

**SKRIPSI**

**ANALISIS KEBUTUHAN DAYA LISTRIK UNTUK SISTEM  
PENDINGIN IKAN BERBASIS PANEL SURYA**

**Disusun dan diajukan oleh:**

**MUH.VIQRI ADITYA**

**D091181022**



**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**GOWA**

**2024**



**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI****ANALISIS KEBUTUHAN DAYA LISTRIK UNTUK SISTEM  
PENDINGIN IKAN BERBASIS PANEL SURYA**

Disusun dan diajukan oleh


**MUH. VIQRI ADITYA**  
**D091181022**


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 20 Agustus 2024  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,



Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

  
Dr. Eng. Ir. Faisal Mahmuddin, S.T., M.inf.Tech., M.Eng, IPM  
NIP.198102112005011003

  
Harvanti Rivai, S.T., M.T., Ph.D  
NIP.197902252002122001

Ketua Program Studi,

  
  
Dr. Eng. Ir. Faisal Mahmuddin, S.T., M.Inf.Tech., M.Eng, IPM  
NIP 198102112005011003

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Muh. Viqri Aditya  
NIM : D091181022  
Program Studi : Teknik Sistem Perkapalan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

*“ANALISIS KEBUTUHAN DAYA LISTRIK UNTUK SISTEM PENDINGIN IKAN  
BERBASIS PANEL SURYA”*

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

  
Muh. Viqri Aditya



## KATA PENGANTAR

Biamillahirrahmanirrahim.

Pertama-tama saya panjatkan puja dan puji atas segala rahmat dari Allah SWT, karena atas izin dan ridha-Nya penulis mampu menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini dengan judul **Analisis Kebutuhan Daya Listrik Untuk Sistem Pendingin Ikan Berbasis Panel Surya** yang merupakan salah satu syarat menyelesaikan masa studi di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Selanjutnya saya menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada dua manusia yang paling berjasa dalam hidup saya yakni **Muh. Rustam & Salmawati** selaku orang tua saya yang selalu memberikan kasih sayang dan dukungan serta doa di setiap langkah yang telah saya jalani sejak 25 tahun silam hingga detik ini. Saya juga menyampaikan permohonan maaf untuk keduanya jika proses yang saya jalani tidak secepat proses orang lain, saat ini gelar sarjana sedikit lebih dekat dan saya berharap ketika saya berhasil meraihnya, itu akan sedikit memberikan kebanggaan kepada kedua orang tua saya.

Selesaiannya penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari berbagai kontrobusi dari bebrapa pihak, karena itu pada kesempatan ini saya juga mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Bapak **Dr. Eng. Faisal Mahmudin, S.T., M.T** dan Ibu **Haryanti Rivai, S.T., M.T** selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu dan pikirannya dalam membantu proses penyelesaian tugas akhir ini.
2. Bapak **Muhammad Iqbal, S.T., M.T.** dan Ibu **Balqis Shintarahayu, S.T., M.T.** selaku dosen penguji yang telah memberikan berbagai saran dalam proses penyelesaian tugas akhir ini.
3. Bapak **Dr. Eng. Faisal Mahmudin, S.T., M.T.** selaku Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
4. Bapak **Prof. Dr. Eng. Ir. Muhammad Isran Ramli, S.T., M.T.** selaku Dekan



tas Teknik Universitas Hasanuddin.

1-dosen Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik  
ersitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu, motivasi dan  
ingannya selama proses perkuliahan.

6. Staf tata usaha Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Saudara-saudara **ZAMBERLAP 09** yang telah menjadi salah satu tempat ternyaman untuk saling berbagi cerita.
8. Saudara-saudari **THRUZTER 2018** dan **ZIZTER 2018** yang telah kebersamai selama penulis memulai kehidupan kampus hingga selesai.
9. Saudara- saudari **ANAKA** yang telah memberi motivasi dan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir penulis.
10. Terakhir penulis persembahkan skripsi ini spesial untuk orang yang selalu bertanya “kapan kamu wisuda?” dan “kapan skripsimu selesai?”. Wisuda hanyalah bentuk seremonial akhir setelah melewati beberapa proses, terlambat lulus atau tidak lulus tepat waktu bukanlah suatu kejahatan dan bukanlah sebuah aib. Alangkah kerdilnya jika kecerdasan seseorang diukur dari siapa yang paling cepat wisuda, Bukankah sebaik-baiknya skripsi adalah skripsi yang diselesaikan, entah itu tepat waktu maupun tidak.

Penulis menyadari bahwa dalam naskah tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, karena itu penulis berharap adanya kritik dan saran yang bersifat membangun guna memenuhi kekurangan tersebut. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan khususnya penulis.

Sebagai penutup, saya ingin menyampaikan jangan bandingkan proses yang kau lalui dengan proses yang dilalui orang lain. Ingat, **Gol D. Roger** pernah berkata “**Semua orang memiliki gilirannya masing-masing**”.

Gowa,                      Juni 2024

Penulis



## ABSTRAK

**MUH VIQRI ADITYA.** ANALISIS KEBUTUHAN DAYA LISTRIK UNTUK SISTEM PENDINGIN IKAN BERBASIS PANEL SURYA (dibimbing oleh Faisal Mahmuddin, dan Haryanti Rivai)

Industri perikanan umumnya menggunakan sistem pendingin yang memerlukan daya listrik untuk menjaga kualitas ikan. Tetapi, pasokan listrik yang dibutuhkan tidak selalu tersedia di daerah-daerah terpencil. Salah satu solusi yang dapat dilakukan adalah dengan mengadopsi sistem pendingin berbasis panel surya. Namun, belum banyak penelitian tentang analisis kebutuhan daya pada sistem pendingin ikan berbasis panel surya. Oleh karena itu, diperlukan analisis tentang kebutuhan daya listrik pada sistem pendingin ikan berbasis panel surya. Metode yang digunakan adalah studi literature dimana peneliti mengumpulkan data yang berkaitan dengan penelitian ini melalui buku dan jurnal. Setelah mengumpulkan data, selanjutnya peneliti menguji sistem pendingin dengan melakukan pengujian dengan mengukur suhu awal dan juga tegangan pada aki. Hasil dari pengukuran suhu awal serta tegangan aki didapatkan penurunan yang signifikan. Pada percobaan pertama terjadi penurunan suhu dan juga penurunan tegangan volt yang awalnya 27,6 C dan 12,58 Volt berubah menjadi 5,6 C dan 12,00 volt. Kemudian pada percobaan kedua, suhu pendingin awal adalah 30,5 C serta tegangan awal 12,58 Volt kemudian pada menit ke 475 suhu kotak pendingin mencapai 10,1 C dan tegangan volt sampai pada 12,00 volt. Selanjutnya dilakukan perhitungan pada pembebanan refrigerator, kapasitas aki dan daya. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, dapat disimpulkan bahwa besaran minimum kapasitas pendingin dari kotak pendingin kapal EV Kalina yaitu sebesar 1,3503 kW, serta dibutuhkan 4 baterai untuk menghidupkan pendingin selama 24 jam.

Kata kunci: kapal nelayan, sistem pendingin, daya, kapasitas aki.



## ABSTRACT

**MUH VIQRI ADITYA.** ELECTRICAL POWER DEMAND ANALYSIS FOR SOLAR PANEL-BASED FISH COOLING SYSTEM (guided by Faisal Mahmuddin, and Haryanti Rivai)

The fishing industry generally uses a cooling system that requires electrical power to maintain the quality of the fish. But, the electricity supply is not always available especially in remote areas. One possible solution is to adopt a solar Panel based cooling system. However, there has not been much research about analysis of power needs on solar Panel based fish cooling system. The method used is literature study which the researcher collected data that related to the study through books and journals. After collecting the data, the researcher then tested the cooling system by measuring the initial temperature as well as the voltage. The results of the measuring the initial temperature and the voltage showed a significant change. On the first experiment there was a decrease in the temperature and the voltage which was initially 27.6 °C and 12.58 volts changed to 5.6 °C and 12.00 volts. Then on the second experiment, the coolant's initial temperature was on 30.5 °C and the initial voltage was 12.58 volts but at 475 minutes the temperature of the cooling box reached 10.1 °C and the volt reached 12.00 volts. After that, the researcher was doing a calculation on refrigerator loading, battery capacity and power. Based on the calculation result, it can be concluded that the minimum cooling capacity of the EV Kalina's cooler box is 1,3503 kW and 4 batteries are needed to activate the cooler for 24 hours.

Keywords: fishing boat, cooling system, power, battery capacity.



## DAFTAR ISI

<b>SAMPUL .....</b>	<b>i</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>i</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL .....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1 Kapal Ikan .....	5
2.2 Sistem Refrigerasi .....	5
2.3 Cold Storage.....	13
2.4 Panel Surya.....	16
2.5 Baterai/Aki .....	18
2.6 Solar Charge Regulator .....	20
2.7 Beban Pendinginan.....	22
2.7.1 Perhitungan beban konduksi melewati dinding.....	22





2.7.2 Perhitungan beban produk .....	23
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>26</b>
3.1 Waktu Penelitian .....	26
3.2 Instrumen Penelitian.....	26
3.3 Pengumpulan Data .....	26
3.3.1 Data Kapal Ikan.....	26
3.3.2 Data Sistem Pendingin .....	27
3.3.2 Data Refrigeran .....	28
3.3.3 Data AKI .....	28
3.3.4 Peralatan Yang Digunakan Saat Pengambilan Data.....	29
3.3.6 Skema Kerja Rangkaian .....	35
3.4 Kerangka Pemikiran/Diagram Alir .....	37
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>38</b>
4.1 Wiring Diagram Sistem Pendingin .....	38
4.2 Penentuan Kapasitas Baterai .....	39
4.2.1 Perhitungan Kapasitas Baterai.....	39
4.2.2 Perhitungan Efisiensi Baterai .....	40
4.2.3 Pengukuran Tegangan dan Radiasi .....	41
4.3 Pengujian Pada Sistem Pendingin .....	42
4.4 Perhitungan Beban .....	44
4.4.1 Panas yang melewati dinding .....	44
4.4.2 Panas dari produk .....	46
4.4.3 Perhitungan beban pada evaporator.....	47
4.5 Pembahasan.....	49
<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>51</b>
5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran 51	
<b>FTAR PUSTAKA .....</b>	<b>52</b>
<b>AMPIRAN .....</b>	<b>53</b>



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 P-h Diagram .....	8
Gambar 2.2 Siklus Refrigerasi .....	9
Gambar 2.3 Cara Kerja Panel Surya .....	16
Gambar 2.4 Perpindahan panas melewati dinding .....	23
Gambar 3.1 Kapal Nelayan EV. Kalina .....	26
Gambar 3.2 Kotak Pendingin .....	28
Gambar 3.3 AKI .....	29
Gambar 3.4 Panel Surya .....	30
Gambar 3.5 <i>Charge Controller</i> .....	31
Gambar 3.6 Digital Multimeter .....	31
Gambar 3.7 Solar Power Meter .....	32
Gambar 3.8 Termometer Digital .....	32
Gambar 3.9 Kompresor .....	33
Gambar 3.10 Kondensor .....	34
Gambar 3.11 Filter dan Pipa Kapiler .....	34
Gambar 3.12 Evaporator .....	35
Gambar 3.13 Refrigerant .....	35
Gambar 3.14 Skema Sistem Pendingin .....	36
Gambar 3.14 Diagram Alir Penelitian .....	37
Gambar 4.1 <i>Wiring Diagram</i> .....	38
Gambar 4.2 Skema Proses <i>Charging</i> .....	41
Gambar 4.3 Grafik hubungan antara intensitas radiasi matahari terhadap angan .....	42
mbar 4.4 Grafik Perbandingan Perubahan Suhu dan Tegangan .....	43
mbar 4.5 Diagram p-h R-134a .....	48



Gambar L.1 Pemasangan rangkaian system pendingin .....	57
Gambar L.2 Tegangan pada system pendingin 12.00 Volt .....	58
Gambar 5 Tegangan pada system pendingin 12.12 Volt.....	58
Gambar L.4 Suhu pada system pendingin 11,1°C.....	58
Gambar L.5 Suhu pada system pendingin 10,1°C.....	59
Gambar L.6 Suhu pada system pendingin 31,9°C.....	59
Gambar L.7 Tegangan yang masuk ke charge controller 12,3 V.....	60
Gambar L.8 Radiasi matahari 1163,1 W/m <sup>3</sup> .....	60
Gambar L.9 Pengukuran tegangan pada baterai sebesar 12,35 V .....	61
Gambar L.10 Pengukuran tegangan pada baterai sebesar 12,40 V .....	61



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Thermodinamika dari sifat Refrigerant .....	11
Tabel 2.2 Karakteristik dari Panel Surya .....	17
Tabel 2.3 Perbedaan MPPT dan PWM <i>Solar Controller</i> .....	21
Tabel 3.1 Data Spesifikasi Kapal Nelayan EV. Kalina.....	27
Tabel 3.2 Ketebalan material Sistem Pendingin .....	27
Tabel 3.3 Ukuran Sistem Pendingin.....	27
Tabel 3.4 Data Panel Surya.....	29



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil percobaan pertama dan kedua pada box sistem pendingin .....	53
Lampiran 2 Percobaan pengisian baterai dengan menggunakan panel surya .....	56
Lampiran 3 Proses pengujian sistem pendingin.....	57
Lampiran 4 Proses pengisian baterai dengan menggunakan panel surya .....	60



## DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
U	Koefisien perpindahan panas ( $W/m^2\text{°C}$ )
X	Ketebalan material (m)
k	Konduktivitas termal ( $W/m^2\text{°C}$ )
$h_{in}$	Koefisien konveksi dalam ( $W/m^2\text{°C}$ )
$h_{out}$	Koefisien konveksi luar ( $W/m^2\text{°C}$ )
m	Massa dari muatan (Kg)
$h_{lf}$	Entalpi dari ikan dari suhu normal hingga $0\text{°C}$
cp	Entalpi dari ikan dari suhu normal hingga $-15\text{°C}$
I	Arus penggunaan (A)
V	Tegangan (Volt)
n	Efisiensi Baterai (%)
Cd	Kapasitas Pengosongan (Ampere Hour)
Cc	Kapasitas Pengisian (Ampere Hour)



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Industri perikanan adalah salah satu sektor penting dalam pemenuhan kebutuhan pangan global. Namun, dalam menjaga kualitas dan keamanan ikan yang telah ditangkap atau dihasilkan, diperlukan sistem pendingin yang efisien. Salah satu sistem pendingin yang banyak digunakan adalah mesin pendingin. Dimana, mesin pendingin adalah suatu alhsat yang digunakan untuk memindahkan panas dari dalam ruangan ke luar ruangan untuk menjadikan temperatur benda/ruangan tersebut lebih rendah dari temperatur lingkungannya sehingga menghasilkan suhu/temperatur dingin sehingga proses kerja mesin pendingin selalu berhubungan dengan proses-proses aliran panas dan perpindahan panas.

Saat ini, industri perikanan umumnya menggunakan sistem pendingin yang memerlukan daya listrik dari jaringan umum. Namun, dalam banyak kasus, terutama di daerah terpencil atau di negara berkembang, pasokan listrik yang konsisten dan terjangkau tidak selalu tersedia. Ini menjadi tantangan serius dalam menjaga suhu yang tepat untuk produk perikanan. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan berkelanjutan dan inovatif dalam memenuhi kebutuhan daya listrik untuk sistem pendingin ikan.

Salah satu solusi yang menjanjikan adalah mengadopsi sistem pendingin ikan berbasis panel surya. Panel surya adalah teknologi yang dapat menghasilkan listrik dari energi matahari secara langsung. Keunggulan utama dari panel surya adalah bahwa mereka dapat beroperasi secara mandiri, tidak memerlukan bahan bakar fosil, dan memiliki dampak lingkungan yang sangat rendah. Dengan menerapkan panel surya untuk sistem pendingin ikan, kita dapat mencapai dua tujuan sekaligus: menjaga kualitas produk perikanan dan mengurangi dampak lingkungan melalui penggunaan energi terbarukan. Selain itu, panel surya menjadi sumber energi yang sangat berpotensi untuk dikembangkan di industri Indonesia. Hal ini dikarenakan

grafis Indonesia yang berada pada daerah khatulistiwa, sehingga wilayah  
akan selalu disinari matahari selama 10-12 jam dalam sehari. Potensi  
energi matahari di Indonesia mencapai rata-rata 4,5 kWh per meter persegi



per hari, sehingga matahari bersinar berkisar 2000 jam per tahun, sehingga Indonesia tergolong kaya sumber energi matahari (Putri dkk, 2016).

Meskipun potensi panel surya dalam industri perikanan sangat menjanjikan, belum ada banyak penelitian yang mendalam tentang analisis kebutuhan daya listrik yang tepat untuk sistem pendingin ikan berbasis panel surya. Setiap sistem pendingin ikan dapat memiliki karakteristik yang berbeda tergantung pada kapasitas, jenis produk yang disimpan, dan kondisi lingkungan lokal. Oleh karena itu, penelitian yang cermat dan analisis yang teliti tentang kebutuhan daya listrik adalah langkah penting dalam merancang, mengembangkan, dan mengoptimalkan sistem pendingin ikan berbasis panel surya.

Dari pembahasan diatas dapat dilihat bahwa kebutuhan daya listrik untuk Sistem Pendingin sangat dibutuhkan. Oleh karena itu, penulis menarik judul **“ANALISIS KEBUTUHAN DAYA LISTRIK UNTUK SISTEM PENDINGIN IKAN BERBASIS PANEL SURYA”**.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Berapa kebutuhan daya pada sistem pendingin ikan berbasis panel surya?
2. Berapa kebutuhan Aki yang digunakan pada sistem pendingin ikan berbasis panel surya?

## 1.3 Batasan Masalah

Sebagai arahan serta acuan dalam penulisan tugas akhir, maka penulis memberikan batasan masalah agar permasalahan yang dibahas tidak terlalu melebar. Batasan masalah yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Penelitian ini berfokus pada kebutuhan daya yang digunakan pada Sistem Pendingin ikan.
2. Sistem pendingin yang di gunakan dalam penelitian ini ialah prototipe yang sudah ada sebelumnya dan telah dikembangkan kembali di Labo Sistem Angkutan Laut Teknik Sistem Perkapalan Unhas.





3. Pengukuran suhu dilakukan pada sistem pendingin yang telah dikembangkan.
4. Beban infiltrasi pada kotak pendingin di abaikan

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kebutuhan daya yang dibutuhkan pada system pendingin ikan.
2. Mengetahui berapa Aki yang dibutuhkan pada sistem pendingin ikan.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Dari sisi Energi, Untuk menghemat energi pada sistem pendingin ikan.
2. Dari sisi ekonomi, Untuk meningkatkan kualitas ikan yang disimpan pada sistem pendingin.
3. Dari sisi akademis, Untuk memberikan sumbangan data yang diperlukan untuk penelitian selanjutnya. Dapat menjadi pertimbangan untuk di terapkan dalam kehidupan sehari-hari.

#### 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan digunakan untuk mempermudah dalam menemukan gambaran dalam penulisan. Adapun sistematika penulisan dalam skripsi sebagai berikut:

#### BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan masalah, manfaat penelitian serta sistematika penulisan.

#### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan teori-teori yang mendukung dalam proses analisa dan rian masalah pada penelitian. Teori-teori yang akan dibahas adalah: (1) pendingin, (2) Energi Surya



### BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang waktu penelitian, Instrumen penelitian, pengumpulan data penelitian dan bagaimana skema kerja rangkaian pada penelitian yang akan dilakukan.

### BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi tentang pembahasan hasil-hasil penelitian

### BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan yang di dapat selama proses pembuatan, dan saran yang dapat digunakan untuk penelitian berikutnya



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kapal Ikan

Kapal adalah 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. Sedangkan, kapal perikanan adalah kapal atau perahu atau alat apung lainnya yang digunakan untuk melakukan penangkapan ikan termasuk melakukan survai atau eksplorasi kelautan. Kapal perikanan dibagi menjadi beberapa jenis diantaranya yaitu:

- Kapal penangkap ikan

Kapal penangkap Ikan adalah kapal yang dikonstruksi dan digunakan khusus untuk menangkap ikan sesuai dengan alat penangkap dan teknik penangkapan ikan yang digunakan termasuk manampung, menyimpan dan mengawetkan. Kapal penangkap ikan dapat memiliki berbagai ukuran dan konfigurasi tergantung pada jenis penangkapan ikan yang dilakukan, lokasi penangkapan, dan spesies ikan yang ditargetkan. Beberapa kapal penangkap ikan lebih kecil dan digunakan untuk penangkapan ikan skala kecil di perairan pesisir, sementara yang lain mungkin lebih besar dan mampu berlayar jauh ke laut dalam untuk menangkap ikan komersial dalam jumlah besar.

#### 2.2 Sistem Refrigerasi

Refrigerasi adalah metode pengkondisian temperatur ruangan agar tetap berada di bawah temperatur lingkungan. Karena temperatur ruangan yang terkondisi tersebut selalu berada di bawah temperatur lingkungan, maka ruangan akan menjadi dingin, sehingga refrigerasi dapat juga disebut dengan metode pendinginan. Metode pendinginan (refrigerasi) ini akan berhasil dengan menggunakan bantuan zat pendingin. Refrigerant akan bertindak sebagai media penyerap dan pemindahan panas dengan cara merubahfasanya. Refrigerant adalah suatu zat yang mudah



berubah fasanya dari cair menjadi uap dan sebaliknya apabila kondisi tekanan dan temperaturnya diubah. Sistem ini bekerja berdasarkan prinsip dasar bahwa panas alami mengalir dari tempat yang lebih tinggi suhunya ke tempat yang lebih rendah suhunya. Tujuan utama dari sistem refrigerasi adalah untuk mendinginkan atau mempertahankan suhu suatu ruangan atau sistem tertentu sehingga sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan.

Refrigerasi adalah proses pengambilan kalor atau panas dari suatu benda atau ruang untuk menurunkan temperaturnya. Kalor adalah salah satu bentuk dari energi, sehingga mengambil kalor suatu benda ekuivalen dengan mengambil sebagian energi dari molekul-molekulnya. Pada aplikasi tata udara (air conditioning), kalor yang diambil berasal dari udara. Untuk mengambil kalor dari udara, maka udara harus bersentuhan dengan suatu bahan atau material yang memiliki temperatur yang lebih rendah. Suatu mesin refrigerasi akan memiliki tiga sistem terpisah yakni:

1. Sistem refrigerasi
2. Sumber daya untuk menggerakkan kompresor, yang berupa motor listrik
3. Sistem control untuk menjaga suhu benda atau ruangan seperti yang diinginkan.

Refrigerasi adalah produksi atau pengusahaan dan pemeliharaan tingkat suhu dari suatu bahan atau ruangan pada tingkat yang lebih rendah dari pada suhu lingkungan atau atmosfer sekitarnya dengan cara penarikan atau penyerapan panas dari bahan atau ruangan tersebut. Refrigerasi dapat dikatakan juga sebagai sebagai proses pemindahan panas dari suatu bahan atau ruangan ke bahan atau ruangan lainnya. Pada prinsipnya mesin refrigerasi mekanik terdiri dari 4 fungsi yaitu: Evaporasi, kompresi, Kondensasi dan ekspansi. Sesuai dengan fungsinya maka komponen sistem refrigerasi mekanik terdiri dari: Evaporator, Kompresor, Kondensor dan Katub ekspansi (katub pengontrol refrigerant). Disamping itu, agar keempat fungsi tersebut dapat beroperasi sesuai keinginan maka diperlukan sistem pengaturan (kontrol) baik secara elektrik, elektronik atau pneumatik. Komponen utama mesin refrigerasi adalah kompresor, kondensor, refrigerant flow control dan evaporator (coolingcoil). Disamping itu terdapat komponen bantu yang jenisnya

g dari aplikasi dan kapasitas mesinnya, antara lain pipa penghubung pada an rendah dan tekanan tinggi, strainer, dryer, heatexchanger, fan, pompa, gulator dan protector dan cooling tower.



Sistem refrigerasi ini menggunakan mesin-mesin penggerak atau dan alat mekanik lain dalam menjalankan siklusnya. Yang termasuk dalam sistem refrigerasi mekanik di antaranya adalah:

1. Sistem kompresi uap
2. Refrigerasi siklus udara
3. Kriogenik/refrigerasi temperature ultra rendah
4. Siklus stirling

Pada penelitian ini, sistem refrigerasi yang ditentukan yaitu berupa sistem refrigerasi siklus kompresi uap. Sistem refrigerasi digunakan untuk mendinginkan suatu volume ruangan untuk mencapai suhu tertentu yang telah ditentukan. Volume ruangan ini dapat berupa *storage room*. Di dunia perkapalan *storage room* yang digunakan pada kapal perikanan yaitu berupa ruang palkah atau *cold storage*. Berikut merupakan komponen utama dari sistem refrigerasi yang memiliki fungsi sebagai alat pendingin.

#### 1. Kompresor

Salah satu bagian terpenting dalam sebuah Sistem Pendingin adalah kompresor. Kompresor merupakan bagian dari Sistem Pendingin yang berfungsi memompa bahan pendingin ke seluruh bagian yang ada dalam Sistem Pendingin. Bahan pendingin yang dimaksud adalah gas refrigerant. Selain memompa, kompresor juga bisa bekerja dengan sistem menekan dan menghisap.

#### 2. Kondensor

Kondensor berfungsi untuk mengembungkan atau mengkondensasikan refrigeran bertekanan tinggi dari kompresor. Pemipaan yang menghubungkan antara kompresor dengan kondensor dikenal dengan saluran buang (*discharge line*). Dengan demikian, pada kondensor terjadi perubahan fasa uap ke cair ini selalu disertai dengan penbuangan kalor ke lingkungan. Refrigerant gas bertekanan tinggi dirubah menjadi refrigerant cair dengan tekanan tetap tinggi dengan cara membuang kalor ke lingkungan sekitarnya.

#### 3. Ekspansi



Salah satu jenis katup ekspansi yang paling sederhana adalah pipa kapiler panjang. Alat ini dapat berupa pipa kapiler, katup ekspansi termostatik, katup ekspansi elektronik, maupun katup ekspansi manual. Komponen ini berfungsi memberikan

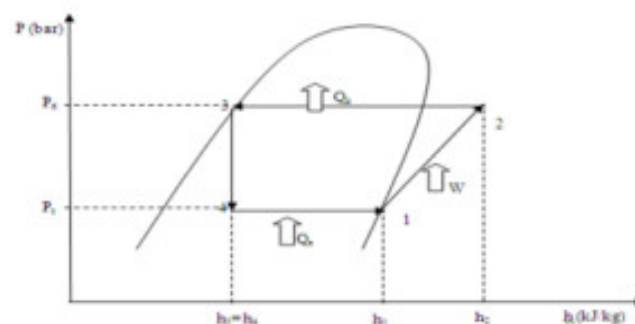
satu cairan refrigeran dalam tekanan rendah ke Evaporator sesuai dengan kebutuhan. Pada alat ekspansi terjadi penurunan tekanan refrigeran akibat adanya penyempitan aliran. Pada prinsipnya, katup ekspansi adalah alat yang dapat mengendalikan aliran refrigeran ke evaporator baik secara manual ataupun otomatis. Refrigerant cair bertekanan tinggi diturunkan tekanannya dengan bentuk refrigerant menjadi cairan yang bercampur dengan sedikit gas. (Gelembung gas terjadi karena adanya penurunan tekanan).

#### 4. Evaporator

Evaporator adalah komponen yang digunakan untuk mengambil kalor dari suatu ruangan atau suatu benda yang bersentuhan dengannya. Pada evaporator terjadi pendidihan (boiling) atau penguapan (evaporation), atau perubahan fase refrigeran dari cair menjadi uap. Refrigeran pada umumnya memiliki titik didih yang rendah. Dengan demikian, refrigeran mampu menyerap kalor pada temperatur yang sangat rendah. Refrigerant cair dirubah menjadi gas/uap dengan cara menyerap kalor dari ruang yang dikondisikan. Refrigerant gas/uap kemudian dihisap oleh Kompresor dan disirkulasikan kembali.

#### 5. Thermostat

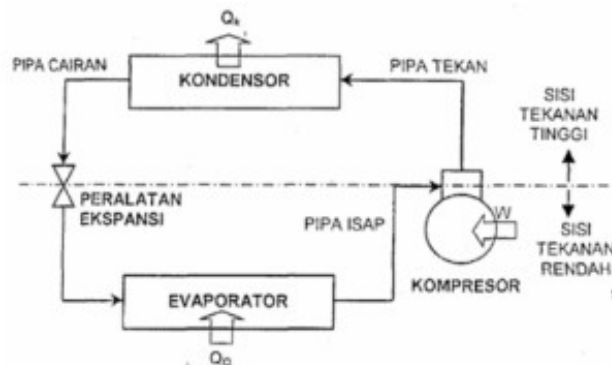
Komponen atau bagian lain yang tak kalah penting dalam sebuah Sistem Pendingin adalah thermostat. Thermostat ini berfungsi untuk mengontrol suhu apabila terjadi pembekuan fan evaporator. Thermostat juga sangat penting untuk mengontrol suhu agar tetap stabil dan sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 2.1 P-h Diagram

(Sumber : Siagian,2017)





Gambar 2.2 Siklus Refrigerasi

(Sumber : Siagian,2017)

Menurut Saut Siagian (2017), proses seperti Gambar 2.1 dan Gambar 2.2 diatas adalah sebagai berikut:

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 turun (lebih rendah daripada temperatur lingkungan) dan sebagian refrigerant cair 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.

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa kompresor pada sistem refrigerasi uap berfungsi untuk memompa uap refrigeran dari tekanan rendah ke tekanan tinggi (lihat proses 1 – 2 pada gambar diatas).



Uap refrigeran tersebut menjadi bertekanan tinggi sebagai akibat dari kerja yang diberikan kompresor kepada refrigeran ( $W$ ). Besarnya kerja kompresi tersebut dapat dihitung berdasarkan data dari siklus refrigerasi kompresi uap tersebut pada diagram Tekanan – Entalphy ( $P-h$ ). Maka berdasarkan gambar diatas kerja kompresi oleh kompresor dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$W_{kompresor} = m(h_2 - h_1)$$

Dimana:

$W_{kompresor}$  = kerja kompresor, kJ

$m$  = massa refrigeran yang melewati kompresor, kg

$h_2$  = entalpi refrigerant keluaran kompresor, kJ/kg

$h_1$  = entalpi refrigerant masukan kompresor, kJ/kg

Atau dengan kata lain kerja kompresor dihitung dari selisih antara entalpi refrigerant keluaran dan masukan kompresor dikalikan dengan massa refrigeran yang melewatinya. Karena refrigerant yang melewati kompresor mengalir dengan kecepatan tertentu, akan sulit sekali untuk menghitung sejumlah massa refrigerant yang melewatinya. Maka akan lebih efektif jika persamaan dinyatakan dalam satuan energy per satuan waktu (daya) dengan cara mengalikan selisih enthalpy keluar dan masuk dengan laju aliran massa refrigerant yang mengalir, yaitu

$$P_{kompresor} = m(h_2 - h_1)$$

Dimana :

$P_{kompresor}$  = Daya kompresor (Watt)

$m$  = massa refrigeran yang melewati kompresor, kg

$h_2$  = entalpi refrigerant keluaran kompresor, kJ/kg

$h_1$  = entalpi refrigerant masukan kompresor, kJ/kg

Persamaan diatas merupakan rumus untuk menghitung nilai daya mekanik kompresor, yaitu kerja yang disebabkan oleh gerakan piston kompresor untuk laju penyerapan panas pada evaporator Refrigeran yang mengalir melalui evaporator sebagian besar berfasa cair dan bertemperatur lebih rendah dari





temperature lingkungan. Selanjutnya refrigerant tersebut menyerap kalor dari lingkungan sekitar yang mengakibatkan semua refrigerant cair pada evaporator tersebut menguap kembali menjadi fasa gas. Sejumlah panas yang diserap di evaporator tersebut dapat dihitung juga berdasarkan data dari siklus refrigerasi kompresi uap pada diagram Tekanan – Entalphy (P-h diagram). Dan berdasarkan gambar diatas besarnya laju panas yang diserap di evaporator dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$Q_{ev} = m(h_1 - h_4)$$

Dimana :

- $Q_{ev}$  = Beban pada evaporator (kW)  
 m = massa refrigeran yang melewati kompresor, kg  
 $h_4$  = entalpi refrigerant keluaran kompresor, kJ/kg  
 $h_1$  = entalpi refrigerant masukan kompresor, kJ/kg

Dalam pemilihan refrigeran, sifat refrigeran yang penting antara lain sifat termodinamika, kimia, dan fisik. Sifat termodinamika yang penting antara lain titik didih, tekanan penguapan dan pengembunan, tekanan dan suhu kritis, titik beku, volume uap, COP, tenaga per ton refrigerasi.

Tabel 2.1 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	6.49	3.28
4.	Koefisien Performance COP	3.35	3.39	3.20	3.26	3.31	3.38
	Temperatur Glide, K	-	7,8	-	0.1	-	7.7

(Sumber: Limbon,2014)



Sifat kimia berhubungan dengan reaksi refrigeran terhadap keadaan sekitar, antara lain tidak mudah terbakar, tidak beracun, tidak bereaksi dengan air, minyak dan bahan konstruksi. Sedangkan sifat fisik refrigeran berhubungan dengan bahan itu sendiri, antara lain konduktivitas dan kekentalan. Adapun sifat dari refrigeran sebagai berikut:

1. Tekanan penguapan harus cukup tinggi
2. Sebaiknya refrigeran memiliki suhu pada tekanan yang lebih tinggi, sehingga dapat dihindari kemungkinan terjadinya vakum pada evaporator dan turunnya efisiensi volumetrik karena naiknya perbandingan kompresi
3. tekanan pengembunan yang tidak terlampau tinggi, apabila tekanan pengembunannya terlalu rendah, maka perbandingan kompresinya menjadi lebih rendah, sehingga penurunan prestasi kondensor dapat dihindarkan, selain itu dengan tekanan kerja yang lebih rendah, mesin dapat bekerja lebih aman karena kemungkinan terjadinya kebocoran, kerusakan, ledakan dan sebagainya menjadi lebih kecil.
4. Kalor laten penguapan harus tinggi, refrigeran yang mempunyai kalor laten penguapan yang tinggi lebih menguntungkan karena untuk kapasitas refrigerasi yang sama, jumlah refrigeran yang bersirkulasi menjadi lebih kecil
5. Volume spesifik (terutama dalam fasa gas) yang cukup kecil, Refrigeran dengan kalor laten penguapan yang besar dan volume spesifik gas yang kecil (berat jenis yang besar) akan memungkinkan penggunaan kompresor dengan volume langkah torak yang lebih kecil. Dengan demikian untuk kapasitas refrigerasi yang sama ukuran unit refrigerasi yang bersangkutan menjadi lebih kecil
6. Koefisien prestasi harus tinggi, dari segi karakteristik termodinamika dari refrigeran, koefisien prestasi merupakan parameter yang terpenting untuk menentukan biaya operasi
7. Konduktivitas termal yang tinggi, konduktivitas termal sangat penting untuk menentukan karakteristik perpindahan kalor
8. Viskositas yang rendah dalam fasa cair maupun fasa gas, dengan turunnya an aliran refrigeran dalam pipa, kerugian tekanannya akan berkurang tanta dielektrika dari refrigeran yang kecil, tahanan listrik yang besar, serta menyebabkan korosi pada material isolator listrik



10. Refrigeran hendaknya stabil dan tidak bereaksi dengan material yang dipakai, jadi juga tidak menyebabkan korosi
11. Refrigeran tidak beracun
12. Refrigeran tidak boleh mudah terbakar dan mudah meledak
13. Sebaiknya refrigeran menguap pada tekanan sedikit lebih tinggi dari pada tekanan atmosfer. Dengan demikian dapat dicegah terjadinya kebocoran udara luar masuk sistem refrigeran karena kemungkinan adanya vakum pada seksi masuk kompresor (pada tekanan rendah)

### 2.3 Cold Storage

*Cold Storage* merupakan suatu alat mesin pendingin yang menampung benda-bendayang akan mengalami proses pendinginan. Unit *Cold Storage* biasa digunakan dalam kehidupan sehari-hari untuk mendinginkan atau mengawetkan makanan seperti daging, sayuran dan buah-buahan begitu juga dengan minuman.

Adapun penggunaan *Cold Storage* di industri biasa digunakan untuk mendinginkan bahan baku atau bahan jadi dari satu produk. Salah satu tujuan *Cold Storage* adalah untuk memperpanjang umur penyimpanan dengan cara pendinginan. Industri pengawetan daging dan daging unggas, pengawetan ikan saat pengapalan. Pembekuan merupakan cara pengawetan dengan penyimpanan daging ayam dalam keadaan beku yang dilaksanakan pada suhu di bawah  $-15^{\circ}\text{C}$  Dimana mikroorganisme tidak akan tumbuh.

Berkembangnya teknologi dibidang refrigerasi atau pendinginan memberikan banyak keuntungan bagi kebutuhan manusia, karena bahan makanan yang disimpan dengan System refrigerasi tersebut dapat terjaga kualitas dan kesegarannya sampai beberapa Minggu hingga saat diperlukan untuk diolah lebih lanjut. Mengingat betapa kompleks dan luasnya permasalahan yang terjadi pada *Cold Storage* terutama pada sistem refrigerasinya, untuk merumuskan masalah bagaimana mendesign sebuah *Cold Storage* yang efisien dan optimum terutama pada perhitungan beban kalor untuk keperluan penentuan peralatan pada sistem refrigerasi khususnya



or.

m beroperasi sistem refrigerasi membutuhkan fluida yang mudah dan melepas kalor, yang disebut refrigeran. Siklus refrigerasi kompresi

uap merupakan suatu sistem memanfaatkan aliran perpindahan kalor melalui refrigeran yang bersirkulasi secara terus – menerus. Proses utama dari kompresi, kondensasi (pengembunan), ekspansi, evaporasi (penguapan).

*Cold Storage* memiliki beberapa jenis yang umumnya dikenal dengan chilled room, *Cold Storage* room, blast *Cold Storage*, dan blast chiller. Chilled room dan *Cold Storage* room biasanya digunakan untuk menyimpan produk sesuai dengan kondisi suhu tertentu, sedangkan untuk blast *Cold Storage* dan blast chiller digunakan untuk penyimpanan produk dengan kondisi suhu tertentu namun dengan waktu yang cepat untuk pendinginannya. Chilled room memiliki kondisi suhu pada temperatur rendah antara 1°C - 7°C. Ruangan pada chilled ini digunakan untuk menyimpan.

Di dalam sebuah alat pendingin kalor akan diserap di evaporator lalu kalor tersebut akan dibuang ke condensor. Uap yang masuk ke kompresor melalui saluran hisap, berasal dari evaporator yang bertekanan rendah dan juga temperatur yang rendah °pula. Kemudian dikompresor uap refrigerant tersebut akan dimampatkan, sehingga uap refrigeran akan bertekanan dan bersuhu lebih tinggi, ketika keluar dari kompresor. Tekanan tersebut jauh lebih tinggi dibandingkan dengan temperatur udara sekitar. Kemudian uap menunjuk ke kondensor melalui saluran tekan.

Uap tersebut kemudian akan melepaskan kalor di kondensor, sehingga ketika di kompresor uap tersebut akan berubah bentuk menjadi uap cair atau kondensasi, dan cairan itu akan menyatu dalam penampungan cairan refrigeran. Penampungan katup ekspansi akan menerima cairan refrigeran bertekanan tinggi dan ketika keluar dari katup ekspansi tekanan cairan menjadi menurun sehingga menyebabkan cairan refrigeran bersuhu sangat rendah. Dan pada saat itu ketika di evaporator cairan tersebut mulai menguap sampai habis. Sehingga menyebabkan evaporator menjadi lebih adem. Disinilah yang dipakai untuk membekukan bahan makanan seperti sayur-sayuran, daging, ikan dan juga digunakan untuk mendinginkan ruangan. Kemudian uap rifregean akan dihisap oleh kompresor dan demikian seterusnya proses-proses tersebut berulang kembali.



1 menjadi suatu benda yang biasa ditemukan pada setiap tempat seperti apun restoran, *Cold Storage/Cold Storage* merupakan mesin pendingin ihu di bawah 0°C yang digunakan sebagai tempat penyimpanan makanan

dalam jangka waktu tertentu. Pada suhu  $-18^{\circ}\text{C}$ , bakteri pada makanan akan tidur sehingga menghambat proses deteriorasi oleh mikroba yang menyebabkan makanan dapat bertahan lama. Berdasarkan kecepatan pembekuannya, *Cold Storage* terbagi beberapa jenis sebagai berikut:

1. *Slow Cold Storage*

*Cold Storage*. Untuk itu, *curve glass Cold Storage* suhu yang berkisar dari  $0^{\circ}\text{C}$  sehingga  $-25^{\circ}\text{C}$ . *Cold Storage* pada jenis ini memiliki jangka waktu pendinginan yang cukup lama, yaitu 3 hingga 72 jam.

2. *Chest Cold Storage*

Berbentuk seperti peti pendingin, *chest Cold Storage* biasa digunakan untuk menyimpan dan membekukan bahan – bahan makanan seperti daging segar, frozen food, sayur, dll.

3. *Curve Glass Cold Storage*

Memiliki kegunaan yang mirip dengan *chest Cold Storage*, *Cold Storage* jenis ini memiliki pintu kaca geser atau sliding glass door yang dapat memperlihatkan langsung isi dari cocok digunakan untuk menyimpan sekaligus mendisplay berbagai produk.

4. *Quick Cold Storage*

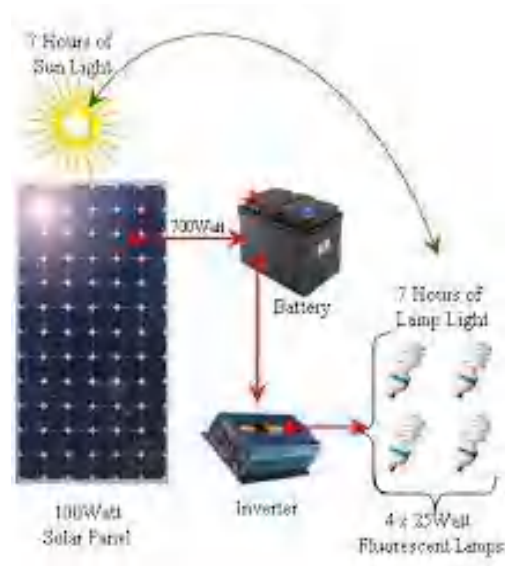
*Quick Cold Storage* memiliki kecepatan pembekuan lebih tinggi yaitu  $0.5 - 3\text{cm/h}$ . Suhu pada *Cold Storage* ini mampu mencapai  $-40^{\circ}\text{C}$ , dengan pendinginan tiga kali lebih cepat dibandingkan *slow Cold Storage*.

5. *Air blast Cold Storage*

Memiliki pendinginan yang cepat serta dapat mencapai suhu  $-40^{\circ}\text{C}$ , *air blast Cold Storage* banyak digunakan pada industri bahan makanan seperti produk perikanan.



## 2.4 Panel Surya



Gambar 2.3 Cara Kerja Panel Surya

(Sumber: Limbon,2014)

Limbon (2014) Sel surya atau sel photovoltaic adalah sebuah alat semi konduktor yang terdiri dari sebuah wilayah-besar dioda p-n junction, di mana, dalam hadirnya cahaya matahari mampu menciptakan energi listrik yang berguna. Perubahan ini disebut efek photovoltaic.

Adapun karakteristik dari panel surya berdasarkan dari yang dikatakan oleh Limbon, (2014) sebagai berikut:

1. Panel surya memerlukan sinar matahari.
2. Tempatkan panel surya pada posisi dimana tidak terhalangi oleh objek sepanjang pagi sampai sore
3. Panel surya – solar cells menghasilkan listrik arus searah DC
4. Untuk efisien yang lebih tinggi, gunakan lampu DC seperti lampu LED.



Tabel 2.2 Karakteristik dari Panel Surya

	Efisiensi Perubahan Daya	Daya Tahan	Biaya	Keterangan	Penggunaan
<b>Mono</b>	Sangat Baik	Sangat Baik	Baik	Kegunaan Pemakaian Luas	Sehari-hari
<b>Poly</b>	Baik	Sangat Baik	Sangat Baik	Cocok untuk produksi massal di masa depan	Sehari-hari
<b>Amorphous</b>	Cukup Baik	Cukup Baik	Baik	Bekerja baik dalam pencahayaan fluorescent	Sehari-hari & perangkat komersial (kalkulator)
<b>Compound (GaAs)</b>	Sangat Baik	Sangat Baik	Cukup Baik	Berat & Rapuh	Pemakaian di luar angkasa

Seperti pada Tabel 2.2 merupakan penjelasan dari jenis-jenis panel surya berdasarkan dari Limbon (2014) sebagai berikut:

1. Polikristal (*Poly-crystalline*)

Merupakan panel surya yang memiliki susunan kristal acak. Type Polikristal memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama, akan tetapi dapat menghasilkan listrik pada saat mendung.

2. Monokristal (*Mono-crystalline*)

Merupakan panel yang paling efisien, menghasilkan daya listrik persatuan luas yang paling tinggi. Memiliki efisiensi sampai dengan 15%. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik ditempat yang cahaya matahari kurang (teduh), efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca berawan.

Adapun pada penggunaan PLTS terbagi menjadi dua tipe sistem, yaitu sistem on grid dan sistem off grid. On grid system merupakan sistem pembangkit listrik yang menggunakan panel surya dan tetap menghubungkan sistem kelistrikan dengan sumber listrik lainnya, sedangkan off grid system yaitu sistem PLTS yang menggunakan panel surya sebagai media penyerapan kalor dengan satu sumber listrik yaitu dari panel surya.

Pada penelitian ini panel surya yang dipilih sebagai perhitungan analisa teknik el surya berjenis *poly-crystalline*. Pemilihan panel ini dikarenakan negara merupakan negara tropis yang memiliki jumlah awan yang cukup banyak dapat maksimal apabila menggunakan jenis panel surya mono-crystalline.



Pemasangan solar panel tidak luput dari penggunaan baterai sebagai media penyimpanan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya.

## 2.5 Baterai/Aki

Aini (2014) Aki atau Storage Battery adalah sebuah sel atau elemen sekunder dan merupakan sumber arus listrik searah yang dapat mengubah energy kimia menjadi energy listrik. Aki termasuk elemen elektrokimia yang dapat mempengaruhi zat pereaksinya, sehingga disebut elemen sekunder. Kutub positif aki menggunakan lempeng oksida dan kutub negatifnya menggunakan lempeng timbale sedangkan larutan elektrolitnya adalah larutan asam sulfat.

Pada penelitian ini baterai dirangkai menjadi satu sistem bersama panel surya, yang fungsi menerima, menyimpan, dan mengalirkan energi listrik yang berasal dari perubahan energi panas di panel surya. Adapun jenis-jenis aki menurut dari Nia Aini (2014) sebagai berikut

### 1. Aki Basah

Hingga saat ini aki yang populer digunakan adalah aki model basah yang berisi cairan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ). Ciri utamanya memiliki lubang dengan penutup yang berfungsi untuk menambah air aki saat ia kekurangan akibat penguapan saat terjadi reaksi kimia antara sel dan air aki. Sel-selnya menggunakan bahan timbal (Pb). Kelemahan aki jenis ini adalah pemilik harus rajin memeriksa ketinggian level air aki secara rutin. Cairannya bersifat sangat korosif. Uap air aki mengandung hydrogen yang cukup rentan terbakar dan meledak jika terkena percikan api. Memiliki sifat self-discharge paling besar dibanding aki lain sehingga harus dilakukan penyetruman ulang saat ia didiamkan terlalu lama.

### 2. *Accu Hybrid*

Pada dasarnya aki hybrid tak jauh berbeda dengan aki basah. Bedanya terdapat pada material komponen sel aki. Pada aki hybrid selnya menggunakan low-antimonial pada sel (+) dan kalsium pada sel (-). Aki jenis ini memiliki performa dan sifat self-discharge yang lebih baik dari aki basah konvensional.



*Calcium*



Kedua selnya, baik (+) maupun (-) menggunakan material kalsium. Aki jenis ini memiliki kemampuan lebih baik dibanding aki hybrid. Tingkat penguapannya pun lebih kecil dibanding aki basah konvensional.

4. *Accu Bebas Perawatan/Maintenance Free (MF)*

Aki jenis ini dikemas dalam desain khusus yang mampu menekan tingkat penguapan air aki. Uap aki yang terbentuk akan mengalami kondensasi sehingga dan kembali menjadi air murni yang menjaga level air aki selalu pada kondisi ideal sehingga tak lagi diperlukan pengisian air aki. Aki jenis ini biasanya terbuat dari basis jenis aki hybrid maupun aki kalsium.

5. *Accu Sealed* (aki tertutup)

Aki jenis ini selnya terbuat dari bahan kalsium yang disekat oleh jaring berisi bahan elektrolit berbentuk gel/selai. Dikemas dalam wadah tertutup rapat. Aki jenis ini kerap dijuluki sebagai aki kering. Sifat elektrolitnya memiliki kecepatan penyimpanan listrik yang lebih baik. Karena sel terbuat dari bahan kalsium, aki ini memiliki kemampuan penyimpanan listrik yang jauh lebih baik seperti pada aki jenis calcium pada umumnya. Pasalnya ia memiliki self-discharge yang sangat kecil sehingga aki sealed ini masih mampu melakukan start saat didiamkan dalam waktu cukup lama. kemasannya yang tertutup rapat membuat aki jenis ini bebas ditempatkan dengan berbagai posisi tanpa khawatir tumpah. Namun karena wadahnya tertutup rapat pula aki seperti ini tidak tahan pada temperatur tinggi sehingga dibutuhkan penyekat panas tambahan jika ia diletakkan di ruang mesin.

Dan setelah mengetahui jenis-jenis dari baterai maka, berikut merupakan komponen-komponen utama dari aki menurut dari Aini (2014).

1. Kotak aki: Berfungsi sebagai rumah atau wadah dari komponen aki yang terdiri atas cairan aki, pelat positif dan pelat negatif berikut separatornya.
2. Tutup aki: Berada di atas, tutup aki berfungsi sebagai penutup lubang pengisian air aki ke dalam wadahnya. Sehingga aki tidak mudah tumpah. Di aki kering tertentu tidak ada komponen ini. Kalaupun ada tidak boleh dibuka.



ng ventilasi: Untuk tipe konvensional ada di samping atas dan ada nya. Berfungsi untuk memisahkan gas hydrogen dari asam sulfat serta

sebagai saluran penguapan air aki. Sedang tipe MF, gas hydrogen dikondisikan lagi menjadi cairan sehingga tidak dibutuhkan lubang ventilasi.

4. Pelat logam: Terdiri dari pelat positif dan negatif. Untuk pelat positif dibuat dari logam timbel preoksida ( $PbO_2$ ). Sedangkan pelat negatif hanya dibuat dari logam timbel ( $Pb$ ).
5. Air aki: Dibuat dari campuran air ( $H_2O$ ) dan asam sulfat ( $SO_4$ ).
6. Separator: Berada di antara pelat positif dan negatif, separator bertugas untuk memisahkan atau menyekat pelat positif dan negatif agar tidak saling bersinggungan yang dapat menimbulkan short alias hubungan arus pendek.
7. Sel: Adalah ruangan dalam wadah bentuk kotak-kotak yang berisi cairan aki, pelat positif dan negatif berikut seperatornya
8. Terminal aki: Keduanya berada di atas wadah, karena merupakan ujung dari rangkaian pelat-pelat yang nantinya dihubungkan ke beban arus macam lampu dan lainnya. Bagian ini terdiri dari terminal.

## 2.6 Solar Charge Regulator

Solar charge regulator merupakan komponen dari sistem PLTS yang memiliki fungsi untuk mengatur arus listrik, baik arus yang berasal dari panel surya ataupun arus yang akan di keluarkan oleh baterai menuju beban. Fungsi utama lainnya yaitu untuk menjaga baterai dari pengisian berlebihan (*over charge*), dengan mengatur tegangan dan arus dari panel surya ke baterai.

Dalam kondisi pengisian, umumnya baterai diisi dengan metoda *three stage charging*. Berikut metoda *tree stage charging* menurut Endro Sitohang (2018):

1. Fase *bulk*: baterai akan di-charge sesuai dengan tegangan setup (*bulk* – antara 13.4 – 14.8 Volt) dan arus diambil secara maksimum dari panel surya. Pada saat baterai sudah pada tegangan setup (*bulk*) dimulailah fase *absorption*.
2. Fase *absorption*: pada fase ini, tegangan baterai akan dijaga sesuai dengan tegangan *bulk*, sampai *solar charge controller timer* (umumnya satu jam) tercapai, arus yang dialirkan menurun sampai tercapai kapasitas dari baterai.



*float*: baterai akan dijaga pada tegangan *float* setting (umumnya 13.4 – Volt). Beban yang terhubung ke baterai dapat menggunakan arus imun dari panel surya / *solar cell* pada stage ini.

4. Berdasarkan tipenya *solar controller* dibagi menjadi dua tipe, PWM dan MPPT. Adapun perbandingan antara kedua tipe *solar controller* sebagai berikut:

Tabel 2.3 Perbedaan MPPT dan PWM *Solar Controller*

Keterangan	PWM <i>Charge Controller</i>	MPPT <i>Charge Controller</i>
Tegangan <i>Array</i>	Arus dan tegangan pada kapasitas panel surya harus sama dengan PWM	Tegangan dan arus pada panel surya dapat lebih ditinggi dibandingkan dengan kapasitas baterai
Tegangan baterai	Beroperasi pada tegangan baterai, sehingga ideal jika digunakan pada temperatur yang cukup hangat dan ketika kapasitas baterai 80%	Dapat beroperasi diatas tegangan baterai, sehingga dapat mendorong pengisian lebih cepat pada kondisi temperatur dingin dan kapasitas baterai rendah
Kapasitas sistem	Direkomendasikan digunakan pada kapasitas sistem kecil, dimana MPPT tidak dapat bekerja ideal di kondisi ini	Kapasitas diatas 200W akan lebih ideal Menggunakan SCC MPPT
<i>Off-Grid</i>	Disarankan digunakan sistem off-grid dengan tipe tegangan panel surya ( $V_{mp}$ ) berada pada 17 hingga 18 Volts untuk setiap nominal tegangan baterai 12 V	Dapat digunakan pada tipe sistem off-grid, walaupun dengan kapasitas kecil. Karena mampu beradaptasi dengan baik pada jenis panel yang tidak memiliki susunan seri 36 sel
Mode kapasitas arus	Susunan panel surya dihitung pada Ampere	Susunan panel surya dihitung berdasarkan watt



---

(berdasarkan arus yang dihasilkan saat solar panel Bekerja sesuai dengan tegangan baterai)	(berdasarkan maksimum <i>charging Current x Battery Voltage</i> )
--------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------

---

## 2.7 Beban Pendinginan

Sumber panas (beban) yang diserap di evaporator pada sistem refrigerasi tidak hanya dari satu jenis sumber saja, melainkan sejumlah panas yang dihasilkan dari berbagai sumber yang berbeda. Pada sistem refrigerasi, khususnya cold storage dalam penulisan ini hanya akan dijelaskan metode perhitungan beban pendinginan untuk panas yang melewati dinding (konduksi), panas dari produk yang ada (dalam hal ini produknya adalah ikan) dan beban listrik dari kipas yang ada di evaporator. Sedangkan ketiga beban yang lain tidak diperhitungkan karena tidak terdapat pada sistem atau juga karena nilainya yang kecil sehingga dapat diabaikan.

### 2.7.1 Perhitungan beban konduksi melewati dinding

Terjadinya perpindahan panas dari udara luar ke dalam ruangan dingin sebagai akibat adanya perbedaan temperatur antara sisi luar dinding dengan sisi bagian

$$Q_{wall} = A \times U \times \Delta T \quad (4)$$

Dimana :

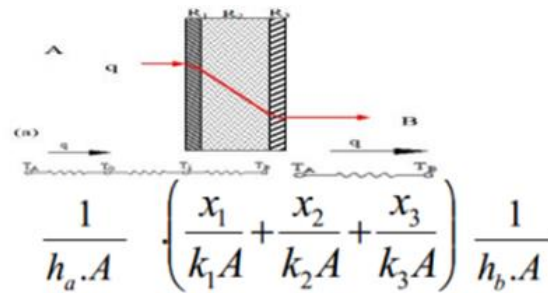
$Q_{wall}$  = Beban panas yang melewati dinding (kW)

$A$  = Luasan dinding ( $m^2$ )

$\Delta T$  = Selisih Temperatur ( $^{\circ}C$ )

Koefisien perpindahan panas menyeluruh ( $U$ ) dapat diartikan sebagai jumlah energi panas yang dapat berpindah melewati dinding seluas 1 m dalam  $^{\circ}C$  perbedaan temperatur pada dinding. Dimana nilai ini tergantung dari ketebalan dinding dan material dinding yang digunakan pada ruangan tersebut. Gambar berikut:





Gambar 2.4 Perpindahan panas melewati dinding

Udara luar pada posisi A temperaturnya lebih tinggi daripada udara dalam (posisi B) sehingga panas mengalir dari udara A ke B. Udara pada posisi A dan B masing – masing memiliki koefisien konveksi  $h_a$  dan  $h_b$ . Sedangkan luas permukaan dinding A dan panas yang melewati dinding  $Q$ , maka bentuk lain dari persamaan diatas adalah sebagai berikut:

$$Q_{wall} = \frac{A\Delta T}{\frac{1}{h_a} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3} + \frac{1}{h_b}} \quad (5)$$

Dimana :

$Q_{wall}$  = Beban panas yang melewati dinding (kW)

$A$  = Luasan dinding ( $m^2$ )

$\Delta T$  = Selisih Temperatur ( $^{\circ}C$ )

$h$  = Koefisien perpindahan konveksi permukaan ( $W/m^2 \text{ } ^{\circ}C$ )

$k$  = Konduktivitas thermal bahan ( $W/m^2 \text{ } ^{\circ}C$ )

### 2.7.2 Perhitungan beban produk

Ketika produk (ikan, daging, buah, dll) yang temperaturnya lebih tinggi disimpan pada temperature ruang penyimpanan dingin maka produk ini akan memberikan panas pada ruang sampai produk tersebut memiliki temperature yang sama dengan temperature ruangan. Panas yang dihasilkan produk ini dapat berupa sensible dan atau panas laten tergantung dari temperature penyimpanan lebih rendah dari temperature titik beku produk atau lebih tinggi. Dimana temperatur titik beku dari berbagai macam produk dapat dilihat pada tabel



*properties of perishable product.*

Jika temperatur penyimpanan produk lebih rendah dari temperatur titik bekunya, maka jenis panas yang di keluarkan oleh produk tersebut terdiri dari tiga jenis yaitu :

1. Panas sensible sebelum pembekuan, merupakan yang dikeluarkan oleh produk penurunan temperature produk tersebut sampai pada batas temperature titik bekunya.
2. Panas laten pembekuan, yaitu panas yang dikeluarkan ketika terjadi perubahan wujud produk dari cair menjadi padat (beku).
3. Panas sensibel setelah pembekuan, merupakan panas yang dikeluarkan produk akibat penurunan temperatur dari temperatur titik beku hingga pada temperatur yang lebih rendah lagi (minus).

Besarnya panas sensibel dari produk tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini, yaitu:

$$Q_{s.prod} = mCP(\Delta T) \quad (6)$$

$Q_{s.prod}$  = Beban panas dari produk (J)

M = Massa ikan (kg/hari)

C = Koefisien kalor spesifik (kJ/kg °C)

$\Delta T$  = Perbedaan temperature (°C)

Selain dari panas sensible yang dihasilkan oleh produk, terdapat beban laten jika temperatur penyimpanan produk lebih rendah dari titik beku produk itu sendiri. Beban laten ini disebut dengan panas laten pembekuan, yaitu sejumlah panas yang dikeluarkan oleh benda tertentu ketika benda tersebut mangalami perubahan fasa dari cair menjadi padat. Dan besarnya panas laten pembekuan produk tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut ini.



$$= m \times h_{1f} \quad (7)$$

= Beban panas dari produk (J)

= Massa ikan (kg/hari)

$h_{1f}$  = Koefisien kalor laten (kJ/kg)

