

SKRIPSI

ANALISIS EKONOMIS SISTEM PENDINGIN KAPAL IKAN KATINTING BERBASIS ENERGI SURYA

Disusun dan diajukan oleh:

**AZ ZAHRAWAANI
D091191002**



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



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**ANALISIS EKONOMIS SISTEM PENDINGIN KAPAL IKAN
KATINTING BERBASIS ENERGI SURYA**

Disusun dan diajukan oleh

AZ ZAHRAWAANI
D091191002

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 08 Mei 2024
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Surya Hariyanto, S.T., M.T
NIP. 197107192001121001

Pembimbing Pendamping,



Ir. Syerly Klara, M.T
NIP. 196405011990022001

Ketua Program Studi,



Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, ST., M.Inf.Tech., M.Eng.
NIP. 198102112005011003



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;
 Nama : AZ ZAHRAWAANI
 NIM : D091191002
 Program Studi : TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
 Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

{Analisis Ekonomis Sistem Pendingin Kapal Ikan Katinting Berbasis Energi
 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, Mei 2024

Menyatakan


AZ ZAHRAWAANI



ABSTRAK

AZ ZAHRAWAANI. *Analisis Ekonomis Sistem Pendingin Kapal Ikan Katinting Berbasis Energi Surya* (dibimbing oleh Surya Hariyanto, S.T., M.T. dan Ir. Hj. Syerly Klara, M.T.)

Di antara sekian banyak sumber energi terbarukan, pemanfaatan energi surya melalui sel surya merupakan energi alternatif yang berpotensi penerapannya paling besar di Indonesia. Untuk mengoptimalkan hal ini, rencana desain sistem pendingin kapal nelayan bertenaga surya dibuat dan dianalisis nilai teknis dan ekonominya menggunakan perangkat lunak HOMER. Sistem pengoperasian mesin pendingin kapal nelayan pada penelitian ini menggunakan komponen, kompresor, dan kondensor yang mengubah bentuk refrigeran yang disuplai dengan refrigeran jenis R134a pada proses pendinginannya. Nilai beban produk sebesar 0,0843 kJ/s. Usulan sistem pengoperasian kapal nelayan dengan panel surya menghasilkan daya operasi kompresor sebesar 0,77 kW. Kapasitas sistem untuk mendinginkan produk diketahui dengan nilai beban panas sebesar 0,084 kW dari evaporator dan nilai beban panas sebesar 0,091 kW dari kondensor. Hasil analisis menunjukkan, untuk menentukan baterai, nilainya adalah 0,204 kW, nilai *solar charge controller* adalah 0,240 kW, dan nilai inverter adalah 0,840 kW. Maka dipilihlah panel surya dengan jenis polikristalin 220 Wp. Hasil simulasi HOMER dan optimasi desain yang dilakukan menunjukkan bahwa PV yang digunakan sebanyak 2 lembar dengan masing – masing 110 WP, sehingga penelitian ini menggunakan sistem yang terdiri dari 1 unit baterai, 1 unit inverter dan 1 solar charger, dengan total biaya untuk *Net Present Cost* (NPC) sebesar Rp 63.922.174,00 dengan *Cost Of Energy* (COE) sebesar Rp 4.786/kWh.

Kata Kunci : Sel surya, Sistem Pendingin, HOMER



ABSTRACT

AZ ZAHRAWAANI. *Economic Analysis of Solar Powered Cooling System for Katinting Fishing Boats.* (dibimbing oleh Surya Hariyanto, S.T., M.T. dan Ir. Hj. Syerly Klara, M.T.)

Among the numerous renewable energy sources, the utilization of solar energy through solar cells is the alternative energy with the most potential for application in Indonesia. To optimize this, a design plan for a solar-powered cooling system for fishing boats was created and analyzed for its technical and economic value using HOMER software. The operation system of the fishing boat's cooling machine in this study employs components, compressors, and condensers that convert the form of supplied refrigerant with R134a refrigerant type in its cooling process. The product load value is 0.0843 kJ/s. The proposed operation system for the fishing boat with solar panels produces a compressor operating power of 0.77 kW. The system capacity to cool the product is determined by the heat load values of 0.084 kW from the evaporator and 0.091 kW from the condenser. The analysis results indicate that to determine the battery, the value is 0.204 kW, the solar charge controller value is 0.240 kW, and the inverter value is 0.840 kW. Hence, polycrystalline solar panels with a capacity of 220 Wp are selected. The HOMER simulation results and design optimization conducted show that PVs used are 2 sheets with 110 WP each, thus this research employs a system consisting of 1 battery unit, 1 inverter, and 1 solar charger, with a total Net Present Cost (NPC) of Rp 63.922.174,00 and Cost Of Energy (COE) of Rp 4.786/kWh.

Keywords : Solar cells, Cooling Sistem, HOMER



DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
KATA PENGANTAR	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Kapal Katinting.....	4
2.2 Panel Surya	6
2.3 Jenis – Jenis Panel Surya (<i>Photovoltaic</i>)	7
2.4 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya	11
2.5 Prinsip Kerja Panel Surya	15
2.6 Sistem Pendingin.....	16
2.7 Komponen Sistem Pendingin.....	17
2.8 Prinsip Kerja Sistem Pendingin	20
2.9 Kinerja Mesin Refrigerasi Kompresi	22
2.10 Kebutuhan Bahan Pendingin.....	24
2.12 Analisis Ekonomis	25
2.13 Software HOMER.....	25
BAB 3 METODE PENELITIAN/PERANCANGAN	29
3.1 Lokasi Penelitian.....	29
3.2 Penyajian Data	29
3.3 Tahapan Penelitian.....	32
3.4 Kerangka Alur Penelitian.....	34
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1 Gambaran Umum Desain.....	35
4.2 Perhitungan Kerja Sistem <i>Refrigerant</i> Kompresi	36
4.3 Perhitungan Daya Panel Surya.....	39
4.4 Aki/ Baterry	41
1 Surya	42
2 <i>Charger Controller</i>	43
3 <i>ter</i>	44
4 Ilusi Model Sistem Pendingin Menggunakan Software HOMER	46
5 ntuan Lokasi	47



4.10Komponen – Komponen Sistem	48
4.11Hasil Optimasi.....	50
4.12Analisis Ekonomis	50
4.13Diagram Alur Sistem Pendingin Berbasis Energi Surya	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA	58
Lampiran	60



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Kapal Katinting	4
Gambar 2 Proses Pengubahan Energi Matahari Menjadi Energi Listrik	7
Gambar 3 Panel Surya Monokristal	8
Gambar 4 Panel Surya Polikristal	9
Gambar 5 Panel Surya.....	12
Gambar 6 Battery.....	13
Gambar 7 Inverter	14
Gambar 8 Charger Controller.....	15
Gambar 9 Kompresor	17
Gambar 10 Kondensor	18
Gambar 11 Evaporator	18
Gambar 12 <i>Refrigerant</i>	19
Gambar 13 Siklus Kerja Sistem Pendingin dan Komponen Utamanya	20
Gambar 14 Diagram Tekanan Terhadap Entalpi	22
Gambar 15 Tampilan Software Homer	25
Gambar 16 Skema Kerja Homer	26
Gambar 17 Lokasi penelitian (a) Cv. Taiyo Marineng, (b) Laboratorium Sistem Bangunan Laut, Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.....	29
Gambar 18 Kapal Katinting	30
Gambar 19 Ruang Palka Ikan	30
Gambar 20 Desain Palka Ikan 3D.....	31
Gambar 21 Kerangka Alur Penelitian.....	34
Gambar 22 Kompresor	37
Gambar 23 Kondensor	37
Gambar 24 Penempatan Evaporator.....	38
Gambar 25 <i>Battery</i>	42
Gambar 26 Panel Surya.....	43
Gambar 27 Solar Charger.....	44
Gambar 28 Inverter	45
Gambar 29 Kapal Katinting 3D Menggunakan <i>Software Sketcup</i>	45
Gambar 30 General Arrangement	46
Gambar 31 Simulasi Sistem Kelistrikan	46
Gambar 32 Titik Koordinat Lokasi	47



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Hubungan Suhu dengan Kegiatan Bakteri dan Mutu Ikan	6
Tabel 2 Data Kapal.....	29
Tabel 3 Dimensi Palka	31
Tabel 4 Spesifikasi Ikan Ceba / Ikan Kuwe	31
Tabel 5 Beban Panas Ruang Palka.....	32
Tabel 6 Total Kebutuhan Energi untuk Menghitung Daya Panel Surya.....	39
Tabel 7 Spesifikasi Aki/Battery	42
Tabel 8 Spesifikasi Panel Surya	42
Tabel 9 Spesifikasi Solar Charger Control.....	44
Tabel 10 Spesifikasi Inverter	44
Tabel 11 Nilai Rata – Rata Intensitas Radiasi Matahari Perbulanannya	47
Tabel 12 Biaya Operasional Pembangkit Listrik Tenaga Surya selama 5 tahun ..	51
Tabel 13 Data Total <i>Annualized Cost</i> dan Produksi Listrik Tahunan.....	51
Tabel 14 <i>Net Present Cost</i> dari PLTS	52
Tabel 15 Biaya Operasional PLTS.....	52
Tabel 16 Modal awal.....	53
Tabel 17 Perbandingan Palka Menggunakan panel surya dengan Es Balok	55



DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang / Singkatan	Arti dan Keterangan
h_1	Entalphi <i>refrigerant</i> titik 1 (kJ/kg)
h_2	Entalphi <i>refrigerant</i> titik 2 (kJ/kg)
h_3	Entalphi <i>refrigerant</i> titik 3 (kJ/kg)
h_4	Entalphi <i>refrigerant</i> titik 4 (kJ/kg)
W_{comp}	Daya kompresor (kW)
Q_{con}	Beban kalor kondensor (kW)
Q_{ev}	Beban kalor evaporator (kW)
$\dot{m}$	Laju aliran pendingin <i>refrigerant</i> (kg/s)
COP	Coeficient of Performance
W	Efek refrigerasi (kJ/kg)
LOA	Panjang keseluruhan kapal (m)
B	Breath (m)
T	Sarat Kapal (m)
H	Tinggi kapal (m)
A	Luas dinding, atap, lantai (m ²)
ΔT	Selisih antara temperatur udara luar dan dalam (°C)
V	Volume ruangan (m ³)
C_b	Kapasitas Batteray



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pengambilan Data Panel Surya pada Kondisi Load	60
Lampiran 2 Spesifikasi <i>Refrigerant</i> R-134a	61
Lampiran 3 Kecepatan kapal dengan mesin Honda GX270, 9 PK.....	61
Lampiran 4 Suhu Ikan.....	62
Lampiran 5 Diagram Mollier R-134a	63
Lampiran 6 Tampak Belakang 3D Kapal Kantiting	64
Lampiran 7 Tampak Depan 3D Kapal Kantiting.....	65
Lampiran 8 Tampak Samping 3D Kapal Kantiting	66
Lampiran 9 Desain 2D Kapal Katinting dengan <i>Software Autocad</i>	67
Lampiran 10 Tampak Samping Kapal Katintitng 2 dimensi	68
Lampiran 11 Simulasi 2 ⁰ Outlet.....	69
Lampiran 12 Data Radiasi Matahari	70
Lampiran 13 <i>Electric Load</i>	71
Lampiran 14 <i>Photovoltaic Sotfware Homer</i>	72
Lampiran 15 Baterai <i>Sotfware Homer</i>	73
Lampiran 16 Inverter <i>Sotfware Homer</i>	74
Lampiran 17 Hasil Simulasi.....	75
Lampiran 18 Hasil Produksi Listirk.....	76
Lampiran 19 Hasil Listrik Photovoltaik.....	77
Lampiran 20 Biaya Operasional <i>Software HOMER</i>	78
Lampiran 21 Diagram Alur Sistem Pendingin.....	79



KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidaya-Nya serta sholawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “*Analisis Ekonomis Sistem Pendingin Kapal Ikan Katinting Berbasis Energi Surya*”. Tujuan penulisan ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan dalam jenjang perkuliah Strata I di Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hassanuddin. Tak lupa sholawat serta salam juga penulis harutkan kepada Rasulullah Muhammad SAW beserta para sahabat.

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

1. Penulis sendiri karena telah mampu berjuang dan mampu bertahan hingga saat ini.
2. Kedua orang tua penulis karena telah menjadi orang tua terbaik yang selalu memberikan motivasi, nasehat, perhatian dan kasih sayang serta doa yang tentu takkan bisa penulis balas.
3. Bapak Surya Hariyanto, S.T, M.T. selaku pembimbing 1 yang telah meluangkan banyak waktu untuk memberikan arahan, bimbingan dan motivasi mulai dari awal penelitian hingga terselesaikannya skripsi ini.
4. Ibu Ir. Hj. Syerly Klara, M.T selaku pembimbing 2 yang telah meluangkan banyak waktu untuk memberikan arahan, bimbingan serta motivasi mulai dari awal penelitian hingga terselesaikan skripsi ini.
5. Dr. Eng. Faisal Mahmudin, S.T., M. Tech, M. Eng. Selaku ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hassanuddin.
6. Dosen – dosen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik Universitas Hassanuddin yang telah memberikan ilmu, motivasi serta bimbingannya selama proses perkuliahan



7. Staf Tata Usaha Departement Teknik Sistem Perkapalan yang telah membantu segala aktivitas administrasi baik selama perkuliahan dan juga dalam penyelesaian skripsi ini.

8. Teman – teman KORTNOZZLE19 yang telah memberikan banyak pengalaman baru yang tidak mungkin bisa penulis lupakan termasuk berbagai rasa dan canda tawa.

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

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Gowa, Mei 2024

AZ ZAHRAWAANI



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dengan wilayah laut yang sangat luas, Indonesia mempunyai kekayaan sumber daya kelautan yang melimpah dalam sektor perikanan dan energi. Namun, kedua sumber daya ini belum dimanfaatkan secara maksimal untuk kesejahteraan penduduk terutama nelayan Indonesia. Padahal bila diperhatikan, sumber daya dikedua sektor ini dapat digunakan untuk menopang satu sama lain guna meningkatkan kesejahteraan masyarakat Indonesia terutama didaerah pesisir.

Energi terbarukan umumnya dianggap sebagai sumber energi yang tidak ada habisnya, matahari, angin, hidro, energi panas bumi dan lain-lain. Pengelolaan penggunaan energi yang sangat diperlukan adalah menyediakan energi berupa tenaga listrik dengan biaya seminimal mungkin dan dampak alam yang sekecil-kecilnya. Teknologi panel surya yang digunakan untuk pembangkit listrik tenaga surya (Mahmuddin et al., 2022).

Energi surya merupakan salah satu energi yang sedang giat dikembangkan saat ini oleh pemerintah Indonesia karena sebagai negara tropis, Indonesia mempunyai potensi energi surya yang cukup besar. Energi surya dapat diubah menjadi bentuk energi lain secara langsung dengan tiga cara, yaitu proses *heliochemical*, proses *helioelectrical* dan proses *heliothermal*. Untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik termasuk ke dalam proses *helioelectrical*. Proses tersebut dapat terjadi jika menggunakan fotovoltaiik atau panel surya. Panel surya adalah suatu alat yang digunakan untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik searah, yang terbuat dari bahan semikonduktor (Sardi et al., 2020).

Kapal perikanan adalah kapal yang digunakan dalam kegiatan perikanan yang mencakup penggunaan atau aktivitas penangkapan atau mengumpulkan sumber daya di perairan laut, serta penggunaan dalam beberapa aktivitas seperti riset, training dan inspeksi sumber daya perairan. Beragam sistem pendinginan muatan

al ikan kerap dijumpai mulai dari sistem tradisional yakni menggunakan es balok sampai kepada sistem pendinginan yang lebih modern. Tujuan sistem pendingin pada palka (*chilling storage*) kapal ikan untuk menjaga



mutu ikan selama proses penangkapan maupun proses transportasi ikan hasil tangkapan ke darat (Zulkifli et al., 2019).

Berdasarkan hasil wawancara yang telah dilakukan dengan pemilik kapal yang masih cenderung menggunakan alat penyimpanan ikan dengan menggunakan kayu berlapis *styrofoam*. Namun, permasalahan yang muncul disana yaitu proses pencairan es berlangsung lebih cepat. Maka perlunya sistem pendingin yang optimal dan juga ramah lingkungan. Sistem pendingin (*freezer*) ikan berbasis energi surya menjadi salah satu opsi yang dapat digunakan. Selain penggunaan dan pengaplikasian photovoltaic yang cenderung lebih mudah dibandingkan energi terbarukan yang lain, photovoltaik sangat memungkinkan diterapkan pada perahu nelayan.

Kerusakan atau penurunan mutu ikan dapat terjadi segera setelah ikan mengalami kematian. Peristiwa ini terjadi karena mekanisme pertahanan normal ikan terhenti setelah ikan mengalami kematian. Penurunan mutu ikan dapat dihambat dengan perlakuan suhu rendah. Penggunaan suhu rendah berupa pendingin dan pembeku dapat memperlambat proses-proses biokimia (*autolysis*) yang berlangsung dalam tubuh ikan yang mengarah pada penurunan mutu ikan. Prinsip proses pendinginan dan pembekuan adalah mengurangi atau menginaktifkan enzim dan bakteri pembusuk dalam tubuh ikan

Berdasarkan uraian di atas, adapun judul dari penelitian ini mengenai “ANALISIS EKONOMIS SISTEM PENDINGIN KAPAL IKAN KATINTING BERBASIS ENERGI SURYA”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, dapat dirumuskan permasalahan yang ada, yaitu :

1. Bagaimana membuat desain sistem pendingin pada kapal ikan berbasis energi surya?
2. Bagaimana menghitung ekonomis komponen sistem pendingin kapal ikan menggunakan panel surya?



1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini dilakukan yaitu sebagai berikut :

1. Untuk membuat desain sistem pendingin pada kapal ikan berbasis energi surya.
2. Untuk mendapatkan nilai ekonomis komponen sistem pendingin kapal ikan menggunakan panel surya.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui bagaimana peletakan komponen – komponen sistem pendingin pada kapal ikan berbasis energi surya.
2. Untuk mengetahui nilai ekonomis komponen sistem pendingin kapal ikan menggunakan panel surya.

1.5 Ruang Lingkup

Berikut adalah Batasan masalah pada penelitian ini :

1. Kapal yang digunakan dalam penelitian ini adalah kapal Katinting, dan kapal dibawah 3 GT.
2. Objek yang di analisa dalam penelitian ini adalah perencanaan sistem pendingin kapal ikan berbasis energi surya dengan jenis kapal Katinting.
3. Data ukuran yang digunakan merupakan data kapal yang beroperasi di Makassar.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kapal Katinting



Gambar 1 Kapal Katinting

Dalam Undang-Undang Pelayaran, kapal didefinisikan sebagai kendaraan air dengan bentuk dan jenis tertentu, yang digerakkan dengan tenaga angin, tenaga mekanik, energi lainnya, ditarik atau ditunda, termasuk kendaraan yang berdaya dukung dinamis, kendaraan di bawah permukaan air, serta alat apung dan bangunan terapung yang tidak berpindah-pindah. (Afriansyah et al., 2021).

Kapal ikan adalah jenis kapal yang digunakan untuk kegiatan penangkapan ikan di perairan laut atau sungai. Kapal ini dirancang khusus dengan fasilitas dan peralatan yang diperlukan untuk membantu proses penangkapan ikan, seperti jaring, pancing, alat tangkap lainnya, serta sistem penyimpanan dan pengawetan ikan.

Kapal ikan secara umum terdiri dari: kapal penangkap ikan, kapal pengangkut hasil tangkapan, kapal survei, kapal latihan

1. Kapal penangkap ikan adalah kapal yang dikonstruksi dan digunakan khusus untuk menangkap ikan sesuai dengan alat penangkap dan teknik penangkapan ikan yang digunakan termasuk menampung, menyimpan dan mengawetkan.



Kapal pengangkut hasil tangkapan adalah kapal yang dikonstruksi secara khusus, dilengkapi dengan palkah khusus yang digunakan untuk menampung, menyimpan, mengawetkan dan mengangkut ikan hasil tangkapan.

3. Kapal survei adalah kapal yang dikonstruksi khusus untuk melakukan kegiatan survei perikanan dan kelautan.
4. Kapal latih adalah kapal yang dikonstruksi khusus untuk pelatihan penangkapan ikan.
5. Kapal pengawas perikanan adalah kapal yang dikonstruksi khusus untuk kegiatan pengawasan kapalkapal perikanan.

Sedangkan kapal ikan yang dibahas pada penelitian ini adalah kapal ikan yang fungsinya untuk menangkap ikan.

Salah satu jenis nya adalah kapal katinting yang merupakan ungkapan untuk jenis kapal atau kapal kecil dengan lebar (B) $\pm 1,5$ m. Kapal ini banyak digunakan sebagai kapal penangkap ikan di Indonesia. di seluruh wilayah Indonesia Nama kapal-kapal ini berbeda-beda, tetapi bentuknya sama. Perahu Katir di Pulau Jawa dan Gorontalo disebut Perahu Katinting (Nasty Aulia Zulkarnaen, 2019).

Kapal Katinting jenis ini merupakan kapal penangkap ikan dimana menurut Undang-Undang RI No. 31 tahun 2004 tentang perikanan adalah kapal, atau alat apung lainnya yang dipergunakan untuk melakukan penangkapan ikan, mendukung operasi penangkapan ikan, pembudidayaan ikan, pengangkutan ikan, pengolahan ikan, pelatihan perikanan, dan penelitian atau eksplorasi perikanan (Sofiyanti & Suartini, 2016).

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

Untuk lebih jelasnya hubungan suhu dengan kegiatan bakteri dan mutu ikan dapat di lihat pada tabel berikut:



Tabel 1 Hubungan Suhu dengan Kegiatan Bakteri dan Mutu Ikan

No	Suhu (°C)	Kegiatan Bakteri	Mutu Ikan
Suhu tinggi			
1.	25-10	Sangat cepat	Cepat menurun daya awet sangat pendek (3-10 jam)
	10-2	Pertumbuhan lebih lambat	Mutu Turun lambat, daya awet pendek (2-5 hari)
Suhu rendah			
2.	2 -1	Pertumbuhan bakteri jauh berkurang	Penurunan mutu agak dihambat, daya awet wajar. (3-10 hari)
	-1	Kegiatan dapat ditekan	Sebagai ikan basah penurunan minimum, daya awet ikan basah (5-20 hari)
Suhu sangat rendah			
3.	(-2) - (-10)	Ditekan, tidak aktif	Penurunan mutu minimum ikan jadi beku, daya awet panjang (7-30hari)
	-18 dan lebih rendah	Ditekan minimum, bakteri tidak tersisa tidak aktif.	Mutu ikan beku lebih baik, daya awet sampai setahun

Sumber: Jurnal Teknik Perkapalan- Vol.4 No. 1 Januari 2016

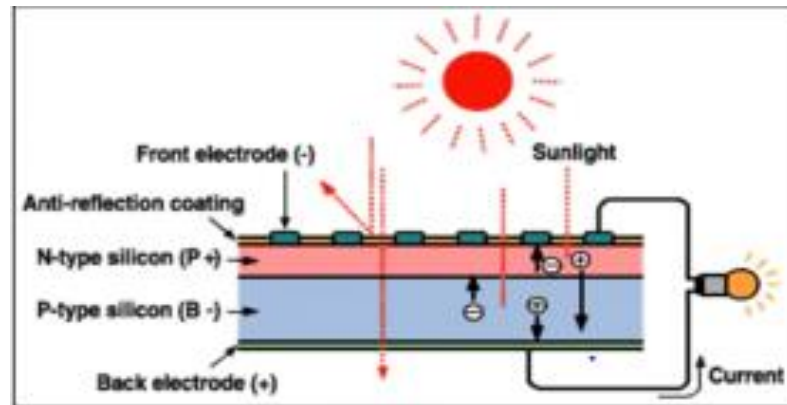
2.2 Panel Surya

Panel surya terdiri dari beberapa sel surya yang di susun sedemikian rupa sehingga didapatkan output sesuai dengan yang diinginkan. Dari kumpulan sel surya ini dapat dikonversi cahaya matahari menjadi listrik arus searah. Dengan menambahkan baterai yang dihubungkan dengan panel surya, maka daya hasil konversi cahaya matahari menjadi listrik dapat disimpan sebagai cadangan energi listrik (Harahap, 2020).



Sedangkan sel surya terdiri dari persambungan bahan semikonduktor tipe P dan N, *P-N junction semiconductor* yang jika terkena sinar matahari maka akan terjadi aliran elektron, aliran elektron inilah yang disebut sebagai aliran arus listrik.

listrik (Harahap, 2020). Dimana yang dimaksud bahan semikonduktor bertipe N mempunyai kelebihan elektron (muatan negative) sedangkan semikonduktor bertipe P mempunyai kelebihan hole (muatan positif) dalam struktur atomnya. Proses pengubahan energi matahari menjadi energi listrik ditunjukkan dalam gambar dibawah ini.



Gambar 2 Proses Pengubahan Energi Matahari Menjadi Energi Listrik

Sumber : <https://media.neliti.com/media/publications/456611-optimalisasi-penerimaan-intensitas-cahaya-5f5f9e5f.pdf>

Bagian utama pengubah energi sinar matahari menjadi listrik adalah penyerapan, meskipun demikian masing-masing lapisan juga sangat berpengaruh terhadap efisiensi dari sel surya. Sinar matahari terdiri dari bermacam-macam jenis gelombang elektromagnetik, oleh karena itu penyerap disini diharapkan dapat menyerap sebanyak mungkin radiasi sinar yang berasal dari cahaya matahari.

2.3 Jenis – Jenis Panel Surya (*Photovoltaic*)

Panel surya merupakan peralatan yang mampu mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik secara langsung. Panel surya adalah peralatan dua terminal atau sambungan yang berfungsi sebagai dioda saat cahaya tidak memadai (gelap), dan saat cahaya matahari masuk, dia dapat menghasilkan tegangan (Saleh Al Amin et al., 2022).

Jenis – jenis Panel Surya:



nokristal (*Mono-crystalline*)

upakan panel yang paling efektif dibuat dengan teknologi terkini nghasilkan listrik per satuan luas terpanjang. Monokristal dirancang untuk

penggunaan sumber energi di iklim sedang dalam kondisi ekstrim dan kondisi alam ganas. Efisiensinya mencapai 15% dengan kerugian dari panel jenis ini adalah tidak bekerja dengan baik di lokasi yang terang matahari lebih sedikit (bayangan), efisiensinya lebih rendah jatuh drastis dalam cuaca mendung (Purwoto et al., 2018).



Gambar 3 Panel Surya Monokristal

Sumber : <https://www.google.com/search?q=panel+surya+monocrystalline>

a. Kelebihan Panel Surya Monocrystalline

Keuntungan utama dari panel surya ini adalah efisiensi konversi energi yang tinggi. Dalam kondisi pencahayaan matahari yang cukup, monocrystalline mampu menghasilkan daya yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis panel surya lainnya, seperti polycrystalline atau thin-film. Hal ini berarti bahwa panel surya ini dapat menghasilkan lebih banyak listrik menggunakan ukuran yang lebih kecil, sehingga lebih efisien dalam penggunaan ruang.

b. Kekurangan Panel Surya Monocrystalline

Meski memiliki keuntungan dari segi efisiensi, namun panel surya ini juga memiliki kelemahan, diantaranya adalah:

- Biaya yang lebih tinggi: Panel Surya ini cenderung memiliki biaya produksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan panel surya polikristalin atau jenis lainnya. Hal ini karena proses produksi yang lebih rumit dan penggunaan bahan baku yang lebih mahal. Biaya



produksi yang tinggi ini sebanding dengan efisiensi konversi energi yang lebih tinggi dibanding panel jenis lain.

- Rentan terhadap bayangan: Panel Surya ini yang terkena bayangan pada salah satu selnya atau sebagian area permukaannya dapat mengurangi efisiensi keseluruhan panel surya tersebut. Hal ini disebabkan oleh desain panel yang menggunakan sirkuit seri-paralel di antara sel-selnya. Jika salah satu sel terkena bayangan, maka seluruh string sirkuit yang terhubung dengan sel tersebut akan terpengaruh dan mengurangi output daya panel.
- Rentan terhadap kerusakan fisik: Struktur *monocrystalline* terbuat dari bahan yang rapuh, seperti silikon kristal tunggal. Hal ini membuatnya rentan terhadap benturan atau tekanan yang kuat. Panel ini juga cenderung lebih berat, sehingga memerlukan perawatan dan penanganan yang lebih hati-hati saat pemasangan dan pengiriman.

2. Polikristal (*Poly-Crystalline*)

Merupakan Panel Surya yang memiliki susunan kristal acak karena diproduksi dengan proses pengecoran. Jenis ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan jenis monokristal untuk menghasilkan daya listrik yang sama. Panel surya ini memiliki efisiensi yang lebih rendah dibandingkan dengan tipe monokristal, sehingga memiliki harga yang lebih terjangkau (Purwoto et al., 2018).



Gambar 4 Panel Surya Polikristal

Sumber : <https://www.sunterra.id/panel-surya-polycrystalline/>



a. Kelebihan Panel Surya Polycrystalline

Panel surya jenis ini memiliki beberapa kelebihan yang membuatnya populer dalam industri energi surya. Berikut adalah beberapa kelebihan utama panel polycrystalline:

- Biaya produksi rendah. Panel *polycrystalline* menggunakan teknologi produksi yang relatif sederhana dan bahan baku yang lebih murah. Ini membuatnya lebih terjangkau dan ekonomis dalam hal biaya produksi.
- Toleransi terhadap suhu tinggi yang baik. Panel Surya ini memiliki toleransi yang lebih baik terhadap suhu tinggi. Ini berarti panelnya akan menghasilkan daya yang lebih konsisten dalam kondisi suhu yang tinggi, seperti di daerah dengan iklim panas.
- Toleransi terhadap cahaya kurang sempurna. Panel surya ini cenderung memiliki toleransi yang lebih baik terhadap cahaya kurang sempurna atau cahaya dengan sudut datang yang tidak optimal. Dengan begitu, dapat menghasilkan daya yang lebih baik dalam kondisi cahaya rendah atau saat sinar matahari tidak jatuh secara langsung pada panel.

b. Kekurangan Panel Surya *Polycrystalline*

Meskipun panel surya *polycrystalline* adalah pilihan yang populer untuk energi surya, ada beberapa kekurangan yang perlu dipertimbangkan :

- Efisiensi lebih rendah. Panel polikristalin cenderung memiliki efisiensi yang lebih rendah dibandingkan dengan panel surya monokristal. Panel polikristalin umumnya memiliki efisiensi antara 14-17%. Dari angka tersebut berarti panel polikristalin memerlukan lebih banyak area permukaan untuk menghasilkan daya yang sama dengan panel monokristalin agar lebih efisien.
 - Toleransi suhu yang buruk. Panel surya polikristalin biasanya memiliki toleransi suhu yang lebih buruk daripada panel monokristalin. Artinya, kinerja panel polikristalin dapat menurun ketika suhu meningkat. Pada suhu yang lebih tinggi, efisiensi konversi energi surya ke listrik dapat menurun, yang dapat mengurangi kinerja panel secara keseluruhan.
- Warna yang kurang seragam. Panel surya polikristalin terbuat dari banyak kristal silikon yang berbeda-beda, yang menghasilkan warna



yang tidak seragam pada permukaan panel. Ini menghasilkan tampilan yang kurang estetis dibandingkan dengan panel monokristalin yang memiliki tampilan seragam dan lebih halus.

- Pengaruh bayangan. Panel surya jenis ini lebih rentan terhadap pengaruh bayangan. Jika ada bayangan yang jatuh pada sebagian kecil panel, hal ini dapat menyebabkan penurunan drastis dalam produksi energi panel secara keseluruhan. Oleh karena itu, penting untuk mempertimbangkan penempatan panel dengan hati-hati agar terhindar dari bayangan yang dapat mengurangi efisiensi sistem.

2.4 Komponen Pembangkit Listrik Tenaga Surya

Adapun komponen yang dibutuhkan yaitu sebagai berikut :

1. Panel surya

Panel surya merupakan alat konversi energi yang dapat merubah intensitas cahaya matahari menjadi elektron yang bergerak atau yang disebut dengan arus listrik. Panel surya terdiri dari silikon, silikon mengubah intensitas sinar matahari menjadi energi listrik saat intensitas cahaya berkurang seperti berawan, hujan, dan mendung, energi listrik yang dihasilkan juga akan berkurang. Dengan menambah panel surya (memperluas) berarti menambah konversi tenaga surya.

Dengan prinsip kerja, cahaya matahari dapat diubah menjadi energi listrik melalui modul surya yang terbuat dari bahan semikonduktor. Bahan semikonduktor merupakan bahan semi logam yang memiliki partikel yang disebut elektron – proton, yang apabila digerakkan oleh energi dari luar akan membuat pelepasan elektron sehingga menimbulkan arus listrik dan pasangan elektron *hole*. Modul surya mampu menyerap cahaya sinar matahari yang mengandung gelombang elektromagnetik atau energi foton.

Energi foton pada cahaya matahari ini menghasilkan energi kinetik yang mampu melepaskan elektron – elektron ke pita konduksi sehingga menimbulkan arus listrik. Energi kinetik akan semakin besar seiring meningkatnya intensitas cahaya dari matahari. Intensitas cahaya matahari tertinggi diserap bumi di siang hari sehingga menghasilkan tenaga surya ada



sekitar 120.000 terra Watt. Jenis logam yang digunakan akan menentukan kinerja daripada sel surya (Hasan, 2012). Untuk menghitung daya panel surya, berikut persamaan yang digunakan :

$$\text{Modul Surya (Wp)} = \frac{\text{Total Kebutuhan Energi (Wh)}}{\text{Minimum rata-rata irradiansi matahari (jam)}} \quad (1)$$



Gambar 5 Panel Surya

Sumber : <https://www.google.com/search?q=panel+surya+monocrystalline>

2. Battery / Aki

Bateri akumulator atau aki adalah suatu proses kimia listrik, dimana pada saat pengisian (*charge*) energi listrik diubah menjadi energi kimia dan saat pengeluaran (*discharge*) energi kimia diubah menjadi energi listrik. Untuk menghitung kapasitas daya baterai, dapat menggunakan persamaan berikut :

$$C_b = \frac{A \times JAM}{DOD} \quad (2)$$

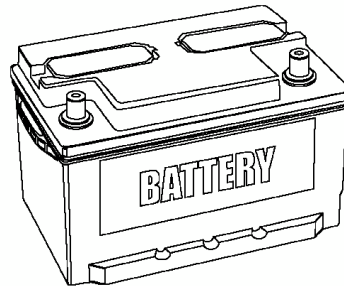
Keterangan :

C_b = kapasitas baterai

A = Ampere

Dod = *Deep of Discharge*





Gambar 6 Battery

Sumber : <https://www.kitapunya.net/kapasitas-baterai-aki/>

Dengan prinsip kerja, aki bekerja atas dasar pengisian dan pengosongan energi listrik yang terdapat didalamnya. Pada saat aki dipakai, maka terjadi pengosongan, dimana kedua elektrodanya akan menjadi timbal sulfat. Hal ini disebabkan kedua elektroda bereaksi terhadap larutan asam sulfat. Pada reaksi tersebut elektroda timbal melepaskan banyak elektron, akibatnya terjadi aliran listrik dari timbal dioksidanya. Dalam aki terdapat sel untuk menyimpan arus yang mengandung asam sulfat. Tiap sel berisikan pelat positif dan pelat negatif. Pada pelat positif mengandung oksida timah coklat (PbO_2), sedangkan pelat negative mengandung timah (Pb). Pelat-pelat ditempatkan pada batang penghubung. Pemisah atau separator menjadi isolasi diantara pelat itu, dibuat agar baterai *acid* mudah beredar di seliling pelat (Setiono et al., 2015).

3. Inverter

Inverter adalah suatu rangkaian pensaklaran elektronik yang dapat merubah tegangan searah (DC) menjadi tegangan bolak balik (AC) Output suatu inverter dapat berupa tegangan AC dengan bentuk gelombang sinus (*sine wave*), gelombang kotak (*square wave*) dan sinus modifikasi (*sine wave modified*). Sumber tegangan input inverter dapat menggunakan *battery*, tenaga surya, atau sumber tegangan DC yang lain. Inverter dalam proses inversi tegangan DC menjadi tegangan AC membutuhkan suatu penarikan berupa step up transformer (Setiono et al., 2015). Untuk menghitung η inverter, berikut persamaan yang digunakan :



$$\text{Inverter} = \frac{\text{Energi Total}}{\text{Jam}} \quad (3)$$



Gambar 7 Inverter

Sumber : <https://wigatos.com/5468-cara-kerja-inverter/>

4. Charge Controller

Charge controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *Charge controller* mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian karena baterai sudah penuh) dan kelebihan voltase dari panel surya / solar cell (YAQIN et al., 2019). *Charge Controller* panel surya terbagi 2 yaitu PWM (*Pulse With Modulation*) dan MPPT (*Maximum Power Point Tracker*). *Charge Controller* PWM (*Pulse Wide Modulation*) merupakan *charge controller* yang menggunakan 'lebar' *pulse* dari *on* dan *off electrical*, sehingga menciptakan seakan-akan *sine wave electrical form*. *Charge controller* PWM (*Pulse Width Modulation*) adalah alat pengontrol pengisian yang berfungsi mengecaskan baterai dari panel surya dengan menggunakan modulasi pulsa untuk mengendalikan keberlangsungan pengisian. Untuk menghitung kapasitas dari *solar battery charge* digunakan persamaan berikut :

$$\text{Kapasitas Solar Battery charger} = \text{jumlah panel surya} \times \text{isc panel surya} \quad (4)$$





Gambar 8 Charger Controller

Sumber : <https://atonergi.com/solar-charge-controller-untuk-panel-surya-cara-memilih/>

2.5 Prinsip Kerja Panel Surya

Dikarenakan munculnya muatan negatif dan muatan positif dari pertemuan di daerah tersebut dengan sendirinya. Maka, perbedaan muatan tersebut disebut dengan medan listrik yang diistilahkan dengan internal E . Dikarenakan terjadinya medan listrik yang terjadi pada sambungan dioda P-N membuat sambungan tersebut berada pada kondisi setimbang satu sama lain

Dengan memanfaatkan reaksi yang terjadi pada semikonduktor P-N. Hal inilah yang dimanfaatkan untuk melakukan konversi cahaya matahari menjadi listrik. Dengan membuat semikonduktor N yang berada pada lapisan atas dan semikonduktor P pada lapisan bawah. Sehingga, saat sinar matahari mengenai panel surya jatuh ke permukaan sel dapat terus terserap dan masuk ke semikonduktor tersebut.

Saat lapisan panel surya ini terkena matahari maka, elektron pada semikonduktor N mendapat energi untuk menyerahkan elektron dari N ke daerah W. Saat terlepasnya elektron ini meninggalkan *hole* pada posisi elektron yang lepas disebut dengan fotogenerasi elektron. Dimana dengan hasilnya ini menghasilkan pasangan elektron dan *hole* pada lapisan semikonduktor P dan N setiap kali terkena sinar matahari.

Setiap kali mengenai lapisan panel surya dengan panjang gelombang yang berbeda. Membuat fotogenerasi yang ada pada semikonduktor P-N t spektrum yang berbeda. Dengan spektrum merah mampu menembus



lapisan semikonduktor N dan diserap oleh semikonduktor P. Kemudian spektrum biru hanya sampai pada semikonduktor N dan diserap.

Dari reaksi inilah yang akan menghasilkan medan listrik pada sambungan semikonduktor P-N. Hasil perpindahan elektron inilah yang dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik dan menuju output akhir berupa kabel fasa dan kabel netral.

2.6 Sistem Pendingin

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

Refrigerant mengalir ke evaporator dan terjadi proses evaporasi dari wujud cair ke gas, dibantu dengan blower yang berfungsi menghembuskan suhu dingin dari evaporator ke dalam ruangan. Aliran *refrigerant* kembali lagi ke kompresor. Sebelum masuk ke kompresor *refrigerant* cair dipisahkan oleh *accumulator*, sebab kompresor hanya bisa menerima *refrigerant* berwujud gas (Fakhrudin et al., 2021).

Gas (*refrigerant*) yang mengalir ke kondensor mempunyai tekanan dan temperatur tinggi. Di kondensor refrigeran didinginkan oleh udara luar yang ini berlangsung terus menerus berulang - ulang sehingga didapat temperatur yang diinginkan (Nugroho, 2012).

Dalam kehidupan sehari-hari, teknologi refrigerasi lebih dikenal dalam bentuk produknya yang berupa es, lemari dingin (*refrigerator* rumah tangga), pabrik es dan lain - lain. Dalam sektor perikanan, contoh penggunaan adalah ruang penyimpanan dingin (*cold storage*) yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan ikan. Ikan adalah bahan pangan yang mudah membusuk, dan teknik pendinginan terbukti efektif dalam menjaga kesegarannya sehingga ikan tetap terlihat seperti



ngkap dari air. Oleh karena itu, teknik pendinginan dapat diaplikasikan as pada setiap sektor perikanan (Stephan & Razali, 2014).

berapa metode atau sistem Pendingin ikan di kapal adalah :

- a. Pendingin Ikan dengan es (*icing*)
- b. Pendingin ikan dengan udara dingin (*chilling in cold air*)
- c. Pendinginan ikan dengan es air laut
- d. Pendinginan ikan dengan air yang didinginkan (*chilling in water*)
- e. Pendinginan ikan dengan es kering
- f. Pendingin ikan dengan teknologi refrigerasi

2.7 Komponen Sistem Pendingin

Adapun komponen yang menyusun rangkaian sistem pendingin yaitu sebagai berikut:

- Kompresor



Gambar 9 Kompresor

Sumber : <https://www.indotara.co.id/penanganan-masalah-kompresor-pendingin&id=86.html>

Salah satu komponen terpenting dalam sebuah sistem pendingin adalah kompresor. Kompresor merupakan komponen dari sistem pendingin yang berfungsi memompa gas *refrigerant* ke seluruh bagian yang ada didalam sistem pendingin. Selain berfungsi memompa, kompresor juga bisa bekerja dengan sistem menekan dan menghisap.



- Kondensor



Gambar 10 Kondensor

Sumber : <https://rahman.net/power-plants-id/prinsip-kerja-kondensor/>

Kondensor merupakan komponen yang berfungsi sebagai penukar kalor yang menurunkan temperatur *refrigerant* dari awalnya berbentuk gas menjadi cair. Pada bagian ini terdiri dari *coil* dan *fan*. *Fan* atau kipas yang ada pada kondensor berfungsi untuk menghilangkan panas pada *refrigerant* dengan cara meniupnya.

- Filter

Filter atau *receiver driver* berfungsi untuk menyaring kotoran, seperti sisa-sisa debu pada saat proses ataupun uap air yang masih terjebak didalam sistem tidak ikut masuk kedalam pipa kapiler karena diameter pipa kapiler lebih kecil dari pipa-pipa yang lain.

- Evaporator



Gambar 11 Evaporator

Sumber : <https://www.aeroengineering.co.id/2021/04/evaporator/>

Sebagaimana komponen kondensor yang telah dijelaskan di atas, evaporator juga merupakan komponen penukar panas (kalor). Perbedaananya



adalah kondensor melepaskan kalor/panas, sedangkan evaporator menyerap kalor/panas dari produk makanan yang disimpan dalam alat ini. Evaporator mempunyai fungsi mengubah cairan pendingin kembali menjadi gas agar dapat dihembuskan ke dalam ruangan sistem pendingin. Evaporator terbuat dari bahan logam yang anti karat, seperti tembaga dan aluminium.

- *Thermostat*

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

- *Heater*

Dalam beberapa jenis sistem pendingin ada salah satu komponen atau bagian yang bernama *heater*. *Heater* atau pemanas merupakan bagian dalam sebuah sistem pendingin yang berfungsi untuk menghancurkan salju yang berada dalam mesin pendingin. Selain itu *heater* juga memiliki fungsi untuk mencairkan es yang berada pada evaporator.

- *Refrigerant*



Gambar 12 *Refrigerant*

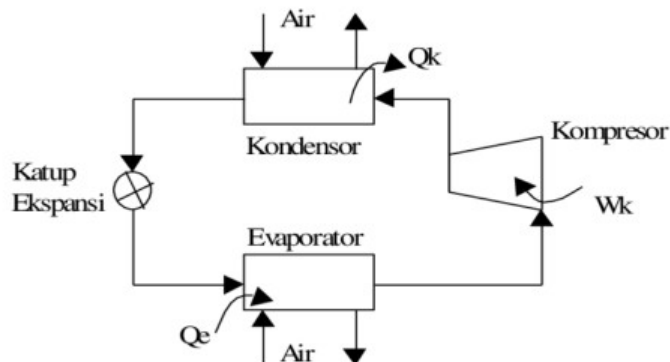
Sumber : <https://www.koolio.id/p/refrigerant-r134a-1>



Dalam sistem pendingin komponen *refrigerant* adalah komponen terpenting karena *refrigerant* sendiri merupakan zat yang sangat mudah ubah bentuknya dari gas menjadi cair ataupun sebaliknya. Setiap sistem pendingin pasti memiliki gas pendingin.

Jenis *refrigerant* yang paling banyak digunakan pada mesin pendingin adalah R-134A, *refrigerant* R134a adalah *refrigerant* haloalkana yang digunakan sebagai media pendingin. Jenis *refrigerant* R-134A memiliki kinerja termal yang baik yang membuat efisien dalam menghasilkan pendingin, R-134A lebih aman dalam penggunaannya daripada *refrigerant* R12 yang telah dilarang karena memiliki dampak negative pada lingkungan dan kesehatan manusia R-134A tidak mengandung chloro sehingga aman dan tidak merusak lapisan ozon. Meskipun R-134A merupakan gas rumah kaca, dampaknya terhadap pemanasan global relative kecil dibandingkan dengan beberapa *refrigerant* lainnya, seperti HCFCs (Hydrochlorofluorocarbons) dan HFCs (Hydrofluorocarbons). *Refrigerant* 134A ini memiliki material yang digunakan dalam sistem pendingin, seperti logam dan karet sehingga mengurangi resiko kebocoran pada komponen sistem selain itu R134A juga di atur oleh peraturan dan kebijakan lingkungan, termasuk Protokol Montreal, yang memungkinkan penggunaan yang lebih aman dan lebih berkelanjutan dalam pengaplikasian pendingin.

2.8 Prinsip Kerja Sistem Pendingin



Gambar 13 Siklus Kerja Sistem Pendingin dan Komponen Utamanya

Sumber : <https://www.researchgate.net/figure/Gambar-41-Siklus-Kompresi-Uap-Ideal-dengan-Pendingin-Air>



Prinsip kerja sistem pendingin cara kerja mesin pendingin ini dapat diuraikan sebagai berikut, kompresor yang ada pada sistem pendingin

dipergunakan sebagai alat untuk memampatkan fluida kerja (*refrigerant*), jadi *refrigerant* yang masuk kedalam kompresor oleh kompresor tersebut akan dimampatkan sehingga tekanan dan temperaturnya akan naik kemudian dialirkan ke kondensor (Kiryanto dan Supriyanto, 2012).

Pada bagian kondensor ini *refrigerant* yang telah dimampatkan akan di kondensasikan sehingga berubah fase dari *refrigerant* fase uap lanjut akan merubah keadaan menjadi *refrigerant* fase cair. Dengan adanya perubahan fase, dari fase uap ke fase cair maka *refrigerant* mengeluarkan kalor yaitu kalor penguapan yang terkandung didalam *refrigerant*.

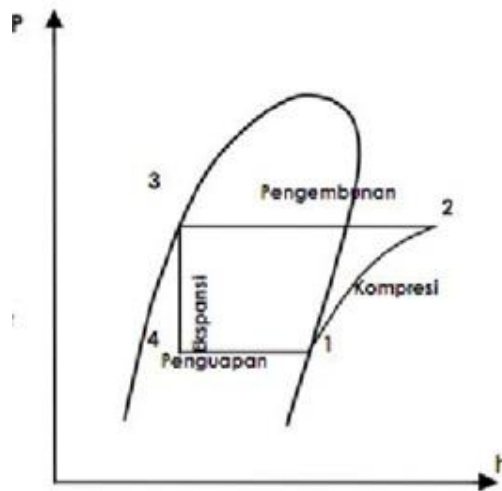
Pada kondensor tekanan *refrigerant* yang berada dalam pipa-pipa kondensor relatif jauh lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan refrigeran yang berada pada pipi-pipa evaporator. Setelah *refrigerant* lewat kondensor dan setelah melepaskan kalor penguapan dari fase uap ke fase cair maka refrigeran dilewatkan melalui katup ekspansi. Katup ekspansi ini berfungsi untuk mengatur jumlah refrigeran yang akan masuk ke evaporator dan menurunkan tekanan refrigeran pada suatu harga tertentu sesuai dengan besarnya beban pendinginan.

Dari katup ekspansi refrigeran dialirkan ke evaporator, didalam evaporator ini *refrigerant* akan berubah keadaannya dari fase cair ke fase uap. Untuk merubahnya dari fase cair ke refrigeran fase uap maka proses ini membutuhkan energi yaitu energi penguapan, dalam hal ini energi yang dipergunakan adalah energi yang berada di dalam substansi yang akan didinginkan. Dengan diambilnya energi dalam substansi yang akan didinginkan maka entalpi substansi yang akan didinginkan akan menjadi turun. *Refrigerant* yang keluar dari evaporator kemudian dihisap oleh kompresor untuk dimampatkan kembali. Proses ini akan berubah terus-menerus sampai terjadi pendinginan yang sesuai dengan keinginan. Dengan adanya mesin pendingin ini maka untuk mendinginkan atau menurunkan temperatur suatu substansi dapat dengan mudah dilakukan.



2.9 Kinerja Mesin Refrigerasi Kompresi

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



Gambar 14 Diagram Tekanan Terhadap Entalpi

Sumber : <http://www.mekanisasikp.web.id/2019/12/siklus-refrigerasi-untuk-penyimpan-ikan.html>

1. Usaha pendingin refrigerasi atau efek refrigerasi

$$W = h_1 - h_4 \text{ (kJ/kg)} \quad (5)$$

Dimana :

h_1 = Enthalpi *refrigerant* titik 1 (kJ/kg)

h_4 = Enthalpi *refrigerant* titik 4 (kJ/kg)

2. Laju aliran pendingin *refrigerant*

Yaitu merupakan jumlah *refrigerant* yang disirkulasi tiap satuan waktu.

$$\dot{m} = \frac{Q \text{ total beban pendingin}}{w} \text{ (kg/s)} \quad (6)$$

Dimana :

Q total beban pendingin = beban kalor pendingin (kW)

W = Efek refrigerasi (kJ/kg)

3. Kerja Kompresi

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

$$W_{mp} = \dot{m} (h_2 - h_1) \text{ (kJ/s)} \quad (7)$$



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

$$Q_{con} = \dot{m} (h_2 - h_3) \text{ (kJ/s)} \quad (8)$$

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 *Refrigerant* atau Kerja Evaporator

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

$$Q_{ev} = \dot{m}(h_1 - h_4) \quad (9)$$

Dimana:

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

h_1 = Enthalpi *refrigerant* titik 1 (kJ/kg)

h_4 = Enthalpi *refrigerant* titik 4 (kJ/kg)

6. Koefisien Prestasi (Coefficient of Performance)

Koefisien Prestasi (*Coefficient of Performance*) COP merupakan perbandingan antara refrigerasi bermanfaat yang dihasilkan oleh sistem untuk mendinginkan lingkungan dengan kerja bersih yang dilakukan pada unit kompresor. Unjuk kerja (COP) merupakan besaran tanpa dimensi. Unjuk kerja (COP) adalah besarnya energi yang berguna, yaitu efek refrigerasi agi dengan kerja yang diperlukan sistem (kerja kompresi). Semakin besar u COP semakin efisien sebuah mesin pendingin. Untuk mengukur COP



sistem pendingin ialah dampak refrigerasi dibagi dengan kerja kompresi (Stoecker, 1982 : 187).

$$COP = \frac{Q_{ev}}{W_{comp}} \quad (10)$$

Dimana :

Q_{ev} = Kapasitas Refrigerasi (kw)

W_{comp} = Kerja Kompresor (kw)

2.10 Kebutuhan Bahan Pendingin

Kebutuhan bahan pendingin dibutuhkan untuk menyerap panas hasil tangkapan (ikan) mencapai temperatur yang diinginkan dalam penelitian ini adalah 0° C dan untuk mempertahankan temperatur tersebut sampai tempat pelelangan ikan. Jadi, kemampuan bahan pendingin dalam menyerap panas produk terdiri dari kalor sensibel dan kalor laten. Jumlah kebutuhan bahan pendingin dihitung dengan menggunakan persamaan 12 :

2.10.1 Es Balok

Es balok merupakan es yang berbentuk balok berukuran 12-60 kg/balok. Sebelum dipakai es balok harus dipecahkan terlebih dahulu untuk memperkecil ukuran. Es balok merupakan jenis es yang paling banyak atau umum untuk digunakan dalam pendinginan ikan karena harganya murah dan mudah dalam pengangkutannya. Es balok lebih mudah dalam pengangkutannya karena lebih sedikit meleleh. Akan tetapi, memerlukan sarana penumbuk es atau penghancur secara mekanis (ice crusher) sehingga es yang keluar dari pabrik sudah siap pakai dengan ukuran 1 cm x 1 cm. Keuntungan lain dari penggunaan es balok ialah es balok lebih lama mencair dan menghemat penggunaan tempat pada palka, es balok ditransportasikan dan disimpan dalam bentuk balok dan dihancurkan bila akan digunakan.



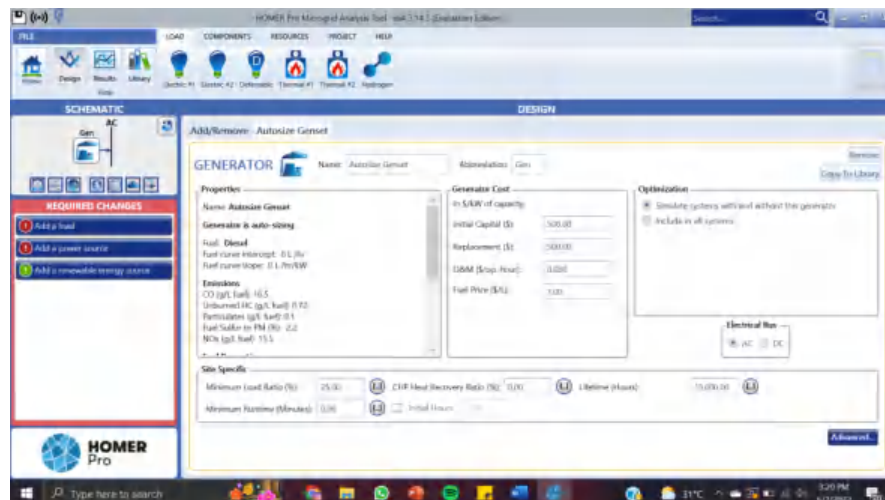
2.12 Analisis Ekonomis

2.12.1 Metode Payback Periode

Metode ini merupakan teknik penilaian terhadap jangka waktu (periode) pengembalian investasi suatu proyek atau bisnis. Proyek dengan payback periode cepat pengembaliannya maka memiliki kemungkinan untuk dijalankan. Satuan payback periode adalah berupa waktu (bulan, tahun, dan sebagainya). Berikut rumus Payback periode:

$$\text{Payback Periode} = \frac{\text{Modal Awal}}{\text{Jumlah Keuntungan Nelayan}} \quad (11)$$

2.13 Software HOMER



Gambar 15 Tampilan Software Homer

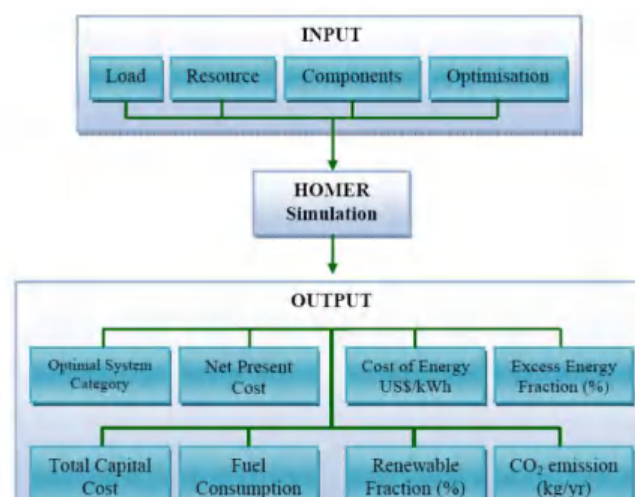
HOMER adalah singkatan dari *the Hybrid Optimisation Model For Electric Renewables*, salah satu software populer untuk desain sistem PLTH menggunakan energi terbarukan. Software HOMER merupakan sebuah perangkat lunak yang dikembangkan oleh *The National Renewable Energy Laboratory (NREL)*, Amerika Serikat. Software HOMER adalah suatu perangkat lunak yang digunakan untuk operasi model sistem pembangkit listrik skala kecil (*micropower*), seperti yang ditunjukkan pada gambar 16 perangkat lunak ini mempermudah evaluasi desain pembangkit listrik untuk berbagai jenis pembangkit listrik skala kecil baik yang terhubung ke jaringan listrik atau pun tidak (Bachtiar & Syafik, 2016).



HOMER juga merupakan salah satu *tool* yang berfungsi untuk desain sistem PLTH menggunakan energi terbarukan. HOMER menyimulasikan dan mengoptimalkan sistem pembangkit listrik baik stand-alone maupun grid-connected yang dapat terdiri dari kombinasi turbin angin, *photovoltaic*, *microhidro*, biomassa, generator (diesel/bensin), *microturbine*, *fuel-cell*, baterai dan penyimpanan hidrogen, melayani beban listrik maupun termal (Kunaifi, 2015).

HOMER menyimulasikan operasi sistem dengan menyediakan perhitungan *energy balance* untuk setiap 8760 jam dalam setahun. Jika sistem mengandung baterai dan generator diesel/bensin, HOMER juga dapat memutuskan, untuk setiap jam, apakah generator diesel/bensin beroperasi dan apakah baterai diisi atau dikosongkan. Selanjutnya HOMER menentukan konfigurasi terbaik sistem dan kemudian memperkirakan biaya instalasi dan operasi sistem selama masa operasinya (*life time costs*) seperti biaya awal, biaya penggantian komponen-komponen, biaya O&M, dan biaya bahan bakar (Kunaifi, 2015).

Saat melakukan simulasi, HOMER menentukan semua konfigurasi sistem yang mungkin, kemudian ditampilkan berurutan menurut *net present cost* – NPC (atau disebut juga *life cycle costs*). Jika analisa sensitivitas diperlukan, HOMER akan mengulangi proses simulasi untuk setiap variabel sensitivitas yang ditetapkan. Error relatif tahunan sekitar 3% dan error relatif bulanan sekitar 10%. Gambar di



Gambar 16 Skema Kerja Homer



bawah menunjukkan arsitektur HOMER. Ada tiga bagian utama HOMER yaitu simulasi dan output yang ditunjukkan pada gambar 16 (Kunaifi, 2015).

Untuk melakukan perhitungan keseimbangan energi untuk setiap konfigurasi sistem yang akan dipertimbangkan. Kemudian menentukan konfigurasi

yang layak, apakah dapat memenuhi kebutuhan listrik di bawah kondisi yang ditentukan, perkiraan biaya modal, penggantian, operasi dan pemeliharaan, bahan bakar, dan bunga. Kelebihan perangkat lunak ini adalah penggunaannya mudah, bisa menyimulasi, mengoptimasi suatu model kemudian secara otomatis bisa menemukan konfigurasi sistem optimum yang bisa menyuplai beban dengan biaya sekarang (NPC) terendah, dan bisa menggunakan parameter sensitivitas untuk hasil yang lebih bagus dan akurat (Bachtiar & Syafik, 2016).

- *Net Present Cost*

Net Present Cost (NPC) adalah keluaran ekonomi yang paling utama untuk nilai suatu sistem PLTS, HOMER akan mengurutkan data hasil keluaran simulasi dan optimasi berdasarkan nilai NPC terendah. total biaya pengoperasian dan pemasangan yang digunakan di dalam pembangunan proyek (Bachtiar & Syafik, 2016).

NPC dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 10 sebagai berikut :

$$NPC = O\&M\ Cost + Fuel\ Cost + Capital\ Cost + Replacement\ Cost + Salvage\ (12), \text{ Dimana :}$$

O&M Cost = biaya perawatan dan operasional

Fuel Cost = biaya bahan bakar

Capital Cost = biaya modal komponen

Replacement cost = biaya pergantian komponen

Salvage = biaya sisa komponen

Biaya perawatan dan operasional antara lain biaya pembersihan instalasi dan pengecekan instalasi secara berkala. Sedangkan biaya pergantian komponen instalasi antara lain pergantian baterai, panel surya, inverter, dan solar charge controller.



- ***Cost Of Energy***

Cost Of Energy adalah biaya pengeluaran per kWh energi listrik yang dihasilkan oleh pembangkit yang digunakan. COE dapat dihitung dengan persamaan 13 sebagai berikut :

$$Cost\ Of\ Energy = \frac{C_{ann,tot}}{C_{served}} \quad (13)$$

Dimana :

COE = Biaya yang dikeluarkan per kWh

$C_{ann,tot}$ = Total biaya tahunan dari sistem per tahun (Rp/tahun)

C_{served} = Total beban listrik per tahun (kWh/tahun)

COE dapat dihitung dengan membagi biaya total pembangkit per tahun dengan total energi beban per tahun (kWh).

