 180 minutes of testing a final temperature of 3.4°C was obtained, while the less than maximum temperature drop occurs in the 2 meter capillary pipe length variation with a final temperature of 13.4°C with testing for 180 minutes. Changes in capillary pipe length also have an impact on the Coefficient Of Performance (COP) of the fish cooling system. In the capillary pipe with a length of 2 meters, the resulting COP is 5.72. When the length of the capillary pipe was increased to 2.5 meters, the COP decreased to 5.15. Furthermore, with a capillary pipe length of 3 meters, the COP again decreased to 4.32.

Translated with DeepL.com (free version)

Keywords : *capillary pipe, Cooling System, COP*



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN.....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	ix
DAFTAR LAMPIRAN	x
KATA PENGANTAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Kapal Ikan	4
2.2 Prinsip Penyimpanan Ikan	4
2.3 Sistem Pendingin.....	5
2.4 Komponen Sistem Pendingin.....	6
2.5 Prinsip Kerja Sistem Pendingin	12
BAB III METODE PENELITIAN.....	16
3.1 Lokasi Penelitian.....	16
3.2 Studi Literatur	16
3.3 Pengumpulan Data	16
3.4 Peralatan Pengujian.....	19
3.5 Prosedur Pengujian.....	20
3.5 Kerangka Alur Penelitian.....	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Skema Kerja Rangkaian.....	23
4.2 Hasil Eksperimen Pada Sistem Pendingin	24
4.3 Perhitungan <i>Coefficient Of Performance</i> (COP)	28
4.4 Pembahasan.....	31
BAB V KESIMPULAN	32
5.1 Kesimpulan	32
5.2 Saran.....	32
DAFTAR PUSTAKA	33



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Kompresor.....	6
Gambar 2 Kondensor	7
Gambar 3 Filter	8
Gambar 4 Pipa Kapiler.....	8
Gambar 5 Evaporator	9
Gambar 6 Thermostat.....	10
Gambar 7 Refrigerant 134a.....	10
Gambar 8 Siklus kerja sistem pendingin.....	12
Gambar 9 Diagram Tekanan Terhadap Entalpi	13
Gambar 10 Ketebalan Material Sistem Pendingin	16
Gambar 11 Ukuran Palka Sistem Pendingin	17
Gambar 12 Aki.....	17
Gambar 13 variasi panjang pipa kapiler.....	18
Gambar 14 Termometer Digital	19
Gambar 15 Multimeter Digital.....	19
Gambar 16 <i>Pressure Gauge</i>	20
Gambar 17 Kerangka Alur Penelitian	22
Gambar 18 Skema Sistem Kerja Rangkaian	23
Gambar 19 Grafik suhu dengan Panjang pipa kapiler 3 meter	25
Gambar 20 Grafik suhu dengan Panjang pipa kapiler 2,5 meter	26
Gambar 21 Grafik suhu dengan panjang pipa kapiler 2 meter.....	27
Gambar 22 Grafik laju penurunan suhu pada Panjang pipa kapiler berbeda.....	28
Gambar 23 Diagram nilai COP pada variasi pipa kapiler.....	30



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Hubungan suhu dengan kegiatan bakteri dan mutu ikan	4
Tabel 2 Sifat Thermodinamika dari sifat Refrigerant	11
Tabel 3 Ketebalan material sistem pendingin	16
Tabel 4 Ukuran sistem pendingin	17
Tabel 5 Ukuran Pipa Kapiler.....	18
Tabel 6 Hasil Eksperimen Panjang Pipa kapiler 3 Meter.....	24
Tabel 7 Hasil Eksperimen Panjang Pipa kapiler 2,5 Meter.....	25
Tabel 8 Hasil Eksperimen Panjang Pipa kapiler 2 Meter.....	26
Tabel 9 Data suhu kondensor dan evaporator pada pipa kapiler yang berbeda....	28
Tabel 10 Nilai Entalphi Pipa Kapiler 2 meter.....	29
Tabel 11 Nilai Entalphi Pipa Kapiler 2,5 Meter	29
Tabel 12 Nilai Entalphi Pipa Kapiler 3 Meter	30



DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang / Singkatan	Arti dan Keterangan
h_1	Entalpi fluida setelah keluar dari evaporator dan sebelum masuk ke kompresor.
h_2	Entalpi fluida setelah keluar dari kompresor dan sebelum masuk ke kondensor.
h_3	Entalpi fluida setelah keluar dari kondensor dan sebelum masuk ke katup ekspansi.
h_4	Entalpi fluida setelah keluar dari katup ekspansi dan sebelum masuk ke evaporator.
T_{eva}	Temperatur evaporator ($^{\circ}C$)
T_{cond}	Temperatur kondensor ($^{\circ}C$)
P_{eva}	Tekanan evaporator (Mpa)
P_{cond}	Tekanan kondensor (Mpa)
W_{comp}	Daya kompresor (kW)
Q_{con}	Beban kalor kondensor (kW)
Q_{ev}	Beban kalor evaporator (kW)
\dot{m}	Laju aliran massa pendingin refrigerant (kg/s)
COP	Coefficient of Performance
W	Efek refrigerasi (kJ/kg)
V	Tegangan (volt)
P	Tekanan (Bar)
T	Suhu ($^{\circ}C$)



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil pengujian <i>coolbox</i> menggunakan pipa kapiler 2 meter.....	36
Lampiran 2 Hasil pengujian <i>coolbox</i> menggunakan pipa kapiler 2,5 meter.....	38
Lampiran 3 Hasil pengujian <i>coolbox</i> menggunakan pipa kapiler 3 meter.....	40
Lampiran 4 Diagram P-H R134A pada variasi pipa 3 meter	42
Lampiran 5 Diagram P-H R134A pada variasi pipa 2,5 meter	43
Lampiran 6 Diagram P-H R134A pada variasi pipa 2 meter	44
Lampiran 7 Foto Pengukuran tekanan	45
Lampiran 8 Spesifikasi Refrigerant r134a	47



KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidaya-Nya serta sholawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “*PENGARUH VARIASI PANJANG PIPA KAPILER TERHADAP KINERJA PENDINGIN PALKA IKAN*”. Tujuan penulisan ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan dalam jenjang perkuliahan Strata I di Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hassanuddin. Tak lupa sholawat serta salam juga penulis harutkan kepada Rasulullah Muhammad SAW beserta para sahabat.

Selesainya Skripsi/Tugas Akhir (TA) ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui ini penulis memberikan ucapan terima kasih sebanyak – banyaknya kepada :

1. Penulis sendiri karena telah mampu berjuang dan mampu bertahan hingga saat ini.
2. Kedua orang tua penulis karena telah menjadi orang tua terhebat yang selalu memberukan motivasi, nasehat, perhatian dan kasih sayang serta doa yang tentu takkan bisa penulis balas.
3. Dr. Eng. Faisal Mahmudin, S.T., M. Tech, M. Eng. selaku pembimbing 1 yang telah meluangkan banyak waktu untuk memberukan arahan, bimbingan dan motivasi mulai dari awal penelitian hingga terselesaiakannya skripsi ini.
4. Ibu Ir. Hj. Syerly Klara, M.T selaku pembimbing 2 yang telah meluangkan banyak waktu untuk memberikan arahan, bimbingan serta motivasi mulai dari awal penelitian hingga terselesaikan skripsi ini.
5. Surya Haryanto, S.T., M.T. dan Balqis Shintarahayu, S.T., M.Sc. Selaku dosen penguji dalam skripsi ini, yang telah memberi masukan, saran, dan kritik yang membangun dalam penyusunan skripsi ini.
6. Dosen – dosen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas

Hassanuddin yang telah memberikan ilmu, motivasi serta bimbingannya selama proses perkuliahan



7. Staf Tata Usaha Departement Teknik Sistem Perkapalan yang telah membantu segala aktivitas administrasi baik selama perkuliahan dan juga dalam penyelesaian skripsi ini.
8. Teman-teman Angkatan 2019, Khususnya KORTNOZZLE 19 yang telah memberikan banyak pengalaman baru yang tidak mungkin bisa penulis lupakan termasuk berbagai rasa dan canda tawa.
9. Kepada yang tidak bisa saya sebutkan namanya saya ucapkan maaf, terima kasih, dan sehat selalu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian skripsi ini terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis berharap adanya kritik dan saran sebagai bahan untuk memenuhi kekurangan dari penulis skripsi ini.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Gowa, Agustus 2024

Penulis



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang memiliki wilayah perairan yang lebih luas bila dibandingkan dengan wilayah daratannya. Luas wilayah perairan Indonesia mencapai 5,8 Juta Km² sedangkan wilayah daratnya hanya memiliki luas 1,9 Juta Km². Luasnya wilayah laut Indonesia mengandung sumberdaya perikanan laut yang sangat besar. Potensi produksi perikanan laut Indonesia cukup besar.

Luasnya laut di Indonesia membuat sebagian besar penduduk sekitar pantai memilih untuk berprofesi sebagai nelayan. Mayoritas nelayan di Indonesia adalah nelayan kecil yang masih memanfaatkan cara sederhana untuk penangkapan dan penanganan ikan. Salah satu permasalahan yang sering dihadapi adalah mengenai penanganan dan pemasaran ikan. Nelayan mengharapkan hasil tangkapan yang segar sampai ditangan konsumen, namun faktanya hasil tangkapan ikan mengalami perubahan yang mengakibatkan harga jual ikan menjadi rendah.

Selama ini, kebanyakan nelayan mendinginkan hasil tangkapannya dengan cara yang masih konvensional. Menggunakan es basah dinilai cara yang sederhana dan murah. Pada dasarnya, pendinginan ikan ini dimaksudkan untuk menghambat metabolisme bakteri. Sehingga pertumbuhan bakteri tersebut terhambat, dan ikan tidak menjadi rusak dan busuk. Ikan yang telah ditangkap, pada umumnya akan disimpan pada ruang muat (palka) kapal. Sehingga lama penyimpanan ikan tersebut tidak cukup sehari atau dua hari tetapi berhari-hari (Sovanda, 2013).

Untuk itu diperlukan sebuah sistem pendingin yang optimal dan juga ramah terhadap lingkungan. Sistem pendingin palka ikan berbasis energi surya menjadi salah satu opsi yang dapat digunakan. Selain penggunaan dan pengaplikasian yang cenderung lebih mudah dibandingkan energi terbarukan yang lain, juga sangat memungkinkan diterapkan pada perahu nelayan (Mahmuddin dkk., 2022).

Pengaplikasian sistem pendingin sangatlah beragam, salah satunya adalah refrigerasi kompresi uap. Sistem kompresi uap adalah sistem refrigerasi yang umum digunakan. Pada sistem refrigerasi kompresi uap dengan kapasitas kecil, alat ekspansi yang sering digunakan adalah pipa kapiler. Pada penelitian



lainnya, (Ozkar, Hendradinata, dan Beta 2017) melakukan penelitian mengenai pengaruh variasi panjang dan diameter pipa kapiler terhadap COP pada trainer sistem pendingin dasar. Pipa kapiler yang digunakan adalah ukuran 0,026 inci dan 0,042 inci dengan panjang masing masing 200 cm, 150 cm, 100 cm, dan 50 cm. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis COP pada trainer dasar sistem pendingin dan memberikan rekomendasi tentang diameter pipa kapiler dan panjang pipa kapiler yang efisien. Untuk mencapai efisiensi sistem yang tinggi, ukuran pipa kapiler harus disesuaikan dengan kapasitas kompresor, karena jika ukuran pipa kapiler tidak sesuai maka hambatan gesek pada pipa kapiler tidak sesuai yang mengakibatkan efisiensi dari sistem berkurang.

Berdasarkan uraian diatas, Adapun judul dari penelitian ini mengenai “PENGARUH VARIASI PANJANG PIPA KAPILER TERHADAP KINERJA PENDINGIN PALKA IKAN”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian diatas, dapat dirumuskan permasalahan yang ada, yaitu :

1. Bagaiman variasi panjang pipa kapiler mempengaruhi penurunan suhu pendingin palka ikan?
2. Apakah perubahan panjang pipa kapiler berdampak pada *Coefficient Of Performance* dalam sistem pendingin ikan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini dilakukan yaitu sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui panjang pipa kapiler yang paling baik dalam menurunkan suhu pendingin palka ikan dari variasi panjang pipa kapiler yang sudah diujikan.
2. Untuk mengetahui apakah variasi Panjang pipa kapiler berpengaruh terhadap *Coefficient Of Performance* sistem pendingin ikan.



Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Menambah referensi dalam bidang keilmuan dan penelitian dalam memperoleh pengetahuan tentang desain dan data eksperimen mengenai karakteristik *coolbox* yang menggunakan refrigerant R-134a.
2. Memberikan solusi kemudahan dalam merancang/mendesain system pendingin dengan menggunakan refrigerant R-134a

1.5 Ruang Lingkup

Berikut adalah Batasan masalah pada penelitian ini :

1. Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen.
2. Variasi pengujian hanya pada panjang pipa kapiler yang berbeda-beda dan di uji secara bergantian.
3. Refrigerant yang digunakan menggunakan refrigerant R-134a
4. Penelitian ini berfokus untuk mengetahui kinerja yang optimal terhadap sistem pendingin palka ikan.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapal Ikan

Menurut peraturan pemerintah No.11 Tahun 2023, Kapal perikanan merujuk kepada kapal, perahu, atau alat apung lainnya yang digunakan dalam berbagai kegiatan terkait perikanan, seperti menangkap ikan, mendukung operasi penangkapan ikan, pembudidayaan ikan, pengangkutan ikan, pengolahan ikan, pelatihan perikanan, dan penelitian/eksplorasi perikanan. Kapal penangkap ikan dijelaskan sebagai kapal yang digunakan untuk menangkap ikan, termasuk kegiatan seperti menyimpan, mendinginkan, dan/atau mengawetkan ikan. Kapal Pengangkut Ikan, di sisi lain, merujuk kepada kapal yang secara khusus dirancang untuk mengangkut, memuat, menyimpan, mengumpulkan, menyimpan, mendinginkan, dan/atau mengawetkan ikan.

2.2 Prinsip Penyimpanan Ikan

Ikan tergolong pangan yang paling cepat membusuk. Kerusakan atau penurunan mutu ikan dapat segera terjadi setelah ikan mengalami kematian. Penurunan mutu ikan dapat dihambat dengan perlakuan suhu rendah. Penggunaan suhu rendah berupa pendingin dan pembeku dapat memperlambat proses-proses biokimia atau aktivitas bakteri dalam tubuh ikan.

Untuk lebih jelasnya hubungan suhu dengan kegiatan bakteri dan mutu ikan dapat dilihat pada table berikut;

Tabel 1 Hubungan suhu dengan kegiatan bakteri dan mutu ikan

No	Suhu (°C)	Kegiatan Bakteri	Mutu Ikan
Suhu tinggi			
1.	25-10	Sangat cepat	Cepat menurun daya awet sangat pendek (3-10 jam)
	10-2	Pertumbuhan lambat	Mutu Turun lambat, daya awet pendek (2-5 hari)



No	Suhu (°C)	Kegiatan Bakteri	Mutu Ikan
Suhu rendah			
2.	2 -1	Pertumbuhan bakteri jauh berkurang	Penurunan mutu agak dihambat, daya awet wajar. (3-10 hari)
	-1	Kegiatan dapat ditekan	Sebagai ikan basah penurunan minimum, daya awet ikan basah (5-20 hari)
Suhu sangat rendah			
3.	(-2) - (-10)	Ditekan, tidak aktif	Penurunan mutu minimum ikan jadi beku, daya awet panjang (7-30hari)
	-18 dan lebih rendah	Ditekan minimum, bakteri tidak tersisa tidak aktif.	Mutu ikan beku lebih baik, daya awet sampai setahun

Sumber: Nugroho. (2016)

Suhu yang digunakan untuk mendinginkan ikan memiliki kriteria tersendiri, mulai dari 5 °C yang hanya cukup untuk mengawetkan ikan selama 4 hari, dan jika sampai -1 °C maka daya awet ikan dapat diperpanjang menjadi 15 bahkan 20 hari (Budiarto, 2016).

2.3 Sistem Pendingin

Mesin pendingin, atau yang lebih dikenal sebagai refrigerator, merupakan perangkat yang berfungsi untuk mengambil panas dari dalam ruangan dan mengeluarkannya ke luar ruangan dengan tujuan menurunkan temperatur benda atau ruangan tersebut di bawah temperatur lingkungan, menciptakan suhu yang lebih rendah. Oleh karena itu, operasi mesin pendingin selalu melibatkan proses aliran panas dan perpindahan panas (Gunawan et al., 2014).

Dalam kehidupan sehari-hari, teknologi refrigerasi lebih dikenal dalam bentuk produknya yang berupa es, lemari dingin (*refrigerator* rumah tangga), dan lain - lain. Dalam sektor perikanan, contoh penggunaan adalah ruang an dingin (*cold storage*) yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan n adalah bahan pangan yang mudah membusuk, dan teknik pendinginan



terbukti efektif dalam menjaga kesegarannya sehingga ikan tetap terlihat seperti baru ditangkap dari air. Oleh karena itu, teknik pendinginan dapat diaplikasikan secara luas pada setiap sektor perikanan (Stephan & Razali, 2014).

Beberapa metode atau sistem Pendingin ikan di kapal adalah :

1. Pendingin Ikan dengan es (*icing*)
2. Pendingin ikan dengan udara dingin (*chilling in cold air*)
3. Pendinginan ikan dengan es air laut
4. Pendinginan ikan dengan air yang didinginkan (*chilling in water*)
5. Pendinginan ikan dengan es kering
6. Pendingin ikan dengan teknologi refrigerasi

2.4 Komponen Sistem Pendingin

Adapun komponen yang menyusun rangkaian sistem pendingin yaitu sebagai berikut:

1. Kompresor



Gambar 1 Kompresor

Kompresor merupakan salah satu komponen terpenting dalam sistem pendingin yang berfungsi menekan refrigeran atau freon secara reversibel (dapat terbalik) dan isentropic (entropi konstan). Kerja atau usaha yang diberikan pada refrigeran akan menyebabkan kenaikan pada tekanan sehingga temperatur refrigeran akan lebih besar dari temperatur lingkungan atau refrigeran mengalami fasa superheat. Kompresor memompa refrigeran ke



seluruh komponen melalui sistem pemipaan (Bahan ajar hmkb761,2018).
Ada 3 kerja yang dilakukan oleh kompresor:

- Fungsi penghisap

Proses ini membuat cairan refrigerant dari evaporator dikondensasi dalam temperatur yang rendah ketika tekanan refrigerant dinaikkan.

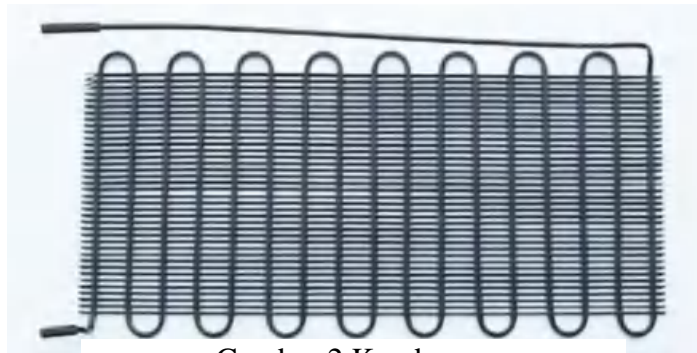
- Fungsi penekanan

Proses ini membuat gas refrigerant dapat ditekan sehingga membuat temperatur dan tekanannya tinggi lalu disalurkan ke kondensor, dan dikabutkan pada temperatur yang tinggi.

- Fungsi pemompaan

Proses ini dapat dioperasikan secara kontinyu dengan mensirkulasikan refrigerant berdasarkan hisapan dan kompresi.

2. Kondensor



Gambar 2 Kondensor

Kondensor akan mengubah uap tekanan tinggi menjadi cairan bertekanan tinggi dengan bantuan medium pendingin pada kondensor (udara maupun cair). Kalor dari ruangan dan panas dari kompresor akan diserap oleh medium pendingin. Seperti halnya kompresor, kondensor juga terdiri dari beberapa jenis, di antaranya jenis tabung dan pipa horizontal, jenis tabung dan koil, jenis pipa ganda, dan jenis pendingin udara (Sungadiyanto, 2006)



3. Filter



Gambar 3 Filter

Filter pada mesin pendingin terbuat dari tembaga dan berfungsi sebagai penyaring untuk menghilangkan partikel kotoran yang ikut terbawa oleh refrigeran. Proses penyaringan ini bertujuan untuk mencegah terjadinya penyumbatan di dalam pipa kapiler, terutama karena pipa kapiler memiliki diameter yang lebih kecil daripada pipa-pipa lainnya. Kotoran yang disaring ini dapat berupa residu debu yang mungkin terbawa selama proses pengelasan atau uap air yang masih tertinggal dalam sistem (Matheis, 2017).

4. Pipa Kapiler



Gambar 4 Pipa Kapiler

Sistem pengontrol laju refrijeran yang paling sederhana adalah pipa kapiler. Seperti namanya pipa kapiler terdiri dari pipa panjang dengan diameter yang sangat kecil. Diameter pipa kapiler antara 0,26 in sampai 0,4 inci. Pada ukuran panjang dan diameter tertentu, pipa kapiler memiliki tahanan gesek yang cukup tinggi sehingga dapat menurunkan tekanan kondensasi yang tinggi ke tekanan evaporasi yang rendah. Pipa kapiler fungsi menakar jumlah refrijeran cair ke evaporator dan untuk menjaga la tekanan anantara tekanan kondensasi dan tekanan evaporasi tetap konstan (amsuri, 2008).



Bila hambatan gesek pipa kapiler terlalu besar, karena pipa kapilernya terlalu panjang atau terlalu kecil, maka kapasitas pipa untuk menyalurkan refrigeran cair dari kondenser ke evaporator menjadi lebih kecil dibandingkan dengan kapasitas kompresi. Akibatnya evaporator kekurangan refrigeran cair, tekanannya turun. Di lain pihak refrigeran cair di kondensor naik, sehingga tekanan kondensasinya naik. Efek pendinginan kurang. Sebaliknya, jika hambatan gesek pipa kapiler terlalu kecil, karena pipa kapilernya terlalu pendek atau terlalu besar, maka kapasitas pipa untuk menyalurkan refrigeran cair dari kondenser ke evaporator menjadi lebih besar dibandingkan dengan kapasitas kompresi. Akibatnya evaporator kelebihan refrigeran cair, tekanannya naik. Tidak semua refrigeran cair dapat menguap di evaporator. Kompresor menghisap liquid refrigeran (Syamsuri, 2008).

5. Evaporator



Gambar 5 Evaporator

Evaporator adalah salah satu komponen utama dari sistem pendinginan di mana cairan refrigerant mengalir untuk menyerap panas dari produk yang didinginkan sambil berubah fasa. Temperatur refrigerant di dalam evaporator selalu lebih rendah daripada temperatur sekelilingnya, sehingga panas dapat mengalir ke refrigerant. Panas dari ruangan pendingin mengalir masuk melalui lapisan insulasi. Selain itu, terdapat berbagai sumber panas lain di dalam ruangan pendingin, seperti panas dari produk. (Azhar, 2017).

Evaporator dari sistem pendingin bertindak sebagai penukar panas. Di dalam evaporator, fluida kerja dapat melalui proses pertukaran panas dengan produk yang menyerap energi panas. Sementara proses penyerapan panas menciptakan kondisi lingkungan yang dingin, dalam sistem pendinginan



evaporator menjadi tempat pelepasan panas dari lingkungan ke fluida kerja. Suhu refrigeran yang memasuki evaporator mendekati suhu kamar dan pada tingkat tekanan rendah. Suhu refrigeran lebih rendah daripada suhu kamar. Evaporator yang ada pada coolbox ini dipasang pada dinding coolbox dengan cara dililitkan.

6. Thermostat



Gambar 6 Thermostat

Komponen ini tak kalah penting dari komponen lainnya. Thermostat berfungsi untuk mengontrol suhu apabila terjadi pembekuan fan evaporator. Thermostat juga sangat penting untuk mengontrol suhu agar tetap stabil dan sesuai dengan kebutuhan.

7. Refrigerant



Gambar 7 Refrigerant 134a

Refrigerant atau yang sering kita sebut Freon adalah cairan yang menyerap panas pada suhu rendah dan menolak panas pada suhu yang lebih tinggi. Prinsip-prinsip refrigerant memungkinkan untuk digunakan pada door unit dan indoor unit langsung menjalankannya dengan baik, karena hubungan tekanan suhu. Hubungan tekanan suhu ini memungkinkan untuk dapat mentransfer panas. Refrigeran sangat penting dalam suatu sistem mesin



pendingin, karena refrigeran berfungsi sebagai fluida yang dapat menyerap panas pada evaporator dan kemudian melepaskan panas tersebut setelah memasuki kondensor Metode pendinginan (refrigerasi) ini akan berhasil dengan menggunakan bantuan zat refrigerant. Refrigerant akan bertindak media penyerap dan pemindah panas dengan cara merubah fasanya. Refrigerant adalah suatu zat yang mudah berubah fasanya dari cair menjadi uap dan sebaliknya apabila kondisi tekanan dan temperturnya diubah.

Pemilihan jenis refrigerant Jenis refrigerant yang paling banyak digunakan pada mesin pendingin adalah R22, yang satu ini memiliki potensi pemanasan perusakan ozon senilai 0.05 jika dibandingkan dengan jenis freon lainnya yang hanya bernilai 0. Namun, freon jenis ini tidak mudah terbakar.

Akan tetapi, di Indonesia, peraturan pemerintah melalui Departemen Perindustrian dan Perdagangan nomor (41/M-IND/PER/5/2014), (40/MDAG/PER/7/2014) dan (55/M-DAG/PER/9/2014) menyatakan bahwa sejak tahun 2015 lalu, freon dengan jenis R22 ini dihapus dan tidak diizinkan untuk digunakan lagi. Oleh karena itu, semua pabrik AC di Indonesia dilarang memproduksi, mengimpor atau bahkan menjual produk AC yang masih menggunakan jenis freon R22 ini. Jadi alternative refrigerant yang bisa dipilih dan paling cocok dengan alat pada penelitian ini adalah refrigerant 134a.

Tabel 2 Sifat Thermodinamika dari sifat Refrigerant

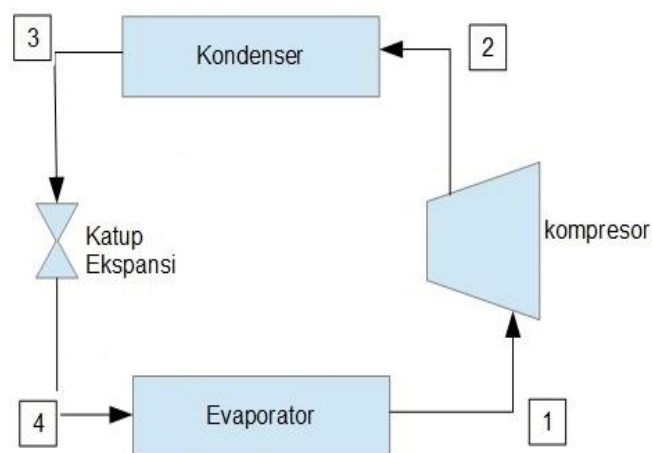
No.	Parameter	R-12	MC-12	R-22	MC-22	R-134a	MC-134
1	Rasio Tekanan Kompresi	3.1	3.1	3.0	2.8	3.4	3.1
2	Efek Refrigerasi, Kj/Kg	1.25	314	168	299	159	314
3	Aliran gas, Cfm/Ton	8.21	3.28	6.12	3.44	5.49	3.28
4	Koefisien Performance, COP	3.35	3.39	3.20	3.26	3.31	3.38
5	Temperatur glide, K		7.8		0.1		7.7

number: (Jonathan Martin Limbon, 2011)



2.5 Prinsip Kerja Sistem Pendingin

Sistem kerja mesin pendingin atau alur refrigerant dimulai dari kompresor yang berfungsi menghisap dan menekan refrigerant dengan tekanan tinggi berwujud gas mengalir kearah kondensor dan terjadi proses kondensasi dari wujud gas menjadi cair. Sebelum masuk ke kondensor terdapat strainer yang berfungsi sebagai filter kotoran supaya tidak masuk ke pipa kapiler. Dari kondensor, refrigerant mengalir ke pipa kapiler/katup ekspansi lalu terjadi penurunan suhu dan tekanan (Fakhrudin, 2021).



Gambar 8 Siklus kerja sistem pendingin

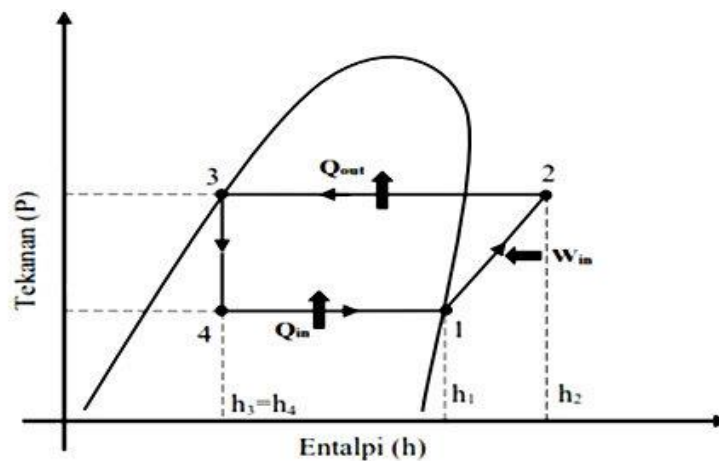
1. Proses 1 – 2 (kompresi), merupakan proses kompresi uap refrigeran dari keadaan awal tekanan dan temperatur rendah yang dikompresi secara reversibel dan isentropik sehingga mengakibatkan tekanan dan temperaturnya menjadi lebih tinggi daripada temperatur lingkungan.
2. Proses 2 – 3 (kondensasi), proses ini terjadi di kondensor dimana uap refrigeran dengan tekanan dan temperatur tinggi tersebut kemudian masuk ke kondensor untuk melepas panas ke lingkungan hingga berubah fasa menjadi refrigeran cair bertekanan tinggi.
3. Proses 3 – 4 (ekspansi), refrigeran cair yang masih bertekanan tinggi kemudian masuk alat ekspansi untuk diturunkan tekanannya sehingga temperaturnya pun (lebih rendah daripada temperatur lingkungan) dan sebagian refrigerant tersebut berubah fasa menjadi uap.



4. Proses 4 – 1 (evaporasi), proses ini terjadi di evaporator yang merupakan proses terjadinya penguapan refrigeran cair menjadi uap jenuh kembali akibat penambahan panas dari beban yang ada di evaporator untuk selanjutnya di kompresi kembali di kompresor.

2.6 Kinerja Mesin Refrigerasi Kompresi

Untuk mengetahui besar beban pada mesin pendingin seperti ditunjukkan pada gambar, dimana system siklus pendingin memerlukan kerja pada masing – masing komponen seperti kondensor, kompresor, evaporator dan katup ekspansi (Stoecker,1982).



Gambar 9 Diagram Tekanan Terhadap Entalpi

1. Usaha pendingin refrigerasi atau efek refrigerasi

$$W = h_1 - h_4 \text{ (kJ/kg)} \quad (1)$$

Dimana :

h_1 = Enthalpi refrigerant titik 1 (kJ/kg)

h_4 = Enthalpi refrigerant titik 4 (kJ/kg)

2. Laju aliran pendingin refrigerant

Yaitu merupakan jumlah refrigerant yang disirkulasi tiap satuan waktu.

$$\dot{m} = \frac{Q \text{ total beban pendingin}}{w} \text{ (kg/s)} \quad (2)$$

Dimana :

Q total beban pendingin = beban kalor pendingin (kW)

w = Efek refrigerasi (kJ/kg)



3. Kerja Kompresi

Kerja kompresi ditunjukkan oleh proses 1-2. Dengan menggunakan persamaan (Stoecker,1982). Maka kerja kompresi dapat dirumuskan sebagai:

$$W_{comp} = \dot{m} (h_2 - h_1) \text{ (kJ/s)} \quad (3)$$

Dimana :

\dot{m} = Laju perpindahan massa refrigerant (kg/s)

h_2 = Enthalpi refrigerant titik 2 (kJ/kg)

h_1 = Enthalpi refrigerant titik 1 (kJ/kg)

4. Kerja Kondensor

Di kondensor, uap refrigerant diembunkan, panas lepas ke lingkungan dan terjadi perubahan fase refrigerant dari uap ke cair. Dari kondensor dihasilkan refrigerant cair bertekanan tinggi dan bersuhu rendah. Sehingga dapat di rumuskan sebagai berikut: (Sungadiyanto,2006).

$$Q_{con} = \dot{m} (h_2 - h_3) \text{ (kJ/s)} \quad (4)$$

Dimana:

\dot{m} = Laju perpindahan massa refrigerant (kg/s)

h_2 = Enthalpi refrigerant titik 2 (kJ/kg)

h_3 = Enthalpi refrigerant titik 3 (kJ/kg)

5. Kapasitas Refrigerant atau Kerja Evaporator

Kapasitas refrigerasi menunjukkan jumlah panas yang diambil oleh refrigerant dari lingkungan. Proses ini terjadi di evaporator dan ditunjukkan oleh proses 1-4, dan dapat dirumuskan dengan persamaan berikut: (Sungadiyanto,2006).

$$Q_{ev} = \dot{m}(h_1 - h_4) \quad (5)$$

Dimana:

\dot{m} = Laju perpindahan massa refrigerant (kg/s)

h_1 = Enthalpi refrigerant titik 1 (kJ/kg)

h_4 = Enthalpi refrigerant titik 4 (kJ/kg)

6. Koefisien Prestasi (*Coefficient of Performance*)

Koefisien Prestasi (*Coefficient of Performance*) COP merupakan bandingan antara Refrigerasi bermanfaat yang dihasilkan oleh sistem dingin untuk menghilangkan panas dari lingkungan dengan energi yang



dikeluarkan oleh kompresor. Unjuk kerja (COP) merupakan besaran tanpa dimensi. Unjuk kerja (COP) adalah besarnya energi yang berguna, yaitu efek refrigerasi dibagi dengan kerja yang diperlukan sistem (kerja kompresi). Semakin besar nilai COP semakin efisien sebuah mesin pendingin. Untuk mengukur COP sistem pendingin ialah dampak refrigerasi dibagi dengan kerja kompresi, sesuai dengan penjelasan (Stoecker, 1982).

$$COP = \frac{Q_{ev}}{W_{comp}} \quad (6)$$

Dimana :

Q_{ev} = Kapasitas Refrigerasi (kw)

W_{comp} = Kerja Kompresor (kw)

