

**DESAIN SISTEM PENDINGIN PENYIMPANAN IKAN
BERBASIS ENERGI SURYA**

SKRIPSI



NURMAINNAH

D331 14 003

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

**DESAIN SISTEM PENDINGIN PENYIMPANAN IKAN
BERBASIS ENERGI SURYA**

SKRIPSI

*Ditujukan untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin*



NURMAINNAH

D331 14 003

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2021

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Desain Sistem Pendingin Penyimpanan Ikan
Berbasis Energi Surya

Nama Mahasiswa : Nurmainnah

Stambuk : D33114003

Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Menyetujui:

Pembimbing I



Ir. Sverly Klara, MT.

NIP. 196405011990022001

Pembimbing II



Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, S.T., M.Eng.

NIP. 19810211200501 1 003

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Sistem

Perkapalan Fakultas Teknik

Universitas Hasanuddin



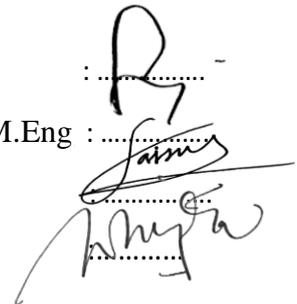
LEMBAR PERSETUJUAN

Judul skripsi : Desain Sistem Pendingin Penyimpanan Ikan Berbasis
Energi Surya
Nama Mahasiswa : Nurmainnah
NIM : D33114003

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh Panitia Ujian Sarjana Program Strata Satu (S1) Teknik Sistem Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik pada tanggal 9 Agustus 2021.

Panitia Ujian Sarjana

Ketua : Ir. Sherly Klara, MT.
Sekretaris : Dr.Eng. Faisal Mahmuddin, S.T., M.Inf.Tech.,M.Eng :
Anggota : Andi Husni Sitepu, S.T., MT..
: Dr. Eng. Ir. Andi Erwin Eka Putra,ST.,MT.



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nurmainnah
NIM : D331 14 003
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul Desain Sistem Pendingin Penyimpanan Ikan Berbasis Energi Surya adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri.

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

Makassar, 18 Agustus 2021

Yang menyatakan



(Nurmainnah)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah Tuhan Yang Maha Kuasa yang telah memberikan rahmat dan bimbingan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. terselesainya skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dorongan berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam kepada berbagai pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

1. Ir. Sherly Klara, MT., selaku pembimbing I yang selalu bersedia meluangkan waktu ditengah-tengah kesibukan beliau dan juga atas masukan dan naseha-nasehat bijaknya selama proses penulisan skripsi ini.
2. Dr. Eng. Faisal, ST., M.Inf.Tech., M.Eng selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan selama proses penulisan skripsi ini.
3. Andi Husni Sitepu, ST., MT; Dr.Eng Andi Erwin Eka Putra, ST., MT selaku tim penguji atas saran dan masukannya untuk kesempurnaan skripsi ini.
4. Seluruh dosen dan staff pengajar yang telah mengabdikan diri untuk menjadi pengajar ilmu di Program Studi Teknik Sistem Perkapalan Universitas Hasanuddin: Surya Hariyanto, ST., MT; Iqbal

Nikmatullah, ST., MT; Ir. Zulkifli, MT; Dr. Andi Haris Muhammad, ST., MT; Rahimuddin, ST., MT; Haryanti Rivai, ST., MT., Ph.D; Hasnawiyah Hasan, ST., M.Eng; Dr. Ir. Ganding Sitepu, Dipl. Ing; Baharuddin, ST., MT; M. Rusdy Alwi, ST., MT

5. Ungkapan terima kasih yang mendalam untuk orang tua Sabili Sandiri dan Ibu Dasia serta saudari-saudariku Satiawati Sabili , Mardiana dan Saida.
6. Rekan-rekan S1 Teknik Sistem Perkapalan 2014 khususnya Juarni dan Muhammad Baharuddin Arif Aswar.
7. Rekan-rekan Labo Sistem Bangunan Laut.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam penulisan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan bagi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas segala bantuan dan dukungan yang diberikan. Semoga Allah membalas kebaikan tersebut, baik di dunia maupun di akhirat kelak. Amin.

Gowa,

Nurmainnah

DESAIN SISTEM PENDINGIN PENYIMPANAN IKAN BERBASIS ENERGI SURYA

Nama Mahasiswa : Nurmainnah
NIM : D331 14 003
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Pembimbing I : Ir. Syerly Klara, MT.
Pembimbing II : Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, ST., M.Eng.

ABSTRAK

Cara yang dipakai nelayan untuk mempertahankan kesegaran ikan adalah dengan pemberian es batu dan garam. Pendinginan dilakukan dengan memberi es batu pada ikan, tetapi pemberian es batu ini akan membuat volume palka semakin kecil dan biaya produksi akan semakin besar. Pemberian garam pada ikan akan membuat rasa ikan berubah dan beratnya menjadi berkurang. Alternatif yang bisa dipakai untuk masalah pendinginan di kapal ikan terutama kapal EV KALINA, salah satunya adalah dengan cara menggunakan sistem pendingin ikan berbasis energy surya. Dimana energy surya dapat dimanfaatkan untuk memproduksi energi listrik sehingga dirancang sistem pendingin tempat penyimpanan ikan berbasis energy surya. Dan didapatkan nilai COP dari refrigerant R134A adalah 5,6 dengan jumlah panel yang dibutuhkan adalah 4 lembar.

Kata Kunci : Kapal nelayan, Refrigerant, COP

DESAIN SISTEM PENDINGIN PENYIMPANAN IKAN BERBASIS ENERGI SURYA

Name : Nurmainnah
NIM : D331 14 003
Department : Marine System Engineering
Supervisor I : Ir. Syerly Klara, MT
Supervisor II :Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, ST., M.Eng.

ABSTRACT

The method used by fishermen to maintain the freshness of fish is by giving ice cubes and salt. Cooling is done by giving ice cubes to the fish, but giving this ice cubes will make the volume of the hold smaller and production costs will be higher. Adding salt to the fish will change the taste of the fish and reduce its weight. Alternatives that can be used for cooling problems on fishing boats, especially EV KALINA vessels, one of which is by using a solar energy-based fish cooling system. Where solar energy can be used to produce electrical energy, a solar energy-based fish storage cooling system is designed. the COP value of refrigerant R134A is 5.6 with the number of panels needed is 4 sheets.

Keywords : Fishing Boat, Refrigerant , COP

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan	ii
Lembar Persetujuan.....	iii
Pernyataan Keaslian	iv
Kata Pengantar	v
Abstrac	vii
Daftar Isi.....	xi
Daftar Gambar.....	xii
Daftar Table	xiii
Daftar Simbol.....	xiv
 Bab I Pendahuluan	 1
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Rumusan Masalah.....	3
I.3. Batasan Masalah	3
I.4. Tujuan Penelitian	4
I.5. Manfaat Penelitian	4
I.6. Sistematika Penulisan	4
 Bab II Tinjauan Pustaka	 6
II.1.Kapal Perikanan.....	6
II.2.Pengawetan Ikan Dengan Es	9
II.2.1.Menentukan Suhu Awal Ikan	10
II.2.2.Isolasi Ruang Palka	11
II.3.Dasar-Dasar Teori Perpindahan Panas	12
II.3.1.Koefisien Perpindahan Kalor Menyeluruh.....	14

II.3.2.Perhitungan Beban Kalor	16
II.4.Refrigerator.....	19
II.4.1.Pengertian Refrigerator	19
II.4.2.Jenis-Jenis Refrigerator	19
II.4.3.Sistem Pendingin	20
II.4.3.1.Komponen-Komponen Sistem Pendingin	20
II.4.3.2.Jenis-Jenis System pendingin	27
II.4.3.3.Kinerja Mesin Refrigerasi Kompresor	29
II.4.3.4.Sistem Kerja Mesin Pendingin	33
II.5.Photovoltaic	34
II.5.1.Pengertian Photovoltaic.....	34
II.5.2.Prinsip Kerja Sel Surya (Photovoltaic).....	35
II.5.3. Jenis-Jenis Photovoltaic	36
Bab III Metode Penelitian	38
III.1. Lokasi dan Waktu Kegiatan Penelitian	38
III.2. Metode Penelitian.....	38
III.2.1.Studi Literatur	38
III.2.2.Data Utama Kapal	38
III.2.3.Spesifikasi Ikan Tangkapan	39
III.2.4.Cara Analisis Data.....	39
III.3. Ketebalan Material Pendingin Ikan.....	40
III.4.Pemilihan Jenis Refrigerant	41
III.5.Kerangka Pemikiran.....	41
BAB IV Hasil dan Pembahasan	42
IV.1.Koreksi Ruang Muat Sistem Refrigerasi	42

IV.2. Penentuan Beban Pendinginan Sistem Refrigerasi	43
IV.3. Perhitungan Kerja Sistem Refrigerasi Kompresi	47
IV.4. Menghitung kebutuhan panel surya	54
IV.5. Analisis dan Pembahasan	55
BAB V Penutup	59
Daftar Pustaka	60

Lampiran

- Lampiran 1 Temperature Table Refrigerant R410A
- Lampiran 2 Temperature Table Refrigerant R513A
- Lampiran 3 Diagram p-h Refrigerant R410A
- Lampiran 4 Diagram p-h Refrigerant R513A
- Lampiran 5 Diagram p-h Refrigerant R134A
- Lampiran 6 Perhitungan Excel

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perpindahan kalor menyeluruh melalui dinding datar	15
Gambar 2.2 Jaringan tahanan thermal.....	15
Gambar 2.3 Dinamo dan kompresor	21
Gambar 2.4 Kondensor	22
Gambar 2.5 Pipa kapiler pada Mesin Pendingin.....	24
Gambar 2.6 Evaporator	25
Gambar 2.7 Pipa evaporator berada dalam mesin pendingin/kulkas	25
Gambar 2.8 Refrigerant R513a	27
Gambar 2.9 Siklus kompresi	28
Gambar 2.10 Diagram terhadap entalpi s.....	30
Gambar 2.11 Policristaline.....	37
Gambar 3.1 Kapal EV Kalina	38
Gambar 3.2 Sketsa Ruang Muat Pendingin Ikan	40
Gambar 4.1 Panel Surya.....	53

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Sifat-sifat Penting Beberapa Material Isolasi	12
Tabel 3.1	Data Utama Kapal.....	39
Tabel 3.2	Konduktivitas Termal Bahan.....	40
Tabel 4.1	Tabulasi Refrigerant R410A.....	49
Tabel 4.2	Tabulasi Refrigerant R513A.....	51
Table 4.3	Tabulasi Refrigerant R134A.....	54
Tabel 4.3	Hasil Perhitungan Beban Kalor Total Pada Pendingin.....	56
Tabel 4.4	Hasil Perhitungan Kerja System Kompresi	56
Tabel 4.5	Kebutuhan Panel Surya.....	57

DAFTAR SIMBOL

U	=	Koefisien pengaliran panas menyeluruh(kkal/m ² jam°C)	
Q	=	Kalor yang dilepas atau diserap	(Kkal)
m	=	Massa	(kg)
c	=	Panas spesifik	(kkal/ kg °C)
Δt	=	Perbedaan suhu awal dan akhir	(°C)
Q _{Ti}	=	Jumlah energy panas pada ikan	(Kkal)
Q _{Mt}	=	Beban pengaliran panas melalui dinding	(Kkal)
Q _a	=	Beban laju perpindahan panas melalui udara	(Kkal)
N _r	=	Jumlah tutup palka dalam sehari	(Time/perhari)
V _r	=	Volume ruang pendinginan	(m ³)
V _O	=	Spesifik volume udara pada sisi udara luar	(m ³ /kg)
W	=	Usaha	(kj/kg)
H	=	Entalpi	(kj/kg)
ṁ	=	Laju aliran pendinginan refrigerant	(kg/s)
COP	=	Coeficient of performance	

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Energi memiliki peran penting dan tidak dapat dilepaskan dalam kehidupan manusia. Terlebih, saat ini hampir semua aktivitas manusia sangat tergantung pada energi. Dalam satu hari penuh kita umumnya akan membutuhkan listrik sejak bangun tidur hingga malam hari. Tidak jarang kita merasakan penggunaan listrik banyak dan bahkan berlebihan. Hal ini mungkin kita sadari ketika melihat tagihan listrik per bulannya. Sejak dulu diketahui kalau di dunia terdapat sumber energi terbarukan dan tidak terbarukan. Ketersediaan sumber daya alam yang tidak terbarukan seperti batubara, dan minyak bumi sudah sejak lama dipahami tidak akan bertahan lama bagi manusia sehingga energi terbarukan semakin diperlukan. Oleh karena itu, pengkajian terhadap berbagai sumber energi baru tidak akan pernah menjadi langkah yang sia-sia.

Penggunaan energi pada saat ini dan pada masa kedepannya sangatlah besar. Apabila energi yang digunakan ini selalu berasal dari penggunaan bahan bakar fosil tentunya lama kelamaan akan habis energi yang ada di bumi ini, karena itu penggunaan energi terbarukan atau energi alternatif sangatlah penting untuk menjaga cadangan minyak di bumi yang semakin menipis. Energi terbarukan merupakan konversi energi yang ramah lingkungan. Penggunaannya sangat penting untuk masa depan mengingat energi fosil yang sudah sangat menipis dan untuk mengganti dari energi fosil yang ada seperti energi angin, air, dan matahari.

Energi surya atau matahari telah dimanfaatkan di banyak belahan dunia dan jika dieksplotasi dengan tepat, energi ini berpotensi mampu menyediakan kebutuhan konsumsi energi dunia saat ini dalam waktu yang lebih lama. Matahari dapat digunakan secara langsung untuk memproduksi listrik atau untuk memanaskan bahkan untuk mendinginkan. Potensi masa depan energi surya hanya dibatasi oleh keinginan kita untuk menangkap kesempatan (Gede Widayana, 2012).

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.

Cara yang dipakai nelayan untuk mempertahankan kesegaran ikan adalah dengan pemberian es batu dan garam. Pendinginan dilakukan dengan memberi es batu pada ikan, tetapi pemberian es batu ini akan membuat volume palka semakin kecil dan biaya produksi akan semakin besar. Pemberian garam pada ikan akan membuat rasa ikan berubah dan beratnya menjadi berkurang. Pada dasarnya pengawetan ini bertujuan untuk menghambat berkembangnya bakteri yang dapat memicu terjadinya pembusukan pada ikan. Alternatif yang bisa dipakai untuk masalah

pendinginan di kapal ikan tersebut, salah satunya adalah dengan cara menggunakan system pendingin ikan.

Pada saat sekarang ini panel surya sudah banyak diterapkan terutama pada kapal ikan. Sehingga pada penelitian ini penulis merancang system pendingin berbasis energy surya.pemanfaatan energi surya menjadi listrik adalah sebuah system yang paling ramah lingkungan(Sanhiarsa dan Kusuma 2011).Selain itu dengan menggunakan energy matahari biaya yang dikeluarkan atau digunakan nelayan tidak terlalu besar.Oleh karena itu penulis membuat penelitian “ Desain Sistem Pendingin Ikan Berbasis Energi Surya”

I.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah yang akan dikemukakan adalah

sebagai berikut :

1. Bagaimana mendesain sistem pendingin penyimpanan ikan berbasis energy surya.
2. Bagaimana menentukan performa sistem pendingin tempat penyimpanan Ikan.

I.3. Batasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup penelitian ini diperlukan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Kapal yang digunakan dalam penelitian ini adalah jenis kapal ikan nelayan.
2. Penelitian ini hanya memprediksi performa dari sistem pendingin tempat penyimpanan ikan.

I.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Merancang sebuah pendingin tempat penyimpanan ikan dengan energi surya.
2. Menentukan performa dari sistem pendingin tempat penyimpanan ikan

I.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Membuat alat pendingin yang dapat mencegah pembusukan ikan
2. Membantu nelayan tidak perlu lagi membawa es pada saat berlayar untuk mendinginkan ikan.
3. Mengetahui performa dari sistem pendingin tempat penyimpanan ikan.

I.6. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan tugas akhir ini sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang penelitian “Desain Sistem Pendingin Penyimpanan Ikan Berbasis Energi Surya”, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan pada penelitian.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang teori-teori dari berbagai literatur yang menunjang pembahasan dan digunakan sebagai dasar pemikiran dari penelitian ini.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menguraikan waktu dan lokasi penelitian, tahapan penelitian, data bagan apung, data penelitian, serta kerangka pikir penelitian.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan penyajian data-data yang telah diperoleh, proses pengolahan data serta hasil pengolahan data.

BAB V : PENUTUP

Bab ini merupakan penutup dari keseluruhan isi penelitian menyajikan secara singkat kesimpulan dan saran atas permasalahan yang telah dibahas pada bab sebelumnya. Adapun hasil dari penelitian ini akan dijelaskan pada kesimpulan sedangkan beberapa masukan akan kekurangan dari penelitian ini akan dijelaskan pada saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Kapal Perikanan

Pengertian kapal Perikanan menurut Undang-Undang Perikanan No. 9 Tahun 1985 adalah semua jenis kapal atau perahu yang dipergunakan dalam usaha penangkapan ikan, binatang lainnya dan tumbuhan air pada perairan bebas yang bukan milik perseorangan (*common property*), termasuk kapal pengangkut hasil tangkapan dan kapal pengangkut nelayan, sedang yang tidak termasuk yaitu kapal pengangkut alat tangkap.

Secara umum, kapal didefinisikan sebagai kendaraan air dengan bentuk dan jenis apapun, yang digerakkan dengan tenaga mekanik, tenaga angin atau ditunda termasuk kendaraan yang berdaya dukung dinamis, kendaraan di bawah permukaan air, serta alat apung dan bangunan terapung yang tidak berpindah-pindah.

Kapal perikanan adalah kapal, perahu atau alat apung lain yang dipergunakan untuk melakukan penangkapan ikan, mendukung operasi penangkapan ikan, pembudidayaan ikan, pengangkutan ikan, pengolahan ikan, pelatihan perikanan dan penelitian/eksplorasi perikanan (Pamungkas, 2013).

Menurut putra firdaus definisi kapal perikanan tersebut mengandung pengertian bahwa kapal perikanan Indonesia dapat dibedakan menjadi 6 berdasarkan kategori, yaitu:

1. Kapal penangkap ikan, adalah kapal yang secara khusus dipergunakan untuk menangkap ikan termasuk menampung, menyimpan, mendinginkan, atau mengawetkan.
2. Kapal pengangkut ikan, adalah kapal yang secara khusus dipergunakan untuk mengangkut ikan termasuk memuat, menampung, menyimpan, mendinginkan atau mengawetkan.
3. Kapal pengolah ikan, adalah kapal yang secara khusus dipergunakan untuk mengangkut ikan termasuk memuat, menampung, menyimpan, mendinginkan atau mengawetkan ikan hasil olahan.
4. Kapal latihan perikanan, adalah kapal yang secara khusus dipergunakan untuk praktek kelautan, yang meliputi navigasi, penangkapan ikan, penanganan hasil ikan tangkapan, dan lain-lain.
5. Kapal penelitian/eksplorasi perikanan, adalah kapal yang secara khusus dipergunakan untuk kegiatan penelitian, termasuk pendugaan sediaan sumberdaya ikan, oseanografi, dan lain sebagainya.
6. Kapal pendukung operasi penangkapan ikan dan/atau pembudidayaan ikan.

Menurut Setianto (2007), Mengingat pentingnya kapal perikanan, maka diperlukan persyaratan khusus yang merupakan keistimewaan dan karakteristik kapal penangkap ikan, yaitu:

1. Kecepatan kapal

tujuan penangkapan ikan, tidak semua kapal penangka ikan memerlukan kecepatan yang tinggi.

2. Kemampuan olah gerak kapal

Kapal penangkap ikan dalam pengoperasiannya diusahakan mempunyai kemampuan olah gerak yang tinggi, stabilitas yang baik dan lingkaran putar yang kecil.

3. Kelayak-lautan

Pada saat pengoperasiannya kapal harus benar-benar laik laut, sehingga dalam keadaan bagaimanapun kapal tersebut masih sanggup berlayar secara aman dan terus-menerus.

4. Ruang lingkup pelayaran

Ruang lingkup area pelayaran kapal penangkap ikan tergantung dari gerakan gerombolan ikan, musim ikan dan perpindahan daerah penangkapan, sehingga kapal penangkap ikan tidak ada penentuan tentang ruang lingkup area pelayaran.

5. Tenaga penggerak

Sebagian besar kapal penangkap ikan menggunakan motor diesel dari jenis motor pembakar dalam sebagian tenaga penggerak kapal.

6. Perlengkapan kapal

Pada umumnya kapal penangkap ikan melakukan operasi penangkap kapal ikan dan mengangkut hasil tangkapan dari daerah penangkapan menuju pelabuhan atau pangkalan perikanan. Hasil tangkapan harus diusahakan dalam keadaan segar, sehingga diperlukan perlengkapan seperti palka ikan, gudang pendingin dan refrigrasi.

7. Peralatan penangkapan ikan

Sesuai dengan tujuan penangkapan ikan, kapal harus dilengkapi dengan jenis alat penangkapan dan alat bantu penangkapan yang berbeda-beda.

II.2. Pengawetan ikan dengan es

Ikan merupakan produk yang mudah rusak dan busuk. Tubuh ikan memiliki kadar air yang tinggi dan pH tubuh mendekati netral, sehingga tubuh ikan jadi media yang baik dalam pertumbuhan bakteri pembusuk maupun organisme lain. Setelah ikan mati, berbagai proses perubahan fisik, kimia, dan organoleptik berlangsung cepat. Semua proses perubahan dalam tubuh ikan yang telah mati akhirnya mengarah ke pembusukan.

Teknik penanganan ikan dengan es merupakan proses yang umum digunakan untuk mengatasi masalah pembusukan ikan selama penangkapan, pengangkutan, maupun penyimpanan sementara, sebelum ikan dimasak untuk konsumsi atau diolah menjadi produk lain.

Pendinginan dapat dipergunakan sebagai metode pengawetan ikan. Ikan dapat diawet selama 12 – 13 hari jika didinginkan dengan cara dan kondisi yang baik, tetapi pada umumnya sekitar 7 – 12 hari. Daya awet yang pendek ini mengakibatkan pendinginan hanya dipergunakan untuk pengangkutan jarak pendek dan kapal penangkap yang beroperasi tidak terlalu jauh. Dengan pendinginan bakteri tidak dapat dibunuh. Mereka masih hidup tetapi sebagian tidak dapat bekerja aktif. Jadi pendinginan bertujuan untuk menghambat aktifitas bakteri sehingga dapat mengawetkan sifat-sifat asli ikan (rasa, bau, aroma) dari setiap jenis ikan.

Pada prinsipnya pendinginan ikan adalah menurunkan suhu pusat (thermal) ikan menjadi 0° C dan mempertahankan pada suhu tersebut selama penyimpanan dan distribusi.

II.2.1. Menentukan Suhu Awal ikan

Penyebaran ikan tongkol di Indonesia sangat luas. Hampir tersebar di seluruh perairan Nusantara, baik di sekitar pantai maupun lepas pantai. Hidupnya membentuk gerombolan-gerombolan yang besar (fish shoaling), jarang yang hidup sendiri-sendiri. Spesies ini berpopulasi di perairan pantai dan dapat ditemukan di perairan tropis dan subtropis. Ikan ini banyak dijumpai di Lautan Hindia dan juga sepanjang negara-negara pantai dari Afrika Selatan sampai Indonesia. Selanjutnya, juga dijumpai di sekitar pulau-pulau Madagaskar, Reunion, Mauritius, Seychelles dan Srilanka. Spesies ini juga terdapat di sepanjang pantai Australia Barat. Larva dan juvenil pada umumnya tertangkap di dekat pantai, tapi kadang-kadang di tempat yang jauh dari pantai. Umumnya ikan tongkol menyukai perairan panas dan hidup di lapisan permukaan sampai kedalaman 40 meter dengan kisaran suhu optimum antara 20-28oC (Paryadi, 1998).

Pisces (Ikan) merupakan hewan berdarah dingin (*poikilotherm*), artinya suhu tubuhnya berubah-ubah sesuai dengan suhu air ditempat dia hidup. Hewan berdarah dingin atau disebut juga Poikilotherm adalah hewan yang suhu tubuhnya kira-kira sama dengan suhu lingkungan sekitarnya. Poikilotherm suhu tubuhnya dipengaruhi oleh lingkungan. Suhu tubuh bagian dalam lebih tinggi dibandingkan

dengan suhu tubuh luar. Yang termasuk dalam Poikilotherm adalah bangsa Ikan, Reptil, dan Amfibi. Suhu tubuh sebagian besar ikan pada umumnya berada di dalam kisaran 1 – 2 °C dari suhu air sekitarnya(Iva vahriani,

Dari beberapa penelitian yang dikutip, seperti yang sudah dijelaskan bahwa ikan merupakan hewan poikilotherm, suhu tubuhnya berubah sesuai lingkungannya, dengan kisaran perubahan 1- 2 °C lebih panas dari suhu lingkungannya. Saya mengambil asumsi penambahan suhu 2 °C dan mengambil suhu tengah kisaran lingkungan hidup ikan tongkol dalam menentukan suhu ikan awal dalam penelitian ini, untuk ikan tongkol dengan kisaran lingkungan hidup 20 - 28 °C, jadi suhu ikan tongkol awal ialah 27 °C.

Sedangkan untuk panas jenisnya, panas jenis ikan berkisar 0,85 – 0,9 kkal/kg/°C sesuai dengan kandungan airnya (M. Myers,2006). Jika kandungan air tidak diketahui maka diambil nilai 0.9 kkal/kg/ °C untuk asumsi mempertimbangkan hasil beban kalor yang maksimal.

II.2.2. Isolasi Ruang Palka

Pada umumnya bahan isolasi yang digunakan harus bersih, tidak menimbulkan cacat pada bahan yang tersimpan didalamnya, kuat terhadap guncangan dan benturan, tidak mengandung racun serta tidak menimbulkan bau, merubah rasa dan warna bahan yang diawetkan. Ketebalan ruang muat tersebut dapat divariasikan 5 - 10 cm. Variasi itu hanya mengetahui trend ketebalan isolasi terhadap nilai beban pendinginan yang menuju pada besar kecilnya biaya ekonomis desain sistem pendingin. (Untung B, Kiryanto , 2011)

Beberapa karakteristik terpenting dari perbedaan material isolasi yaitu :

- Celluler glass, padat dan digunakan di lantai dimana factor berat tidak masalah dan keuntungannya kekeuatan kompresinya tinggi.
- Glass fiber, ringan namun tidak dapat menahan berat dan tidak tahan terhadap uap air.
- Polyurethane dan polyisocyanurate adalah jenis isolasi yang bagus.
- Glass fiber dan molded polystyrene adalah isolasi yang paling murah, sementara yang paling mahal yaitu celluler glass. (Stoecker, 1998)

Tabel 2.1 Sifat-sifat Penting Beberapa Material Isolasi Yang Biasa Digunakan :

Sifat material isolasi	Lempeng-gabus	Foam-glass	Expanded-polystyrene	Expanded-polyurethane
Densitas (kg/m^3)	100-150	145	15-30	40
Konduktivitas panas ($\text{kkal/m jam } ^\circ\text{C}$)	0,032	0,046	0,03	0,02
Ketebalan (mm)	130	N.A	120	90
Ketahanan terhadap masuknya air	cukup	sempurna	baik	baik
Keamanan terhadap api	jelek	sangat baik	jelek	jelek
Kekuatan kompresi (kg/m^2)	5000	30000	2000	3000
Indek harga rata-rata (exp. polyurethane)	0,6	1	0,3	1
Beaya pasang	agak tinggi	agak tinggi	agak tinggi	tinggi

II.3. Dasar-dasar teori perpindahan panas

Perpindahan panas merupakan ilmu untuk meramalkan perpindahan energi dalam bentuk panas yang terjadi karena adanya perbedaan suhu di

antara benda atau material. Dalam proses perpindahan energi tersebut tentu ada kecepatan perpindahan panas yang terjadi, atau yang lebih dikenal dengan laju perpindahan panas. Maka ilmu perpindahan panas juga merupakan ilmu untuk meramalkan laju perpindahan panas yang terjadi pada kondisi-kondisi tertentu.

A. Konduksi

Konduksi adalah perpindahan kalor yang terjadi pada suatu medium padat. Dalam proses perpidahan panas secara konduksi yang berpindah hanyalah panas sementara mediumnya tidak ikut berpindah. Adapun rumusnya :

$$q = -k.A.\frac{(T_2 - T_1)}{\Delta x} \dots\dots\dots(1)$$

dimana : q = laju perpindahan kalor (Watt)

k = konduktivitas thermal bahan ($W/m^{\circ}C$)

A = luas selubung bidang (m^2)

Δx = beda tebal dinding (m)

T_1 dan T_2 = suhu permukaan dinding ($^{\circ}C$)

Tanda minus dalam persamaan (1) diselipkan agar memenuhi hukum kedua thermodinamika, yaitu bahwa kalor mengalir dari bagian bersuhu tinggi ke bagian bersuhu rendah.

B. Konveksi

Konveksi yaitu merupakan perpindahan panas melalui aliran yang zat perantaranya ikut berpindah. Jika partikelnya berpindah dan

mengakibatkan kalor merambat, maka akan terjadilah konveksi. Adapun rumusnya :

$$q = h.A (T_w - T_\infty) \dots\dots\dots(2)$$

dimana : q = laju perpindahan kalor (Watt)

k = koefisien konveksi ($W/m^2\text{ }^\circ C$)

A = luas selubung bidang (m^2)

T_w = suhu pelat ($^\circ C$)

T_∞ = suhu fluida ($^\circ C$)

C. Radiasi

Radiasi yaitu merupakan perpindahan panas tanpa zat perantaranya. Radiasi juga biasanya dapat disertai cahaya.

II.3.1. Koefisien Perpindahan Kalor Menyeluruh

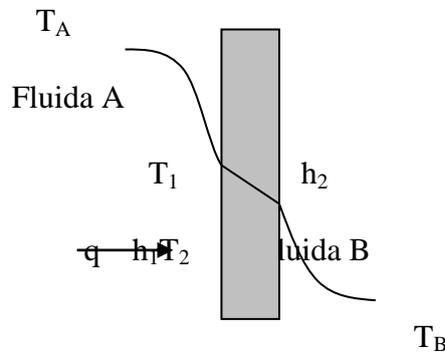
Dalam proses perpindahan kalor, tidak menutup kemungkinan laju perpindahan kalor konduksi, konveksi dan radiasi terjadi dalam waktu yang bersamaan. Untuk itu perlu diketahui besarnya koefisien perpindahan kalor total. (Holman J.P. 1994)

Pada dinding datar seperti pada gambar (II.1), dimana pada satu sisinya terdapat fluida panas A dan pada sisi lainnya terdapat fluida B yang lebih dingin, perpindahan kalor dinyatakan :

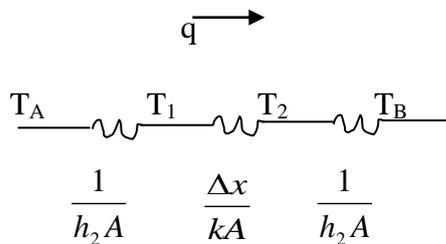
$$q = h_1 \cdot A \cdot (T_A - T_1) = \frac{kA}{\Delta x} (T_1 - T_2) = h_2 \cdot A \cdot (T_2 - T_B) \dots\dots\dots (3)$$

Proses perpindahan kalor ini dapat digambarkan dengan jaringan tahanan thermal seperti pada gambar (II.2). Dengan demikian perpindahan kalor menyeluruh dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$q = \frac{T_A - T_B}{\frac{1}{h_1 A} + \frac{\Delta x}{kA} + \frac{1}{h_2 A}} \dots\dots\dots (4)$$



Gambar 2.1 Perpindahan kalor menyeluruh melalui dinding datar



Gambar 2.2. Jaringan tahanan thermal

Dengan demikian, koefisien perpindahan kalor menyeluruh dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{\Delta x}{k} + \frac{1}{h_2}} \dots\dots\dots (5)$$

dimana U : Koefisien pengaliran panas menyeluruh, (kkal/m² jam°C)

A : Luas permukaan, (m²)

T_2 : Suhu udara luar, ($^{\circ}\text{C}$)

T_1 : Suhu udara dalam, ($^{\circ}\text{C}$)

h : koefisien konveksi udara luar dan dalam

x : Tebal setiap lapisan material (m)

k : Konduktivitas thermal, $\text{kkal/m}^2\text{jam}^{\circ}\text{C}$

II.3.2. Perhitungan Beban Kalor

Beban pendinginan adalah jumlah panas yang dipindahkan oleh sistem pendinginan persatuan waktu. Berikut rumus dasar perhitungan kalor :

$$Q = m \times c \times \Delta t \dots\dots\dots(6)$$

dimana :

Q = Kalor yang dilepas atau diserap (Kkal)

m = Massa (kg)

c = Panas Spesifik ($\text{kkal/ kg }^{\circ}\text{C}$)

Δt = Perbedaan Suhu Awal dan Akhir ($^{\circ}\text{C}$)

Beban pendinginan terdiri atas energi panas yang berada didalam palka maupun faktor-faktor lainnya yang mempengaruhi pendinginan dari palka tersebut. Pada palka sistem pendinginan ikan pada umumnya terdiri dari Beban-beban meliputi :

1. Beban produk ikan
2. Beban pengaliran panas dinding material banyak atau berlapis
3. Beban laju perpindahan panas melalui perubahan udara

Berikut ini merupakan penjelasan dan uraian secara rinci tentang pengertian masing-masing beban beserta perhitungannya.

1) Beban Produk Ikan

Beban Produk merupakan besarnya energi yang dibutuhkan untuk menurunkan temperature ikan dari temperatur awal ke temperatur akhir. Sedangkan beban yang dibuang oleh ikan adalah sebagai berikut (Kiryanto, Heri Supriyanto, 2011) :

Perhitungan Jumlah Panas yang harus dihilangkan dari pada muatan total ikan (Q_{Ti}) :

$$Q_{Ti} = m (T1 - T2) c \dots\dots\dots (7)$$

dimana :

Q_{Ti} = Jumlah energi panas pada ikan (kkal)

m = Massa ikan (kg)

$T1$ = suhu awal ikan ($^{\circ}C$)

$T2$ = suhu akhir ikan ($^{\circ}C$)

c = panas spesifik ikan (kkal/ kg $^{\circ}C$)

2) Beban pengaliran panas dinding material banyak atau berlapis (Q_{Mt})

Beban ini merupakan perpindahan panas yang terjadi karena temperatur udara sekitar yang berbeda dengan temperatur palka ikan. Selain itu beban ini

terdiri dari beban transmisi dan juga beban radiasi sehingga juga berpengaruh pada material penyusun palka tersebut. Berikut ini merupakan formula-formula yang digunakan untuk memperoleh hasil dari beban transmisi oleh dari Holman J.P,1994 dengan rumus koefisien perpindahan panas menyeluruh pada persamaan (5) yang telah dijelaskan pada subbab sebelumnya.

3) Beban Laju Perpindahan Panas melalui perubahan udara (Q_a)

Beban Laju Perpindahan Panas melalui perubahan udara diperlukan untuk menghitung laju aliran perpindahan panas sebagai beban yang dihitung dalam mendinginkan udara dalam palka ikan sesuai dengan sistem kompresi uap yang akan dirancang. Berikut ini merupakan formula – formula yang digunakan untuk memperoleh hasil dari bebannya yaitu :

Laju Pengaliran Panas Yang Melalui Perubahan Udara (Q_a) (Kiryanto, Heri Supriyanto, 2011)

$$Q_a = \frac{N_r \times V_r (I_0 - I_r)}{V_0} \dots\dots\dots (8)$$

dimana :

N_r = Jumlah tutup palka yang dibuka dalam sehari (time/hari)

V_r = Volume ruang pendinginan

I_0 = Entalpy udara sisi dalam, pada temperature

I_r = Entalpy udara sisi luar, pada temperature

V_0 = Spesifik volume udara pada sisi udara luar (m^3/kg)

II.4. Refrigerator

II.4.1. Pengertian Refrigerator

Mesin pendingin (Refrigerator) ialah suatu rangkaian mesin atau pesawat yang mampu bekerja untuk menghasilkan suhu atau temperatur dingin (temperatur rendah). (Ir. Najamudin, MT ,2014).

Mesin pendingin merupakan mesin yang berfungsi untuk memindahkan panas dari lingkungan bersuhu rendah ke lingkungan bersuhu tinggi. Salah satu mesin pendingin adalah refrigerator atau kulkas. Komponen refrigerator terdiri dari kompresor, kondensor, evaporator, pipa kapiler atau katup ekspansi, filter, thermostat, heater, dan kipas.

II.4.2. Jenis-jenis refrigerator

Sesuai dengan kegunaannya mesin pendingin terdiri dari beberapa jenis antara lain :

1. Refrigerator untuk keperluan Industri, untuk memisahkan gas-gas dari udara (*Air Separation Plant*) yaitu gas Nitrogen, Oksigen dan Argon.
- (2). Dehumidification of Air, yaitu sebagai alat untuk menurunkan kadar uap air di udara.
2. Refrigerator rumah tangga seperti Lemari es / Kulkas. Sebagai penyimpanan sayur dan buah-buahan pada suhu kesegaran sekitar 5°Celsius agar tetap segar.

3. Refrigerator Freezer (Pembekuan / pendingin makanan dan minuman).
Seperti untuk membekukan daging, ikan dan minuman pada suhu minus sekitar $-18^{\circ}\text{Celcius}$
4. Penyejuk ruangan (AC/Air Conditioner), penyejuk udara yang didinginkan dan menghasilkan udara yang nyaman bagi tubuh pada suhu normal 27°Celcius
5. Dispenser (untuk menghasilkan air panas dan dingin).
6. Kipas angin penyejuk sirkulasi udara

II.4.3. Sistem Pendingin

II.4.3.1. Komponen-Komponen sistem pendingin

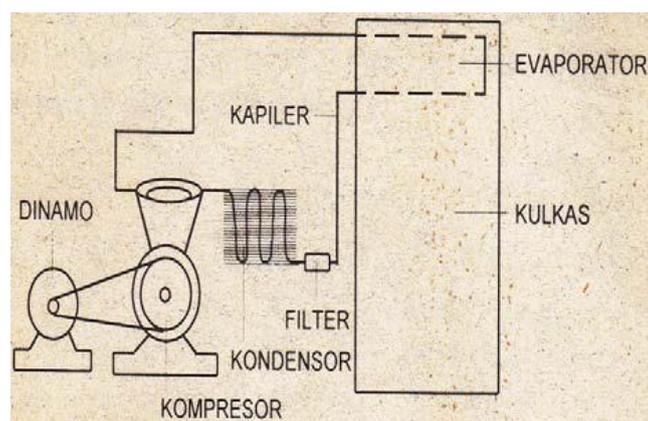
1. Kompresor

Kompresi merupakan proses yang terjadi pada kompresor yang 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 ajarhmkb761,2018)

Kompresor merupakan unit tenaga dalam sistem mesin pendingin. Kompresor berfungsi memompa bahan pendingin keseluruhan bagian kulkas Kompresor akan memompa gas refrigerant dibawah tekanan dan panas yang tinggi pada sisi tekanan tinggi dari sistem dan menghisap gas bertekanan rendah pada sisi intake (sisi tekanan rendah)

Ada 3 kerja yang dilakukan oleh kompresor yaitu :

- 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.



Gambar 2.3. Dinamo dan kompresor

Kompresor yang bias menekan gas atau udara dan menghisapnya harus dilengkapi dengan dynamo (motor). Dinamo ini berfungsi sebagaipengegerak kompresor.

2. Kondensor

Kondenser adalah suatu komponen penukar kalor. Pada sistem instrumen pendingin berfungsi melepas kalor/panas dari produk (ikan) yang didinginkan. Sesuai dengan namanya, kondenser, komponen ini bertugas mengkodensasikan

obat dingin (freont) yaitu merubah wujud uap freon bertekanan tinggi menjadi freont berwujud cair, sedangkan tekanan masih tetap tinggi.

Kondensor terdiri dari coil dan fin yang berfungsi mendinginkan refrigerant ketika udara tertiuap diantaranya. Sejumlah kalor yang terdapat pada refrigeran dilepaskan keudara bebas dengan bantuan kipas (fan motor). Kondensor ditempatkan didepan radiator yang pendinginanya dijamin oleh kipas. Untuk refrigerant jenis R-134a menggunakan kondensor jenis parallel flow untuk memperbaiki efek pendinginan udara. Dengan cara itu maka efek pendinginan udara dapat diperbaiki sekitar 15% sampai 20%. Agar proses pelepasan kalor bisa lebih cepat, pipa kondensor didesain berliku dan dilengkapi dengan sirip. Untuk itu, pembersihan sirip-sirip pipa kondensor sangat penting agar perpindahan kalor refrigeran tidak terganggu. Jika sirip-sirip kondensor dibiarkan dalam kondisi kotor, akan mengakibatkan mesin pendingin menjadi kurang dingin.



Gambar 2.4. kondensor

3. Filter (receiver drier)

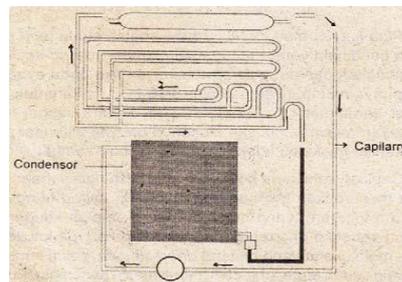
Filter pada mesin pendingin terbuat dari bahan tembaga. Filter berfungsi untuk menyaring kotoran yang ikut terbawa oleh refrigeran. Kotoran disaring

dengan tujuan agar tidak terjadi penyumbatan di dalam pipa kapiler saat refrigeran mengalir, karena diameter pipa kapiler lebih kecil dari pipa-pipa yang lain. Kotoran yang disaring dapat berupa sisa-sisa debu pada saat proses pengelasan, uap air yang masih terjebak di dalam system (Matheis, 2017)

4. Pipa Kapiler

Komponen ini berfungsi untuk menurunkan tekanan cairan bahan pendingin sebelum masuk ke evaporator. Pipa kapiler dipasang setelah komponen filter drier (strainer), dengan dililitkan. Tujuan melilitkan pipa kapiler, agar pipa kapiler yang panjang jadi pendek dan lebih simpel. Selain itu, agar terjadi perpindahan panas antara isi pipa kapiler berupa cairan bahan pendingin dan uap di dalam pipa yang menuju ke kompresor. Pipa kapiler dipasang diantara kondenser dan evaporator, pada sisi masuk dari pipa kapiler dipasang filter.

Ada dua macam pipa kapiler yang mempunyai fungsi yang berbeda dalam mesin pendingin. Yaitu pipa kapiler sebagai pengubah panas (heat exchanger) dan pipa yang satunya lagi berfungsi untuk penghisap gas dari pipa evaporator. Ketika gas Freon pada pipa pengubah panas masih dalam keadaan bertekanan tinggi, namun pada saat masuk ke pipa penghisap berubah suhunya menjadi rendah. Dari pipa penghisap akan mengalir ke motor listrik atau dinamo. Demikianlah putaran gas Freon yang terus menerus disaat mesin hidup dan sebelum otomatis memutus kontak.



Gambar 2.5. Pipa kapiler pada mesin pendingin

(sumber:<https://elektroftunp.files.wordpress.com/2012/02/4-mesin-pendingin.pdf>)

5.Evaporator

Sebagaimana komponen kondenser yang telah dijelaskan di atas, Evaporator juga merupakan komponen penukar panas (kalor). Perbedaannya adalah kondenser melepaskan kalor/panas, sedangkan Evaporator menyerap kalor/panas dari produk makanan yang disimpan dalam alat ini.

Evaporator adalah ruang atau tempat refrigeran menyerap panas. Ketika refrigeran melewati evaporator, akan terjadi perubahan fase dari cair menjadi gas. Proses ini terjadi karena perbedaan suhu refrigeran lebih rendah dari suhu lingkungan sekitar evaporator. Evaporator terbuat dari bahan logam tembaga atau aluminium karena logam berfungsi sebagai konduktor yang baik. Jenis evaporator yang banyak digunakan pada mesin pendingin adalah jenis pipa berplat pada kulkas 1 pintu dan pipa bersirip pada kulkas 2 pintu (Matheis, 2017).

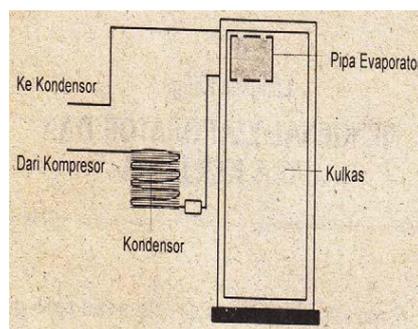
Evaporator ada didalam bagian box/palka. Dalam sistem Perpipaan sistem pendingin dipasang setelah pipa kapiler. Pada alat ini komponen evaporator terbuat

dari lempengan tipis dan di dalamnya dibuat alur (rongga) sebagai tempat mengalirnya obat dingin (freont)



Gambar.2.6. evaporator

Adapun cara kerja evaporator adalah menguapkan gas yang masuk dari pipa condenser. Gas refrigerant dari kompresor masih dalam temperatur yang sangat tinggi. Artinya kalorinya (panasnya) dinaikkan. Setelah itu karena dorongan dari kompresor, ia mengalir masuk ke pipa-pipa kondensor. Di dalam pipa condenser ini, gas mengalami perubahan menjadi dingin. Selanjutnya mengalir terus menuju pipa kapiler. Dari pipa kapiler merambat menuju pipa evaporator.



Gambar 2.7. Pipa evaporator berada dalam ruang mesin pendingin/kulkas.

(sumber:<https://elektroftunp.files.wordpress.com/2012/02/4-mesin-pendingin.pdf>)

6. Bahan Pendingin (Refrigeran)

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 outdoor 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 sebagai 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 temperaturnya diubah.

a. Pemilihan jenis refrigerant

Jenis refrigerant yang paling banyak digunakan pada mesin pendingin adalah R-22, 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/M-DAG/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 bias dipilih dan paling cocok dengan alat pada penelitian ini adalah R513A



Gambar 2.8 Refrigerant R513a

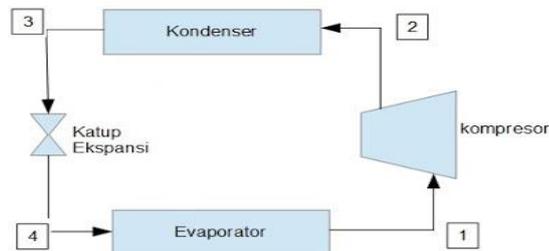
II.4.3.2. Jenis-jenis system pendingin

Jenis refrigerasi yang biasa ditemukan ada dua jenis yaitu :

- a. Refrigerasi Kompresi Uap / Vapour Compression Refrigeration (VCR).

Refrigerasi kompresi uap menggunakan energi mekanis (kompresor) sebagai penggerak refrigerasinya. Mesin refrigerasi dengan kompresi uap merupakan sistem yang terbanyak digunakan dalam daur refrigerasi. Prinsip dasar uap ini adalah uap ditekan kemudian diembunkan setelah itu tekanannya diturunkan agar cairan itu akan menguap kembali karena

menyerap panas lingkungan. Dalam sistem kompresi diperlukan 4 komponen, yaitu kompresor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator.



Gambar 2.9.Siklus Kompresi

<http://catatan-teknik.blogspot.com/2018/06/siklus-refrigerasi-kompresi-uap-srku.html>

1. Proses Kompresi

Proses 1-2 merupakan proses kompresi dimana refrigeran ditekan sehingga tekanannya menjadi lebih tinggi sehingga temperatur jenuhnya menjadi lebih tinggi pada saat masuk kondenser. Hal ini dimaksudkan agar temperatur refrigeran di kondenser menjadi lebih tinggi dari temperatur lingkungan sehingga mampu memindahkan panas ke lingkungan dengan proses kondensasi.

2. Proses Kondensasi

Proses selanjutnya (proses 2-3) merupakan proses kondensasi. Pada proses ini uap refrigeran turun temperaturnya kemudian berubah fasanya pada tekanan dan temperatur yang konstan dari fasa gas ke fasa cair dengan cara membuang kalor ke lingkungan. Kalor refrigeran dapat pindah ke lingkungan karena memiliki temperatur dan tekanan jenuh yang lebih tinggi dari lingkungan. Kalor yang berpindah dari refrigeran ke udara pendingin bergantung pada berbagai faktor, antara lain luas permukaan kondenser, jenis material yang digunakan, selisih temperatur kondensasi dengan temperatur lingkungan. Semakin banyak

panas yang dibuang di kondenser, semakin banyak pula refrigeran yang mencair, dan diharapkan saat keluar kondenser seluruhnya menjadi cair.

3. Proses Ekspansi

Proses (3-4) ini terjadi di pipa kapiler. Setelah refrigeran melepas kalor di kondenser, refrigeran berfasa cair akan mengalir menuju pipa kapiler untuk diturunkan tekanan dan temperaturnya. Diharapkan temperatur yang terjadi lebih rendah daripada temperatur lingkungan, sehingga dapat menyerap kalor pada saat berada di evaporator.

4. Proses Evaporasi.

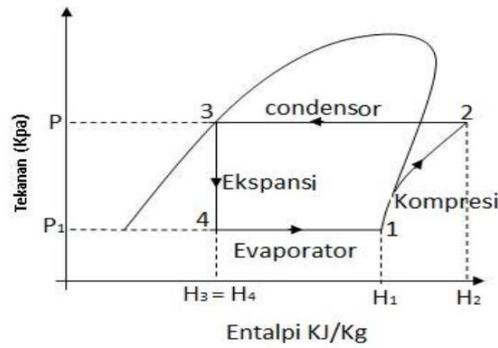
Setelah keluar dari alat ekspansi kemudian refrigeran yang berfasa campuran dialirkan ke evaporator. Pada kondisi ini refrigeran memiliki tekanan yang rendah, sehingga temperatur jenuhnya berada di bawah temperatur ruangan, lingkungan atau produk yang didinginkan. Kalor kemudian terserap oleh refrigeran kemudian refrigeran berubah fasanya menjadi gas sementara temperatur ruangan, kabin, atau produk yang didinginkan menjadi lebih dingin.

b. Refrigerasi Penyerap Uap / Vapour Absorption Refrigeration (VAR).

Menggunakan energi panas sebagai penggerak refrigerasinya.

II.4.3.3. 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 2.10 Diagram Tekanan Terhadap Entalpi s

1. Usaha pendinginan refrigerasi atau efek refrigerasi:

$$W = h1 - h4 \text{ (kj/kg)} \dots\dots\dots (9)$$

dimana :

$h1$ = Enthalpi refrigerant titik 1 (kj/kg)

$h4$ = Enthalpi refrigerant titik 4 (kj/kg)

2. Laju aliran pendinginan refrigerant

Yaitu merupakan jumlah refrigerant yang disirkulasikan tiap satuan waktu.

$$\dot{m} = \frac{Q \text{ total beban pendinginan}}{W} \text{ (Kg/s)} \dots\dots\dots (10)$$

dimana :

$Q_{\text{total pendinginan}}$ = Beban kalor pendinginan (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

$$W_{comp} = \dot{m} (h_2 - h_1) \quad (\text{kJ/ks}) \dots\dots\dots(11)$$

dimana :

\dot{m} = Laju 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 refrigeran diembunkan, panas dilepas ke lingkungan dan terjadi perubahan fase refrigeran dari uap ke cair. Dari kondensor dihasilkan refrigeran cair bertekanan tinggi dan bersuhu rendah. Sehingga dapat dirumuskan sebagai berikut (Sungadiyanto, 2006) :

$$Q_{con} = \dot{m} (h_2 - h_3) \quad (\text{kJ/s}) \dots\dots\dots(12)$$

dimana :

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

h_2 = Enthalpi refrigerant titik 2 (kJ/kg)

h_3 = Enthalpi refrigerant titik 3 (kJ/kg)

5. Kapasitas Refrigerasi atau Kerja Evaporator

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

$$Q_{ev} = \dot{m} (h_1 - h_4) \dots\dots\dots(13)$$

dimana:

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

h_1 = Enthalpi refrigerant titik 1 (kJ/kg)

h_4 = Enthalpi refrigerant titik 4 (kJ/kg)

6. Coeffisien of Performance

Nilai COP menunjukkan efisiensi dari suatu mesin refrigerasi. Nilai ini didapat dari perbandingan antara kapasitas refrigerasi dengan kerja kompresi, dapat dirumuskan sebagai berikut (Supratman H,1982):

$$COP = \frac{Q_{ev}}{W_{comp}} \dots\dots\dots(14)$$

dimana :

Q_{ev} = Kapasitas Refrigerasi (kW)

W_{comp} = Kerja Kompresor (kW)

7. Daya pompa air laut

Kita telah mengetahui daya kompresor sebelumnya, pompa air laut juga memerlukan daya utk pengoperasiannya . Untuk menghitung daya kita harus mengetahui kapasitas pompa air laut dalam mendinginkan kondensor menurut Kiryanto, Heri Supriyanto, 2011 :

$$V_{\text{pump}} = \frac{Q_{\text{con}}}{2} \times 1,2 \text{ (liter/jam)} \dots\dots\dots(15)$$

dimana :

Q_{con} = Kerja kondensor / Laju aliran panas yang dikeluarkan kondensor
(kj/jam)

Sehingga daya elektrik pompa yaitu :

$$P_{\text{pa}} = \frac{r \times V_{\text{pump}} \times H}{6120 \times n} \times k_{\text{pump}} \text{ (kW)} \dots\dots\dots (16)$$

dimana:

r = spesifik gravitasi air laut (1.0 - 1.3)

V_{pump} = kecepatan aliran pompa (liter/jam)

H = head total dari pompa pendingin air (m)

n = Efisiensi dari pompa pendingin air (60%-70%)

k_{pump} = koefisien kelonggaran (1.2 -1.4)

II.4.3.4. Sitem kerja mesin pendingin

Sistem kerja lemari es dimulai dari bagian kompresor sebagai jantung kulkas yang berfungsi sebagai tenaga penggerak. Pada saat dialiri listrik, motor kompresor akan berputar dan memberikan tekanan pada bahan pendingin. Bahan pendingin yang berwujud gas apabila diberi tekanan akan menjadi gas yang bertekanan dan bersuhu tinggi. Dengan wujud seperti itu, memungkinkan refrigerant mengalir menuju kondensor.

Pada titik kondensasi, gas tersebut akan mengembun dan kembali menjadi wujud cair, Refrigerant cair bertekanan tinggi akan terdorong menuju pipa kapiler. Dengan begitu refrigerant akan naik ke evaporator akibat tekanan kapilaritas yang dimiliki oleh pipa kapiler.

Saat berada di dalam evaporator, refrigerant cair akan menguap dan wujudnya kembali menjadi gas yang memiliki tekanan dan suhu yang sangat rendah. Akibatnya, udara yang terjebak di antara evaporator menjadi bersuhu rendah dan akhirnya terkondensasi menjadi wujud cair.

Pada kondisi yang berulang memungkinkan udara tersebut membeku menjadi butiran-butiran es. Hal tersebut terjadi pada benda atau air yang sengaja diletakkan di dalam evaporator.

II.5. Photovoltaic

II.5.1. Pengertian Photovoltaic

Photovoltaic adalah teknologi yang berfungsi untuk mengubah atau mengkonversi radiasi matahari menjadi energi listrik secara langsung. Photovoltaic biasanya dikemas dalam sebuah unit yang disebut modul. Dalam sebuah modul surya terdiri dari banyak sel surya yang bisa disusun secara seri maupun paralel. Sedangkan yang dimaksud dengan surya adalah sebuah elemen semikonduktor yang dapat mengkonversi energi surya menjadi energi listrik atas dasar efek fotovoltaiik.

Sistem photovoltaic menghasilkan daya keluaran hanya pada saat modul photovoltaic di sinari matahari, oleh karena itu sistem photovoltaic menggunakan

mekanisme penyimpanan energi agar energi listrik selalu tersedia pada waktu matahari sudah tidak menyinari (malam hari). (Messenger, 2004).

Photovoltaic cell dibuat dari material semikonduktor terutama silikon yang dilapisi oleh bahan tambahan khusus. Jika cahaya matahari mencapai cell maka elektron akan terlepas dari atom silikon dan mengalir membentuk sirkuit listrik sehingga energi listrik dapat dibangkitkan. Sel surya selalu didesain untuk mengubah cahaya menjadi energi listrik sebanyak-banyaknya dan dapat digabung secara seri atau paralel untuk menghasilkan tegangan dan arus yang diinginkan seperti yang dinyatakan oleh Chenni et. al. (2007). (M. Rif'an dkk, 2012).

Pada dasarnya sel surya fotovoltaik merupakan suatu dioda semikonduktor yang berkerja dalam proses tak seimbang dan berdasarkan efek fotovoltaik. Dalam proses itu sel surya menghasilkan tegangan 0,5-1 volt tergantung intensitas cahaya dan jenis zat semikonduktor yang dipakai. Sementara itu intensitas energi yang terkandung dalam sinar matahari yang sampai ke permukaan bumi besarnya sekitar 1000 Watt. Tapi karena daya guna konversi energi radiasi menjadi energi listrik berdasarkan efek fotovol-taik baru mencapai 25%, maka produksi listrik maksimal yang dihasilkan sel surya baru mencapai 250 Watt per m².(Muhammad bactiar,2006)

II.5.2. Prinsip Kerja Sel Surya (Photovoltaik)

Solar cell merupakan suatu perangkat semi konduktor yang dapat menghasilkan listrik jika diberikan sejumlah energi cahaya. Proses penghasilan energi listrik terjadi jika pemutusan ikatan elektron pada atom-atom yang tersusun

dalam Kristal semikonduktor ketika diberikan sejumlah energy. Salah satu bahan semikonduktor yang biasa digunakan sebagai sel surya adalah Kristal silicon (Ady Iswanto : 2008)

Adapun prinsip kerja panel surya dimulai dari ketika sel surya menyerap cahaya, maka terdapat pergerakan antara elektron di sisi positif dan negatif. Adanya pergerakan ini menciptakan arus listrik sehingga dapat digunakan sebagai energi alat-alat elektronik.

Lebih detilnya, energi matahari membawa foton yang bisa dipecah menjadi ion positif dan ion negatif. Ion negatif ini akan bergerak menuju lapisan negatif yang ada di sel surya, dan begitu pula sebaliknya dengan ion positif. Nah, ion negatif akan bergerak menuju ion positif melewati beberapa lapisan. Pergerakan inilah yang menciptakan arus listrik.

Semakin banyak sel surya yang terpasang, semakin besar pula voltase maupun arus yang dihasilkan. Oleh karena itu pemasangan panel surya juga disusun berdasarkan kebutuhan listrik khususnya dalam rumah tangga.

II.5.3. Jenis-jenis panel surya

Berdasarkan jenis bahan dalam pembuatannya panel surya dibagi menjadi empat jenis yaitu monokristal, polikristal, amorphous dan compound atau gallium arsenide.

1. Monokristal

2. Polycrystalline

Jenis ini terbuat dari beberapa batang kristal silikon yang dilebur / dicairkan kemudian dituangkan dalam cetakan yang berbentuk persegi. Kemurnian kristal silikonnya tidak sempurna pada sel surya monocrystalline, karenanya sel surya yang dihasilkan tidak identik satu sama lain dan efisiensinya lebih rendah, sekitar 13% - 16% . Tampilannya nampak seperti ada motif pecahan kaca di dalamnya. Bentuknya yang persegi, jika disusun membentuk panel surya, akan rapat dan tidak akan ada ruangan kosong yang sia-sia seperti susunan pada panel surya monocrystalline di atas. Proses pembuatannya lebih mudah dibanding monocrystalline, karenanya harganya lebih murah. Jenis ini paling banyak dipakai saat ini.



Gambar .2.11.Polycrystalline

(Sumber : Modul Pengenalan Teknologi Tenaga Surya, 2008 : 33).

3. Thin Film Solar Cell (TFSC)