



SKRIPSI – ME141501

ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PADA DESAIN SISTEM *COLD STORAGE* KAPAL IKAN TUNA 30 GT DENGAN MENGGUNAKAN *PHOTOVOLTAICS*

Muhamad Mego Senatung
NRP 04211440000117

Dosen Pembimbing
Edi Jadmiko ST., MT
Sutopo Purwono Fitri, ST., M.Eng., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

SKRIPSI - ME 141501

ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PADA DESAIN SISTEM *COLD STORAGE* KAPAL IKAN TUNA 30 GT DENGAN MENGGUNAKAN *PHOTOVOLTAICS*

Muhamad Mego Senatung
NRP 04211440000117

Dosen Pembimbing
Edi Jadmiko ST., MT
Sutopo Purwono Fitri, ST., M.Eng., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

“Halaman ini sengaja di kosongkan”



SKRIPSI - ME 141501

ANALYSYS TECHNICAL AND ECONOMICS COLD STORAGE SYSTEM FOR FISHING VESSEL 30 GT WITH INTEGRETED PHOTOVOLTAICS

Muhamad Mego Senatung
NRP 0421144000117

Supervisors
Edi Jadmiko ST., MT
Sutopo Purwono Fitri, ST., M.Eng., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PADA DESAIN SISTEM *COLD STORAGE* KAPAL IKAN TUNA 30 GT DENGAN MENGGUNAKAN *PHOTOVOLTAICS*

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada

Bidang Studi *Marine Machinery And System (MMS)*
Program Studi Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

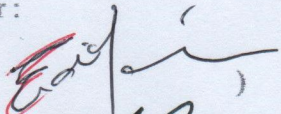
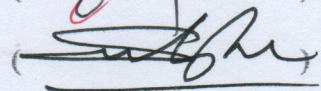
Oleh :

Muhamad Mego Senatung
NRP. 04211440000117

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Edi Jadmiko ST., MT

Sutopo Purwono Fitri ST., M.Eng., Ph.D.

()
()

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS TEKNIS DAN EKONOMIS PADA DESAIN SISTEM *COLD STORAGE* KAPAL IKAN TUNA 30 GT DENGAN MENGGUNAKAN *PHOTOVOLTAICS*

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Machinery And System* (MMS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Muhamad Mego Senatung
NRP. 04211440000117

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan :



Dr. Eng. M. Badrus Zaman., ST., MT
NIP. 197708022008011007

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

Analisis Teknis dan Ekonomis Pada Desain Sistem *Cold Storage* Kapal Ikan Tuna 30 GT Dengan Menggunakan *Photovoltaics*

Nama Mahasiswa : Muhamad Mego Senatung
NRP : 0421144000117
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan ITS
Dosen Pembimbing 1 : Edi Jadmiko ST., MT
Dosen Pembimbing 2 : Sutopo Purwono Fitri ST., M.Eng., Ph.D.

Abstrak

Besarnya potensi atas kekayaan laut di perairan Indonesia, menuntut untuk melakukan perkembangan teknologi dalam bidang perikanan di Indonesia. Hasil tangkapan yang melimpah masih banyak yang belum dimanfaatkan secara baik dan maksimal demi peningkatan perekonomian di Indonesia. Kapal ikan merupakan fasilitas utama yang digunakan sebagai alat untuk melakukan kegiatan penangkapan ikan. Maka dari itu kajian yang akan diberikan pada pembahasan dibawah yaitu mengenai desain sistem yang menjadikan solusi untuk peningkatan produksi penangkapan ikan dengan penjagaan kualitas hasil tangkap ikan. Analisa teknis dan ekonomis harus dilakukan pada penelitian ini, demi mengetahui performance dan ke-ekonomisan dari sistem didisain untuk kapal ikan kendari 30 GT.

Secara teknis dari hasil perhitungan dengan membandingkan performance dari mesin refrigerator yang tanpa menggunakan sistem eco yang dibuat didapatkan besaran pemakaian bahan bakar dari generator dua kali lebih besar dari pada menggunakan eco solar panel yang didesain, yaitu sebesar 471 liter/trip dan untuk yang tidak menggunakan eco solar panel system dan 740 liter/trip. Sedangkan jika secara analisis ekonomis, maka didapatkan nilai investasi awal yang sangat berbeda, yang mana pada skenario pertama investasi awal sebesar Rp 186.229.500,- dan untuk skenario kedua yang tanpa menggunakan panel surya sebesar Rp 158.000.000,-. Perbedaan antara investasi awal membuktikan pada hasil akhir perhitungan yang mana pada skenario pertama biaya konsumsi bahan bakar satu kali lebih kecil dibandingkan pada kapal yang tidak menggunakan panel surya. Selisih besarnya konsumsi bahan bakar yaitu sebesar Rp 3.748.250,-. Dan apabila dihitung secara jangka panjang maka skenario pertama dapat mengembalikan selisih modal awal investasi kurang dari satu tahun dan telah mendapatkan keuntungan penghematan bahan bakar pada tahun pertama kapal beroperasi. Adapun selisih biaya bahan bakar per-tahunnya sebesar Rp 44.979.000,-.

Kata kunci : Solar panel, analisa teknis, analisa ekonomis, generator, konsumsi bahan bakar, efisiensi.

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

Analysis Thechnical and Eeconomics Cold Storage System For Fishing Vessel 30 GT With Integreted Photovoltaics

Nama Mahasiswa : Muhamad Mego Senatung
NRP : 0421144000117
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan ITS
Dosen Pembimbing 1 : Edi Jadmiko ST., MT
Dosen Pembimbing 2 : Sutopo Purwono Fitri ST., M.Eng., Ph.D.

Abstrak

The huge potential of Indonesia's natural wealth, is needed to develop technology in the field of fisheries in Indonesia. Abundant catch is still a lot that has not been utilized properly and optimal for economic improvement in Indonesia. Fishing vessel is the main facility used as a tool to conduct fishing activities. Therefore the study will be given on the right decision to produce better results. Technical and safety analyzes should be performed on this research, in order to determine the performance and economics of the system designed for the 30 GT fishing vessels.

Technically from the calculation results by comparing the performance of the refrigerator engine without using the eco system made obtained the fuel consumption of the generator two times greater than using eco solar panels designed, which amounted to 471 liters / trip and for those who do not use the eco solar panel system and 740 liter / trip. Whereas if the economic analysis, then got a very different initial investment value, which in the first scenario of the initial investment of Rp 186.229.500, - and for the second scenario that without using solar panels of Rp 158.000.000, -. The difference between the initial investment proves at the end of the calculation which in the first scenario the cost of fuel consumption is one-off smaller than that of a ship that does not use solar panels. The difference in the amount of fuel consumption of Rp 3,748,250, -. And if calculated on a long-term basis then the first scenario can restore the initial investment capital difference of less than a year and have earned fuel savings in the first year of operation. The difference in fuel costs per-year amounted to Rp 44.979.000, -.

Keywords: Solar panel, technical analysis, economic analysis, generator, fuel consumption, efficient.

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala, yang mana telah memberikan rahmat dan anugerah-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul Analisis Teknis dan Ekonomis Pada Desain Sistem *Cold Storage* Pada Kapal Ikan Tuna 30 GT Dengan Menggunakan *Photovoltaics* dengan baik dan tepat waktu. Tugas akhir tersebut diajukan sebagai salah satu persyaratan kelulusan program studi sarjana Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam proses penyelesaian Tugas Akhir dan keberhasilan menempuh program studi sarjana, yang mana penulis tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada pihak-pihak di bawah ini, yaitu :

1. Kedua orang tua penulis, Ibunda tercinta Sri Suratmi dan Ayahanda Eddy Sofyan yang selalu mendukung dan memberikan semangat kepada penulis serta tidak luputnya mendoakan penulis atas semua kelancaran perkuliahan selama 4 tahun masa perkuliahan yang ditempuh.
2. Keluarga penulis, Om Ari Subekti sebagai sosok adik dari Ibunda tercinta yang selalu memberikan motivasi serta mengingatkan kepada penulis untuk selalu taat dalam beribadah, Tante Heny Susanti sebagai sosok adik dari Ibunda tercinta yang selalu memberikan semangat dan doa disetiap kegiatan yang dilakukan oleh penulis, Om Rudy Sunaryadi sebagai sosok adik dari Ibunda tercinta yang telah memberikan semangat serta menuntun penulis untuk dapat menuntut ilmu di Institut Teknologi Sepuluh Nopember, serta Pakde dan Bude dari pihak Ayahanda yang selalu memberikan semangat dan wejangan kepada penulis..
3. Bapak Dr. Eng. Trika Pitana., ST., M.Sc selaku dosen wali yang telah banyak memberikan bimbingan dan pendidikan baik akademik maupun non akademik sehingga kami sebagai mahasiswa wali dapat belajar bekerja keras, pantang menyerah, dan bekerjasama.
4. Bapak Edi Jadmiko ST., MT selaku dosen pembimbing satu penulis yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian Tugas Akhir dan memberikan motivasi untuk terus belajar dan mengembangkan diri.
5. Bapak Sutopo Purwono Fitri ST., M.Eng., Ph.D. selaku dosen pembimbing kedua sekaligus dosen dari Laboratorium MMS yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian Tugas Akhir, memberikan motivasi, dan pelajaran baik akademik dan non akademik berupa karakter, etika, dan sikap.
6. Bapak Dr. Eddy Setyo Koenhardono, ST., M.Sc , Bapak Adhi Iswantoro, ST., MT , Bapak Dr. A.A B. Dinariyana D.P, ST., M.Eng , yang telah membimbing penulis dalam mata kuliah Desain II, III, dan IV serta seluruh dosen, tenaga kependidikan serta manajemen Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.
7. Seluruh kawan-kawan sepembimbingan dan seperjuangan tugas akhir yaitu Abyan Faris, Alief Jaisyul, Christopher Jonatan, Dannet Irsyad Moch. Soleh, Syahirul Mubarak, Mas Paundra, Mas Riko, dan Mas Ivan Nabil yang telah

menjadi keluarga baru bagi penulis dan saling menyemangati dan berjuang beresama dalam menyelesaikan tugas akhir.

8. Kawan seperjuangan angkatan MERCUSUAR '14 yaitu Daniel, Nicholas, Vianto Ilham, Rifqi Alfarisi, Kiagus Salvin, Kemas, Iqbal, Pravensa Dastioaji, Azka, Kukuh, dan teman-teman angkatan yang telah menjadi keluarga dan bagian dari pegalaman penulis.
9. Seluruh member Laboratorium MMS yang telah menjadi rekan dan tempat belajar bagi penulis selama menjadi member Laboratorium MMS.
10. Tania Marsha Daceka sebagai orang terdekat penulis yang sangat berpengaruh kepada penulis dalam melakukan penulisan dan tidak hentinya dalam mengingatkan penulis untuk menjaga kondisi kesehatan serta taat beribadah.
11. Seluruh kakak tingkat BISMARCK '12 dan BARAKUDA '13 yang telah memberikan teladan dan bagian dari pengalaman penulis dalam belajar menjadi mahasiswa dan anggota yang baik di lingkungan HIMASISKAL.
12. Seluruh teman-teman basket SDR yaitu Yose, Hilmi, Budi, Krisna yang selalu mengingatkan penulis untuk tidak lupa berolahraga untuk menjaga kesehatan dan semangat penulis.
13. Kepada pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu, terima kasih atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa penelitian yang dilakukan dalam tugas akhir ini jauh dari sebuah kesempurnaan, oleh karenanya kritik dan saran sangat terbuka untuk menjadikan karya yang lebih baik dan memberikan kebermanfaat.

Penulis berharap bahwa karya tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi seluruh pembaca di kemudian hari.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Jenis-jenis ikan tuna dan persebarannya.....	5
2.2 Kapal Perikanan dan Objek Penelitian	7
2.3 Sistem Refrigerasi.....	9
2.4 Cold Storage	15
2.5 Panel Surya	17
2.6 Baterai/Aki.....	18
2.7 Solar Charge Regulator.....	20
2.8 Inverter	21
2.9 Thermostat Relay	22
2.10 Metode Perhitungan	23
BAB III METODOLOGI	27
3.1 Identifikasi Masalah.....	28
3.2 Studi Literatur	28
3.3 Studi Empiris	28
3.4 Desain Sistem Cold Storage	28
3.5 Analisa dan Pembahasan	29
3.6 Kesimpulan	29
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1 Perhitungan Volume Displamen	31
4.2 Perhitungan Volume Ruang Palkah	34
4.3 Perhitungan Kapasitas Pendinginan.....	37
4.3 Distribusi Kelistrikan Generator Kapal Ikan Kendari.....	43
4.4 Perhitungan Daya Panel Surya.....	44
4.5 Perhitungan Rangkaian Panel Surya	48
4.6 Analisa Teknis	49
4.7 Analisa Ekonomis.....	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	63
Limbon, Jonathan Matin., 2011. <i>Panel Surya</i>	63

LAMPIRAN	65
BIODATA PENULIS	83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Persebaran Ikan Tuna di Indonesia Sumber : (www.KKP.go.id, 2018)	5
Gambar 2.2 Kapal Ikan Kendari 30 GT Sumber : (PT. Tugu Perdana, 2018)	8
Gambar 2.3 P-h Diagram Sumber : (Saut Siagian, 2017)	11
Gambar 2.4 Siklus Refrigerasi Sumber : (Saut Siagian, 2017)	12
Gambar 2.5 Sifat Thermodinamika dari Sifat Refrigeran Sumber : (Jonathan Martin Limbing, 2011)	14
Gambar 2.6 Cold Storage Pada Kapal Sumber : (www.maritimeobserver.com)	15
Gambar 2.7 Cara Kerja Panel Surya Sumber : (Jonathan Martin Limbong, 2013)	17
Gambar 2.8 Karakteristik dari Panel Surya.....	18
Gambar 2.9 Skematik Relay Sumber : (Dicson Kho, 2018)	22
Gambar 2.10 Relay Pole dan Throw	23
Gambar 3.11 Flowchart Metodologi	27
Gambar 4.12 General Arrangment Kapal Ikan Kendari Sumber : (PT. Tugu Perdana, 2018)	35
Gambar 4.13 Simulasi Refrigerator Pada Bitzer Sumber : (www.Bitzer.de/software)..	41
Gambar 4.14 Rangkaian Panel Surya Pada Sistem.....	48
Gambar 4.15 Desain Sistem	51
Gambar 16 Daftar Harga Minyak Solar Sumber : (PT. Pertamina)	59

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

pTabel 2.1 Klasifikasi Kualitas Daging Ikan Tuna Grade A Sumber : (Taufiqullah, 2018).....	6
Tabel 2.2 Klasifikasi Kualitas Daging Ikan Tuna Grade B Sumber : (Taufiqullah, 2018)	6
Tabel 2.3 Klasifikasi Kualitas Daging Ikan Tuna Grade C Sumber : (Taufiqullah, 2018)	7
Tabel 2.4 Klasifikasi Kualitas Daging Ikan Tuna Grade D Sumber : (Taufiqullah, 2018)	7
Tabel 2.5 Principal Dimension	9
Tabel 2.6 Jenis Refrigeran Halokarbon	13
Tabel 2.7 Perbedaan MPPT dan PWM Solar Controller	21
Tabel 4.8 Principal Dimension Kapal Ikan Kendari	31
Tabel 4.9 Perhitungan Simpson Freeboard Kapal	32
Tabel 4.10 Perhitungan Volume Palkah No.1 Dengan Metode Simpson	35
Tabel 4.11 Perhitungan Volume Palkah No.2 Dengan Metode Simpson	36
Tabel 4.12 Perhitungan Volume Palkah No.2 Dengan Metode Simpson	36
Tabel 4.13 Data Jumlah Massa Ikan Setiap Palkah	38
Tabel 4.14 Data Perhitungan Refrigerator	40
Tabel 4.15 Karakteristik Refrigerant R-134a	40
Tabel 4.16 Data refrigerator	41
Tabel 4.17 Data Perhitungan Pada P-h Diagram	42
Tabel 4.18 Data Beban Listrik per Komponen Pada Kapal Ikan Kendari	43
Tabel 4.19 Power Refrigerator	43
Tabel 4.20 Spesifikasi Generator yang digunakan Pada Kapal Ikan Kendari	44
Tabel 4.21 Beban Kelistrikan Untuk PV	44
Tabel 22 Hasil Perhitungan Pemilihan Panel Surya	47
Tabel 4.23 Spesifikasi PV yang digunakan	49
Tabel 4.24 Beban Generator.....	50
Tabel 4.25 Beban yang di Berikan Pada Baterai	51
Tabel 4.26 Data Perhitungan	52
Tabel 4.27 Matriks Pembebanan Pada Generator	54
Tabel 4.28 matrik Pembebanan Pada Baterai	55
Tabel 4.29 Pemilihan Panel Surya.....	57
Tabel 4.30 Pemilihan Baterai	57
Tabel 4.31 Total Investasi Pada Skenario 1	57
Tabel 4.32 Total Investasi Pada Skenario 2	58
Tabel 4.33 Perbandingan Selisih Biaya Bahan Bakar per-Tahun.....	59

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terdiri dari 17.504 pulau didalamnya dan memiliki 64% wilayah laut lebih besar dari pada wilayah daratnya (Wikipedia,2018). Hal tersebut yang menyatakan pula bahwa Indonesia merupakan negara maritim. Besarnya wilayah laut Indonesia yang membuktikan bahwa negara Indonesia memiliki potensi pendapatan yang besar. Potensi pendapatan tersebut dapat berasal dari sektor pelayaran hingga hasil kekayaan alamnya. Potensi sumber daya pesisir dan laut Indonesia memiliki nilai yang cukup tinggi, terutama pada bidang hasil tangkap ikan. Berbagai macam jenis ikan tersebar luas pada wilayah perairan laut Indonesia, dari yang memiliki hasil jual yang rendah hingga yang menghasilkan hasil jual yang tinggi seperti ikan tuna. Menurut Hanandaru Riko (2016) "*Total Maximum Sustainable Yield (MSY) sumber daya ikan laut Indonesia 6,5 juta ton per tahun. Tahun 2010 total produksi ikan laut 5,1 juta ton. Total MSY ikan perairan tawar 0,9 juta ton per tahun dan baru dimanfaatkan 0,5 juta ton.*" Besarnya sumber daya alam yang masih banyak tidak dimanfaatkan dengan baik yang membuat pemerintah mengembangkan fasilitas perikanan demi meningkatkan penghasilan negara dibidang perikanan.

Kapal merupakan alat transportasi yang paling efektif untuk membantu penyebaran ekonomi di Indonesia, hal ini dikarenakan kapal mampu membawa berbagai macam kebutuhan yang akan disupply kesuatu daerah. Kapal ikan contohnya yang merupakan salah satu tipe kapal yang memiliki fungsi utama untuk menangkap ikan. Besarnya dimensi dari kapal ikan akan memberikan fungsi tambahan pada kapal tersebut, seperti halnya kapal penangkap ikan tidak hanya dapat melakukan untuk menangkap ikan yang namun kapal tersebut juga dapat digunakan sebagai tempat penyimpanan hasil tangkap ikan hingga kapal tersebut kembali merapat ke dermaga.

Ruang penyimpanan (*cold storage*) pada kapal ikan sangatlah penting untuk menjaga kondisi hasil tangkap selalu pada kondisi yang segar agar tidak menurunkan kualitas jual, terutama pada kapal ikan yang menargetkan hasil tangkap ikan yang memiliki hasil jual yang tinggi seperti ikan tuna. Sistem *refrigeration* atau sistem pendingin sangatlah berperan penting dalam menjaga kondisi hasil tangkap ikan tetap dalam kondisi yang segar dan karena lama waktu pelayaran untuk kapal penangkap ikan tuna cukup panjang yang disebabkan oleh penyebaran ikan tuna yang berada di laut dalam.

Sistem refrigerasi merupakan system yang memungkinkan untuk mengatur suhu hingga mencapai suhu dibawah suhu lingkungan, hal ini digunakan pada system refrigerasi di kapal ikan tuna pada *cold storage* nya yang memungkinkan untuk dapat menjaga kondisi ruangan tetap berada dibawah suhu lingkungannya. Untuk menjaga kondisi ikan tetap segar, suhu yang digunakan berkisar dibawah 0°C, hal tersebut akan mengkondisikan ikan pada kondisi beku dan akan menghambat laju perkembangan bakteri pada ikan. Sistem refrigerasi yang digunakan pada *cold storage* pada kapal ikan tuna memiliki suhu dari 0°C sampai -15°C.

Secara konvensional refrigerator pada kapal di *supply* daya oleh generator. Penggunaan refrigerator dalam *cold storage* dilakukan secara kontinyu yang menyebabkan kapal harus memiliki cadangan bahan bakar yang lebih untuk generator

selama waktu operasional jika menambahkan mesin refrigerasi didalamnya. Penambahan mesin refrigerasi direncanakan untuk penelitian kali ini di kapal ikan kendari 30 GT.

System eco power solar panel merupakan system yang didesain untuk menunjang sistem refrigerasi yang ditambahkan pada kapal ikan kendari 30 GT yang diharapkan dapat menghasilkan efisiensi pada pengkonsumsian bahan bakar dan memiliki nilai ekonomis dalam nilai investasi barang. Sistem ini memiliki fungsi sebagai *supply* daya kedua dari refrigerator ketika suhu dari *cold storage* telah mencapai suhu yang diinginkan dan memutuskan aliran listrik dari generator menuju refrigerator dengan menggunakan thermal relay dan kemudian mengubah mensuplai daya ke refrigerator dengan menggunakan baterai yang diisi tenaga listrik oleh solar panel. Adapun komponen yang dihidupkan yaitu van dari evaporator. Solar panel digunakan sebagai media untuk menyerap energi panas dari matahari untuk diubah menjadi energi listrik yang akan dipakai sebagai suplai daya ke refrigerator.

Penelitian ini akan menghitung besaran daya yang dibutuhkan untuk mendinginkan produk hingga temperatur yang diinginkan, serta menganalisa mengenai faktor teknis dari sistem yang didesain dalam hal penghematan penggunaan bahan bakar pada generator yang digunakan kapal ikan tuna 30 GT, dan juga menganalisa faktor ekonomis dengan adanya penambahan investasi pada kapal ikan kendari 30 GT dan penggunaan sistem *eco solar panel* untuk *supply* daya ke *cold storage* kapal. Pada penelitian ini akan menggunakan metode deskriptif

1.2 Rumusan Masalah

Terdapat empat rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana cara menghitung kebutuhan daya dari refrigerator pada kapal ikan tuna 30 GT?
2. Bagaimana cara menentukan jumlah solar panel yang akan digunakan untuk *system eco power solar panel* ?
3. Bagaimana menghitung daya yang akan dikeluarkan oleh solar panel untuk *supply* daya ke refrigerator ?
4. Bagaimana cara menghitung nilai ekonomis dari sistem *cold storage* yang didisain pada kapal ikan tuna 30 GT ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dibuat agar lingkup penelitian ini lebih fokus, yaitu :

1. Perhitungan nilai ekonomis pada penelitian ini terbatas hanya sampai perbandingan nilai investasi kapal dari tidak menggunakan mesin refrigerasi dan yang menggunakan mesin refrigerasi

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui cara perhitungan kebutuhan daya refrigerator
2. Mengetahui cara perhitungan daya yang akan dikeluarkan oleh solar panel dan jumlah yang dibutuhkan
3. Mengetahui pola pembebanan listrik pada kapal ikan tuna 30 GT
4. Mengetahui nilai teknis dan ekonomis dengan pemilihan penggunaan sistem *eco power solar panel* pada kapal ikan tuna 30 GT

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perhitungan kebutuhan daya sistem pendingin untuk suatu besaran ruangan tertentu
2. Mengetahui cara untuk memperhitungkan jumlah solar panel untuk menghasilkan daya tertentu
3. Mampu memodifikasi desain sistem *cold storage* dengan penambahan *photovoltaics* untuk sumber energi kedua dalam *supply* daya ke *refrigerator*

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

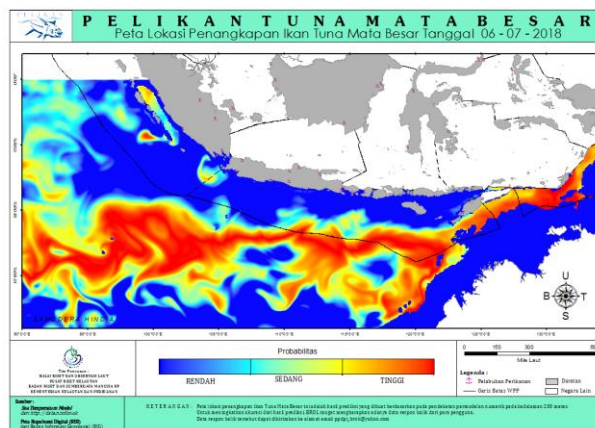
2.1 Jenis-jenis ikan tuna dan persebarannya

Ikan tuna merupakan produk dari hasil penangkapan ikan kapal ikan kendari. Ikan tuna di tangkap dengan menggunakan teknik penangkapan yaitu purse siene. Yang mana media penangkapannya berupa penebaran jaring di sekitar koloni ikan tuna.

Ikan tuna merupakan ikan laut pelagik yang beberpa spesial berasal famili *Scombridae*, dan sebagian besar termasuk pada genus *Thunnus* (Wikipedia,2017). Ikin ini termasuk ikan yang memiliki kecepatan berenang diatas rata-rata, yang mana kecepatan berenang dari ikan tuna dapat mencapai 77 km/jam. Ikan tuna memiliki warna merah muda hingga merah tua pada dagingnya. Hal ini disebabkan karena otot ikan tuna memiliki lebih banyak mengandung mioglobin dibandingkan jenis ikan lainna (Anon, 2007).

Lingkungan dari perairan merupakan faktor utama dari penyebaran tuna di Indonesia. Menurut Allain (2005) persebaran tuna di indonesia terbagi menjadi dua bagian, yaitu secara horisontal dan secara vertikal. Secara horisontal daerah penyebaran tuna di Indonesia meliputi perairan barat dan selatan pulau Sumatera, seperti perairan selatan Jawa, Bali dan Nusa Tenggara, kemudian untuk bagian barat meliputi Laut Flores, Laut Banda, Laut Sulawesi dan perairan utara Papua. Sedangkan secara vertikal penyebaran ikan tuna sangat dipengaruhi oleh suhu dan kedalaman renang ikan. Menurut Unar (1957) dalam Sumadhiharga (2009), bila ikan telah mencapai ukuran yang lebih besar makan ikan akan berada pada lapisan air yang lebih dalam.

Adapun jenis-jenis ikan tuna yang banyak diperdagangkan yaitu *bluefin tuna*, *southern bluefin tuna*, *bigeye tuna*, *yellowfin tuna*, *albacore*, dan *skipjack* (Anon,2008). Besarnya permintaan pasar untuk ikan tuna sangatlah baik untuk meningkatkan perekonomian, terutama pada sektor ekspor. Hampir sebagian besar jenis ikan tuna ada diperairan laut Indonesia, seperti contoh persebaran ikan tuna mata besar (*bigeye tuna*) yang dapat dilihat pada Gambar 2.1 dibawah.



Gambar 2.1 Persebaran Ikan Tuna di Indonesia
Sumber : (www.KKP.go.id, 2018)

Untuk menjaga kualitas dari ikan hasil tangkapan, sangat perlu untuk diperhatikan pengkondisian temperatur ikan pada saat ikan telah tertangkap dan akan di simpan. Karena apabila tidak dilakukan pengkondisian temperatur ikan, peningkatan suhu setelah ikan tuna mati akan mempercepat pertumbuhan bakteri serta proses pembusukan secara biokimia. Untuk menjaga daging ikan tuna tetap dalam kondisi yang segar yaitu dengan pengkondisian temperatur paling tidak pada suhu 4,5°C (Hari Eko Irianto, 2008). Faktor lainnya yang harus diperhatikan dalam penanganan kesegaran daging ikan tuna yaitu kadar histamin yang ada didaging ikan tuna. Histamin sendiri memiliki efek yang kurang baik untuk pengkonsumsi apabila kadar histamin terlampaui tinggi. Efeknya dapat menyebabkan keracunan yang disebut dengan *scombroid poisoning*. Cara penanggulangannya sama seperti yang telah di jelaskan sebelumnya, yaitu dengan cara penurunan temperatur dengan cepat. Hal ini berfungsi agar tidak terjadinya peningkatan temperatur pada daging ikan yang akan menyebabkan enzim-enzim yang berasal dari bakteri menguraikan kandungan asam amino histid menjadi histamin.

Adapun cara penentuan kadar kualitas dari daging ikan tuna dapat dilakukan dengan pemeriksaan dengan menggunakan alat *coring tube*. Pengklasifikasian kualitas daging ikan tuna dibedakan menjadi empat grade, yaitu grade A, grade B, C dan D. Adapun ciri-ciri dari ke empat kualitas diatas dapat dilihat pada tabel 2.1 dibawah ini :

Tabel 2.1 Klasifikasi Kualitas Daging Ikan Tuna Grade A
Sumber : (Taufiqullah, 2018)

No.	Ciri – ciri Kualitas Daging Ikan Tuna
1.	Warna daging untuk <i>yellowfin tuna</i> berwarna merah, seperti darah segar atau buah semangka, sedangkan untuk <i>bigeye tuna</i> berwarna merah tua
2.	Secara fisik ikan dapat diperhatikan sebagai berikut : <ul style="list-style-type: none"> - Mata bersih, terang, dan menonjol - Kulit normal, warna bersih, dan cerah - Tekstur daging keras, kenyal dan elastis (<i>yellowfin tuna</i>), sedangkan untuk <i>bigeye tuna</i> bertekstur daing lebut, kenyal dan elastis

Tabel 2.2 Klasifikasi Kualitas Daging Ikan Tuna Grade B
Sumber : (Taufiqullah, 2018)

No.	Ciri – ciri Kualitas Daging Ikan Tuna
1.	Warna daging merah, terdapat pelangi, otot daging agak elastis, dan jaringan pada daging tidak pecah
2.	Secara fisik ikan dapat diperhatikan sebagai berikut : <ul style="list-style-type: none"> - Mata bersih, terang, dan menonjol - Kulit normal, warna bersih, dan sedikit berlendir

-	Tidak ada kerusakan pada fisik
---	--------------------------------

Tabel 2.3 Klasifikasi Kualitas Daging Ikan Tuna Grade C
Sumber : (Taufiqullah, 2018)

No.	Ciri – ciri Kualitas Daging Ikan Tuna
1.	Warna kurang merah dan ada pelangi pada daging
2.	Secara fisik ikan dapat diperhatikan sebagai berikut : <ul style="list-style-type: none"> - Kulit normal dan berlendir - Otot daging kurang elastis - Kondisi ikan tidak utuh atau cacat, biasanya terdapat pada bagian punggung/dada ikan

Tabel 2.4 Klasifikasi Kualitas Daging Ikan Tuna Grade D
Sumber : (Taufiqullah, 2018)

No.	Ciri – ciri Kualitas Daging Ikan Tuna
1.	Warna daging agak kurang merah dan cenderung berwarna coklat dan pudar
2.	Secara fisik ikan dapat diperhatikan sebagai berikut : <ul style="list-style-type: none"> - Otot daging kurang elastis, lemak sedikit dan ada pelangi - Teksturnya lunak, jaringan daging pecah - Terjadi kerusakan fisik pada tubuh ikan (seperti : daging ikan yang sudah sobek, mata ikan hilang dan kulit terkelupas)

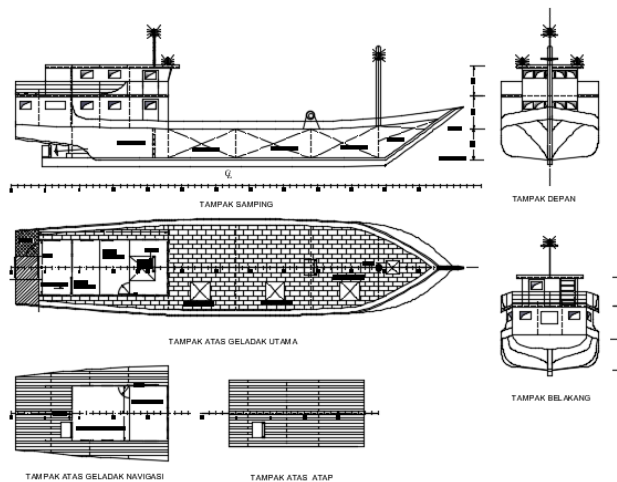
2.2 Kapal Perikanan dan Objek Penelitian

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 (Teknologi Kapal Perikanan-ME141417). Sedangkan, kapal perikanan adalah kapal atau perahu atau alat apung lainnya yang digunakan untuk melakukan penangkapan ikan termasuk melakukan survai atau eksplorasi kelautan (Teknologi Kapal Perikanan-ME141417). Dari sumber yang dicantumkan menjelaskan juga bahwa 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 pengangkut kapal ikan

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.

- Kapal survey
Kapal survey adalah kapal yang dikonstruksi khusus untuk melakukan kegiatan survey perikanan dan kelautan.
- Kapal latih
Kapal latih adalah kapal yang dikonstruksi khusus untuk pelatihan penangkapan ikan.
- Kapal pengawas perikanan
Kapal pengawas perikanan adalah kapal yang dikonstruksi khusus untuk kegiatan pengawasan kapal-kapal perikanan.



Gambar 2.2 Kapal Ikan Kendari 30 GT
Sumber : (PT. Tugu Perdana, 2018)

Gambar 2.2 merupakan kapal ikan tuna 30 GT milik Jawa Timur berjenis kapal penangkap ikan yang akan digunakan sebagai objek dalam penelitian ini. Kapal ini didesain untuk menangkap ikan jenis ikan tuna dan mampu menyimpan hasil tangkapan ikan didalam *cold storage* yang telah di disain. Kapal ini bermaterial kayu dengan kapasitas mesin 170 – 200 HP. Alat tangkap ikan yang digunakan berjenis *purse seine*. Adapun *principal dimension* dari kapal ikan tuna Kendari 30 GT dapat dilihat pada Tabel 2.5 sebagai berikut :

Tabel 2.5 Principal Dimension

LOA	23 meter
Breadth	5 meter
Height	1,6 meter
Draft	1,1 meter
Vs	9 Knot
Main Engine	170 HP
Crew	12 orang

2.3 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 refrigerant. Refrigerant akan bertindak sebagai media penyerap dan pemindah panas dengan cara merubahfasanya. Refrigerant adalah suatu zat yang mudah berubah fasanya dari cair menjadi uap dan sebaliknya apabila kondisi tekanan dan temperaturnya diubah (Dalimunthe, 2004).

Menurut Tampubolon dan Robert (2005), 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. Sumberdaya untuk menggerakkan kompresor, yang berupa motor listrik
3. Sistem kontrol untuk menjaga suhu benda atau ruangan seperti di inginkan.

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 (Ilyas, 1993). 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 tergantung dari aplikasi dan kapasitas mesinnya, antara lain pipa penghubung pada sisi tekanan rendah dan tekanan tinggi, strainer, dryer, heatexchanger, fan, pompa, katub, regulator dan protector dan coolingtower (Hasan dan Supto,2008).

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

- a. Siklus kompresi uap (sku)
- b. Refrigerasi siklus udara
- c. Kriogenik/refrigerasi temperatur ultra rendah
- d. Siklus sterling

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 berdasarkan dari BPPP-Tegal :

- Kompresor

Kompresor mengubah uap refrigeran yang masuk pada suhu dan tekanan rendah menjadi uap bertekanan tinggi. Penambahan tekanan uap refrigeran dengan kompresor ini dimaksud agar refrigeran dapat mengembun pada temperatur yang relatif tinggi. Kompresor juga mengubah suhu refrigeran menjadi lebih tinggi akibat proses yang bersifat isentropik. Refrigerant gas bertekanan rendah dikompresikan menjadi refrigerant gas bertekanan tinggi dengan bantuan daya dari luar sistem (input power).
- Kondenser

Kondenser berfungsi untuk mengembunkan atau mengkondensasikan refrigeran bertekanan tinggi dari kompresor. Pemipaan yang menghubungkan antara kompresor dengan kondenser dikenal dengan saluran buang (discharge line). Dengan demikian, pada kondenser 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.
- Ekspansi

Bentuk katup ekspansi yang paling sederhana adalah pipa kapiler panjang. Alat ekspansi dapat berupa pipa kapiler, katup ekspansi termostatik (TXV, thermostatic expansion valve), katup ekspansi otomatis, 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).

- Evaporator

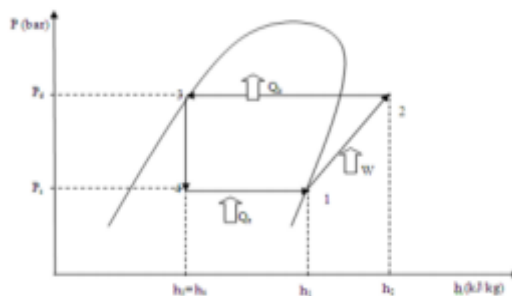
Evaporator adalah komponen yang digunakan untuk mengambil kalor dari suatu ruangan atau suatu benda yang bersentuhan dengannya. Pada evaporator terjadi pendidihan (boiling) atau penguapan (evaporation), atau perubahan fase refrigeran dari cair menjadi uap. Refrigeran pada umumnya memiliki titik didih 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.

- Termostat

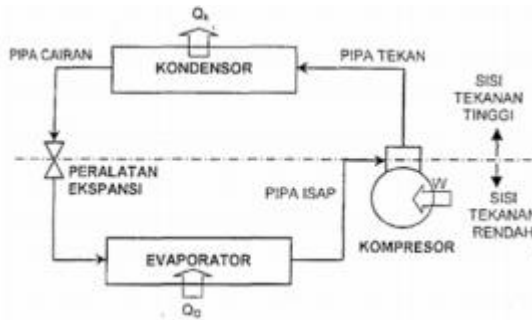
Termostat merupakan alat kontrol yang digunakan untuk menjaga temperatur ruangan atau produk pada kisaran tingkat nilai yang diinginkan.

- Hlpstat

Hlpstat (high-low pressurestat) adalah alat kontrol yang memiliki fungsi menjaga sistem refrigerasi agar bekerja pada kisaran tekanan yang diinginkan.



Gambar 2.3 P-h Diagram
Sumber : (Saut Siagian, 2017)



Gambar 2.4 Siklus Refrigerasi
Sumber : (Saut Siagian, 2017)

Menurut Saut Siagian (2017), proses seperti pada Gambar 2.3 dan Gambar 2.4 diatas adalah sebagai berikut :

Proses 1 – 2 (kompresi), merupakan proses kompresi uap refrigeran dari keadaan awal tekanan dan temperatur rendah yang dikompresi secara reversibel dan isentropik sehingga 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.

Selain alat pendukung dan proses, refrigeran merupakan komponen utama dalam menjalankan semua proses yang telah dijelaskan diatas. Refrigeran adalah fluida kerja yang bersirkulasi dalam siklus refrigerasi. ASHRAE (2005) mendefinisikan refrigeran sebagai fluida kerja di dalam mesin refrigerasi, pengkondisian udara, dan sistem pompa kalor. Refrigeran menyerap panas dari satu lokasi dan membuangnya ke lokasi yang lain, biasanya melalui mekanisme evaporasi dan kondensasi. Berdasarkan jenisnya, refrigeran dibagi menjadi beberapa jenis diantaranya sebagai berikut :

- a. Golongan Hidrokarbon

Refrigeran golongan halokarbon adalah jenis refrigeran yang umum digunakan. Refrigeran jenis ini meliputi refrigeran yang terdiri dari satu atau lebih dari tiga jenis ion golongan halogen (klorin, fluorin, dan bromin). Beberapa jenis refrigeran halokarbon yang umum digunakan disajikan pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Jenis Refrigeran Halokarbon

Nomor Refrigeran	Nama Kimia	Rumus Kimia
11	Trikloromonofluorometan	CCl ₃ F
12	Diklorodifluorometan	CCl ₂ F ₂
13	Monoklorotrifluorometan	CClF ₃
22	Monoklorodifluorometan	CHClF ₂
40	Metil klorida	CH ₃ Cl
113	Triklorotrifluoroetan	CCl ₂ FC ₂ ClF ₂
115	Diklorotetrafluoroetan	CClF ₂ CClF ₂

Sistem penomoran golongan halokarbon adalah sebagai berikut: nomor pertama dari sebelah kanan menunjukkan jumlah atom fluorin pada senyawa, nomor kedua dari kanan menunjukkan satu nilai lebih banyak dari jumlah atom hidrogen pada senyawa dan tiga digit dari kanan menunjukkan satu nilai lebih sedikit dari jumlah atom karbon.

b. Senyawa Organik

Awalnya, saat pendinginan hanya digunakan untuk tujuan khusus, hanya amoniak dan karbon dioksida yang dapat digunakan sebagai refrigeran. Saat pendinginan mulai dikenalkan pada masyarakat, sulfur dioksida, metil klorida dan metilen klorida digunakan karena sesuai dengan kompresor sentrifugal. Metilrn klorida dan karbon dioksida, karena faktor keamanannya digunakan untuk sistem pengkondisian udara (AC). Semua refrigeran ini, selain amonia, tidak digunakan lagi, kecuali pada sistem yang lama. Amonia mempunyai sifat termal yang baik, dan masih digunakan pada lapangan es skating.

c. Senyawa Hidrokarbon

Banyak senyawa hidrokarbon yang digunakan sebagai refrigeran, umumnya digunakan pada industri minyak bumi, seperti metana, etana, propana, etilen, dan isobutilen. Kesemuanya *flammable* dan eksplosif. Digolongkan sedikit beracun karena mengandung efek bius pada tingkat tertentu. Etana, metana, dan etilen digunakan pada pendinginan suhu ekstra rendah. Berikut merupakan sifat termodinamika dari refrigeran hidrokarbon seperti pada Gambar dibawah ini :

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
5	Temperatur glide, K	-	7,8	-	0.1	-	7.7

Gambar 2.5 Sifat Thermodinamika dari Sifat Refrigeran
Sumber : (Jonathan Martin Limbing, 2011)

d. Azeotrop

Senyawa azeotrop adalah suatu campuran yang tak dapat dipisahkan menjadi senyawa penyusunnya dengan cara distilasi. Senyawa ini menguap dan mengembun sebagai satu zat, tidak seperti campuran lainnya. Azeotrop yang paling dikenal adalah R502 yang merupakan campuran 48.8% R22 dan 51.2% R115. Azeotrop lainnya adalah R-500, campuran dari 73.8% R-12 dan 26.2% R-152a.

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. 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:

- Tekanan penguapan harus cukup tinggi
- 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
- Tekanan pengembunan yang tidak terlampaui 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.

- 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
- 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
- Koefisien prestasi harus tinggi, dari segi karakteristik termodinamika dari refrigeran, koefisien prestasi merupakan parameter yang terpenting untuk menentukan biaya operasi
- Konduktivitas termal yang tinggi, konduktivitas termal sangat penting untuk menentukan karakteristik perpindahan kalor
- Viskositas yang rendah dalam fasa cair maupun fasa gas, dengan turunnya tahanan aliran refrigeran dalam pipa, kerugian tekanannya akan berkurang
- Konstanta dielektrika dari refrigeran yang kecil, tahanan listrik yang besar, serta tidak menyebabkan korosi pada material isolator listrik
- Refrigeran hendaknya stabil dan tidak bereaksi dengan material yang dipakai, jadi juga tidak menyebabkan korosi
- Refrigeran tidak boleh beracun
- Refrigeran tidak boleh mudah terbakar dan mudah meledak
- 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).

2.4 Cold Storage



Gambar 2.6 Cold Storage Pada Kapal
Sumber : (www.maritimeobserver.com)

Novan Alfianto (2013) *Cold storage* adalah sebuah bangunan yang difungsikan untuk menyimpan bahan-bahan mentah agar tidak mengalami proses pembusukan

sampai pada waktunya akan dikirim ke konsumen, dimana pencegahan kebusukan dilakukan dengan metode pendinginan. Atau pengertian lainnya yaitu suatu ruangan yang terinsulasi dengan suatu lapisan penahan panas, yang menggunakan sebuah mesin refrigerasi untuk melakukan penurunan temperatur. Pada penelitian ini, kapal ikan kendari memiliki ruang penyimpanan ikan berupa ruang palkah seperti gambar

Adapun jenis-jenis *cold storage* berdasarkan dari Pratiwi Indah (2011:6-7) sebagai berikut :

1. Jacketed Cold Storage (Cold Storage Berjaket)

Tipe ini merupakan ruang penyimpanan yang ideal, tetapi konstruksinya sangat mahal. Ruang dalam terisolasi total dari jaket udara. Karena itu lapisan dalam harus dibuat dari bahan yang tidak dapat ditembus udara. Sambungansambungannya harus dibuat kedap udara. Sistem cold storage ini menjamin bahwa perbedaan suhu didalam ruang penyimpan cukup kecil. Hal ini dicapai karena aliran dari udara dingin mengelilingi bagian luar dari ruangan dalam storage. Selain itu, karena pemasukan panas sangat kecil, RH yang tinggi dapat dipertahankan. Dengan demikian, dehidrasi produk sangat terbatas. Tipe ini tidak memerlukan kipas didalam ruang penyimpan. Hal ini merupakan faktor lain yang mendukung dihasilkannya produk yang baik. Tipe ini tidak banyak dipakai karena kemahalannya dan karena tidak cocok jika beban panas dari produk cukup tinggi.

2. Gridded Cold Storage (Cold Storage dengan Pipa Pendingin Polos)

Pada tipe ini, pipa pendingin polos dirangkai menutupi seluruh langit-langit dan di dinding ruangan cold storage. Tipe ini juga menghasilkan kondisi 7 penyimpanan yang baik karena suhu dalam ruangan cukup merata tanpa disirkulasikan dengan kipas. Panas yang masuk melalui dinding segera dikeluarkan tanpa mengganggu produk yang disimpan. Kecepatan pemindahan panas ke pipa hanya sedikit berkurang jika pipa tertutup es sehingga defrost tidak perlu sering dilakukan. Cold storage jenis ini dapat bekerja berbulan-bulan tanpa defrosting.

Kelemahan atau kerugian utama dari tipe ini adalah:

(1) Ada banyak saluran-saluran pipa yang kompleks

(2) Memerlukan bahan refrigeran dalam jumlah yang banyak

(3) Struktur cold storage harus kuat untuk menahan pipa-pipa dan refrigeran.

(4) Memerlukan bejana penampung refrigeran jika cooler perlu dikosongkan untuk diperbaiki

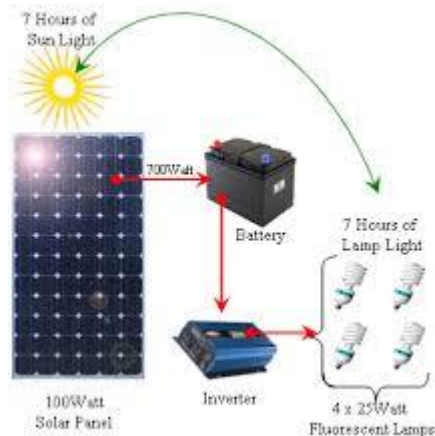
3. Finned Grid Stores (Cold Storage dengan Pipa Bersirip)

Tipe ini mirip dengan gridded cold storage tapi pipa yang digunakan adalah pipa bersirip. Dengan pipa bersirip ini jika dirangkai dilangit-langit saja sudah mencukupi, tanpa memerlukan rangkaian pipa didinding. Dengan demikian biaya dapat dikurangi, akan tetapi kelemahannya adalah pipa tidak menutupi dinding sehingga kondisi penyimpanannya tidak sebaik cold storage dengan pipa polos. Pipa bersirip lebih sulit di-defrost dan defrost perlu dilakukan sesering mungkin.

4. Cold Storage dengan Unit Cooler

Tipe ini paling banyak digunakan karena paling murah pemasangannya; hanya sedikit memerlukan bahan pendingin; mudah di-defrost dan tidak memerlukan struktur penyangga yang berat. Kelemahannya adalah beberapa rancangan tidak memungkinkan distribusi udara yang merata di dalam cold storage sehingga menyebabkan kondisi penyimpanan yang buruk.

2.5 Panel Surya



Gambar 2.7 Cara Kerja Panel Surya
Sumber : (Jonathan Martin Limbong, 2013)

Jonathan Martin Limbong (2011:3) Sel surya atau sel photovoltaic adalah sebuah alat semikonduktor 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 Jonathan Martin Limbong (2011:5) sebagai berikut :

- Panel surya memerlukan sinar matahari.
Tempatkan panel sel surya pada posisi dimana tidak terhalangi oleh objek sepanjang pagi sampai sore.
- Panel surya - solar cells menghasilkan listrik arus searah DC.
- Untuk efisiensi yang lebih tinggi, gunakan lampu DC seperti lampu LED.

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

Gambar 2.8 Karakteristik dari Panel Surya

Seperti pada Gambar 2.8 berikut merupakan penjelasan dari jenis-jenis panel surya berdasarkan dari Jonathan Martin Limbong (2011:5-7) sebagai berikut:

- 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.
- 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 yaitu panel surya berjenis poly-crystalline. Pemilihan panel ini dikarenakan negara Indonesia merupakan negara tropis yang memiliki jumlah awan yang cukup banyak sehingga 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. Sub bab selanjutnya akan menjelaskan mengenai baterai atau aki.

2.6 Baterai/Aki

Nia Nur 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 Nur Aini (2014) sebagai berikut :

- **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.
- **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.
- **Accu 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.
- **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.
- **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 calsium 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 Nia Nur Aini (2014) :

- Kotak aki : Berfungsi sebagai rumah atau wadah dari komponen aki yang terdiri atas cairan aki, pelat positif dan pelat negatif berikut separatornya.
- 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.
- Lubang ventilasi : Untuk tipe konvensional ada di samping atas dan ada slangnya. 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.
- Pelat logam: Terdiri dari pelat positif dan negatif. Untuk pelat positif dibuat dari logam timbel preoksida (PbO₂). Sedangkan pelat negatif hanya dibuat dari logam timbel (Pb).
- Air aki: Dibuat dari campuran air (H₂O) dan asam sulfat (SO₄).
- 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.
- Sel: Adalah ruangan dalam wadah bentuk kotak-kotak yang berisi cairan aki, pelat positif dan negatif berikut separatornya.
- 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.

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

- 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.

- 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.
- Fase float: baterai akan dijaga pada tegangan float setting (umumnya 13.4 – 13.7 Volt). Beban yang terhubung ke baterai dapat menggunakan arus maksimum dari panel surya / solar cell pada stage ini.

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

Tabel 2.7 Perbedaan MPPT dan PWM Solar Controller

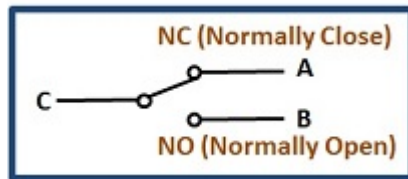
Keterangan	PWM Charge Controller	MPPT Charge Controller
Tegangan Array	Arus dan tegangan pada kapasitas panel surya harus sama dengan PWM	Tegangan dan arus pada panel surya dapat lebih ditinggi dibandingkan dengan kapasitas baterai
Tegangan baterai	Beroperasi pada tegangan baterai, sehingga ideal jika 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
Off-Grid	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
Metode kapasitas arus	Susunan panel surya dihitung pada Ampere (berdasarkan arus yang dihasilkan saat solar panel bekerja sesuai dengan tegangan baterai)	Susunan panel surya dihitung berdasarkan watt (berdasarkan maksimum <i>charging Current</i> x <i>Battery Voltage</i>)

2.8 Inverter

Inverter merupakan suatu rangkaian elektronika daya yang digunakan untuk mengkonversi atau mengubah tegangan searah (DC) menjadi tegangan bolak-balik (AC). Sehingga komponen yang digunakan pada peralatan AC dapat di suplai listrik oleh baterai.

2.9 Thermostat Relay

Relay merupakan saklar (*switch*) yang diperasikan secara elektrik dan merupakan *electromechanical* yang terdiri dari dua bagian utama, yakni *electromagnet (coil)* dan mekanikal.



Gambar 2.9 Skematik Relay

Sumber : (Dicson Kho, 2018)

Pada Gambar 2.9 diatas kontak poin relay terdiri dari 2 jenis yaitu :

- Normally Close (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi CLOSE (tertutup)
- Normally Open (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi OPEN (terbuka)

Karena relay merupakan salah satu jenis dari Saklar, maka istilah *pole* dan *throw* yang dipakai dalam Saklar juga berlaku pada Relay. Berikut ini adalah penjelasan singkat mengenai definisi dari *pole* dan *throw* :

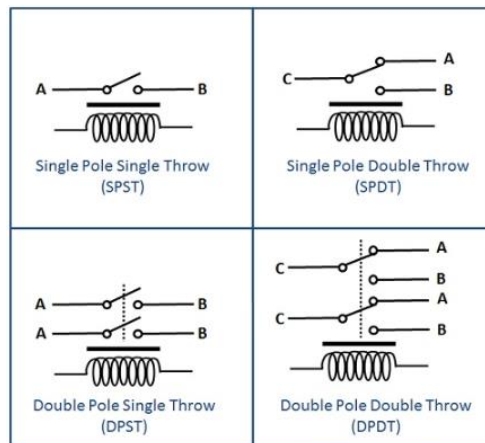
- *Pole* : Banyaknya Kontak (*Contact*) yang dimiliki oleh sebuah relay
- *Throw* : Banyaknya kondisi yang dimiliki oleh sebuah Kontak (*Contact*)

Berdasarkan penggolongan jumlah Pole dan Throw-nya sebuah relay, maka relay dapat digolongkan menjadi :

- *Single Pole Single Throw (SPST)* : Relay golongan ini memiliki 4 Terminal, 2 Terminal untuk Saklar dan 2 Terminalnya lagi untuk Coil.
- *Single Pole Double Throw (SPDT)* : Relay golongan ini memiliki 5 Terminal, 3 Terminal untuk Saklar dan 2 Terminalnya lagi untuk Coil.
- *Double Pole Single Throw (DPST)* : Relay golongan ini memiliki 6 Terminal, diantaranya 4 Terminal yang terdiri dari 2 Pasang Terminal Saklar sedangkan 2 Terminal lainnya untuk Coil. Relay DPST dapat dijadikan 2 Saklar yang dikendalikan oleh 1 Coil.
- *Double Pole Double Throw (DPDT)* : Relay golongan ini memiliki Terminal sebanyak 8 Terminal, diantaranya 6 Terminal yang merupakan 2 pasang Relay

SPDT yang dikendalikan oleh 1 (single) Coil. Sedangkan 2 Terminal lainnya untuk Coil.

Selain Golongan Relay diatas, terdapat juga Relay-relay yang Pole dan Throw-nya melebihi dari 2 (dua). Misalnya 3PDT (Triple Pole Double Throw) ataupun 4PDT (Four Pole Double Throw) dan lain sebagainya. Gambar 2.10 merupakan contoh dari pengertian di atas.



Gambar 2.10 Relay Pole dan Throw

Berikut merupakan beberapa fungsi Relay yang telah umum diaplikasikan kedalam peralatan Elektronika diantaranya adalah :

1. Relay digunakan untuk menjalankan Fungsi Logika (*Logic Function*)
2. Relay digunakan untuk memberikan Fungsi penundaan waktu (*Time Delay Function*)
3. Relay digunakan untuk mengendalikan Sirkuit Tegangan tinggi dengan bantuan dari Signal Tegangan rendah.
4. Ada juga Relay yang berfungsi untuk melindungi Motor ataupun komponen lainnya dari kelebihan Tegangan ataupun hubung singkat (Short).

2.10 Metode Perhitungan

2.10.1 Metode Perhitungan GT Kapal

Displasmen adalah jumlah berat air yang dipindahkan oleh kapal, atau berat underwater volume dari kapal yang sama beratnya dengan kapal. Untuk dapat

menghitung GT pada sebuah kapal, hal utama yang perlu diketahui yaitu displasmen kapal. Perhitungan displasmen dapat dilakukan dengan formula sebagai berikut :

$$\nabla = Lwl \times B \times T \times Cb \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

- Lwl : Arah garis muat, yang diukur dari titik potong dengan linggi haluan sampai titik potong dengan linggi buritan diukur pada bagian luar linggi depan dan linggi belakang
- B : Lebar dari Kapal
- T : jarak tegak dari garis dasar sampai pada garis air muat.
- Cb : rasio antara volume kapal dengan volume kotak yang berukuran B x T x L.

Perhitungan kedua yaitu melakukan penjumlahan volume keseluruhan kapal yang berada diatas garis air. Perhitungan dapat dilakukan dengan menggunakan aturan simpson. **Aturan Simpson** adalah suatu aturan yang digunakan untuk menghitung luas suatu kurva polinom berderajat dua $p_2(x)$ atau berderajat tiga $p_3(x)$ dengan pendekatan yaitu pendekatan menggunakan pastisi berbentuk parabola. Dalam Metode Simpson ada dua jenis yaitu **Metode Simpson 1 per 3** dan **Metode Simpson 3 per 8**. Adapun formula yang digunakan sebagai berikut :

- $\frac{1}{3}h [f(x_0) + 4f(x_1) + f(x_2)]$ (Aturan Simpson 1 per 3)(2.2)
- $\frac{3}{8}h [f(x_0) + 3f(x_1) + 3f(x_1) + f(x_2)]$ (Aturan Simpson 3 per 8)(2.3)

Setelah semua volume dikapal telah didapatkan maka dapat dilakukan perhitungan GT pada kapal sebagai berikut :

$$GT = K1 \times Vtotal \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana,

$$K1 = 0.2 + 0.02 \text{ Log } 10 * \text{Volume keseluruhan kapal}$$

$$V = \text{Volume keseluruhan kapal}$$

Perhitungan GT diatas dilakukan untuk memvalidasi data kapal yang telah diberikan kepada penulis.

2.10.2 Metode Perhitungan Kapasitas Pendinginan Refrigerasi

Pada perhitungan daya refrigerasi hal ditentukan pertama yaitu besarnya beban pendinginan yang harus di *cover* oleh refrigerator. Besaran beban pendinginan dapat dihitung sebagai berikut :

$$Q_{wall} = \frac{A(\Delta T)}{(1/h_a + x_1/k_1 + x_2/k_2 + x_3/k_3 + 1/h_b)} \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

ha dan hb : Koefisien perpindahan panas konveksi pada dinding

k : Koefisien perpindahan panas konveksi material dinding

Setelah mendapatkan nilai dari Qwall maka dilanjutkan untuk mendapatkan nilai pembebanan dari Qatap sebagai berikut:

$$Q_{wall} = \frac{A(\Delta T)}{(1/h_a + x_1/k_1 + x_2/k_2 + x_3/k_3 + 1/h_b)} \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

ha dan hb : Koefisien perpindahan panas konveksi pada atap

k : Koefisien perpindahan panas konveksi material atap

Setelah mendapatkan nilai dari Qatap maka dilanjutkan untuk mendapatkan nilai pembebanan dari Qproduk sebagai berikut:

$$Q_{L.prod} = m \times c \times \Delta T \dots\dots\dots(2.7)$$

$$Q_{s.prod} = m \cdot c_p \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana,

m : Massa dari muatan

h_{lf} : Entalpi dari Ikan dari suhu normal hingga 0°C

c_p : Entalpi dari Ikan dari suhu normal hingga -15°C

Sehingga untuk mendapatkan Qproduk sebagai berikut:

$$Q_{produk} = Q_{L.prod} + Q_{s.Prod}$$

Kemudian dilakukan penjumlahan seluruh Qtotal pada kapal yaitu dengan menjumlahkan Qproduk + Qdinding + Qatap. Besarnya pembebanan refrigerasi akan mendapatkan kapasitas pendinginan minimum pada refrigerator. Berikut merupakan formula yang digunakan untuk mendapatkan Pkompresor dan COP pada sistem refrigerasi :

$$P_{Kompr} = m (h_2 - h_1) \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana:

m = massa refrigeran yang melewati kompresor, kg

h₂ = entalpi refrigerant keluaran kompresor, kJ/kg

h₁ = entalpi refrigerant masukan kompresor, kJ/kg

Setelah mendapatkan Pkompresor maka dapat dilakukan perhitungan kapasitas pendinginan dari refrigerator dengan menggunakan formula dibawah ini :

$$Q_e = m (h_1 - h_4) \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana:

m = massa refrigeran yang melewati kompresor, kg

h₄ = entalpi refrigerant keluaran kondensor, kJ/kg

h₁ = entalpi refrigerant masukan kompresor, kJ/kg

Kapasitas pendinginan telah didapatkan maka dilakukan perhitungan *coefficient of performance* (COP) dari refrigerator. Namun COP terbagi menjadi dua yaitu COPaktual dan COPcarnot. COPaktual merupakan nilai aktual yang sebenarnya terjadi antara kedua komponen dari kompresor dan kapasitas pendinginan. Sedangkan COPcarnot merupakan nilai koefisien dari perbandingan suhu evaporasi dan suhu kondensasi. Berikut merupakan formula yang digunakan :

$$\text{COPaktual} = \frac{Q_e}{P_{\text{kompresor}}} \dots\dots\dots(2.11)$$

2.10.3 Metode Perhitungan Panel Surya

Pada metode perhitungan solar panel untuk sistem PLTS dengan daya 1000 Watt ke bawah, faktor 20% harus ditambahkan ke pembebanan sebagai pengganti rugi-rugi sistem dan untuk faktor keamanan (Dunlop, 1997). Maka rumus yang digunakan sebagai berikut (Muh. Beny Djaufani, 2015) :

$$ET = EB$$

Dimana,

$$EB = \text{Energi beban (watt jam perhari)}$$

$$ET = \text{Energi total beban (watt jam perhari)}$$

Setelah energy total didapatkan maka dapat dilakukan perhitungan kapasitas dan jumlah panel surya yang dibutuhkan. Sehingga dapat dilakukan perhitungan panel surya sebagai berikut:

$$\text{Jumlah panel surya} = \text{Energi Total} / \text{WP panel surya}$$

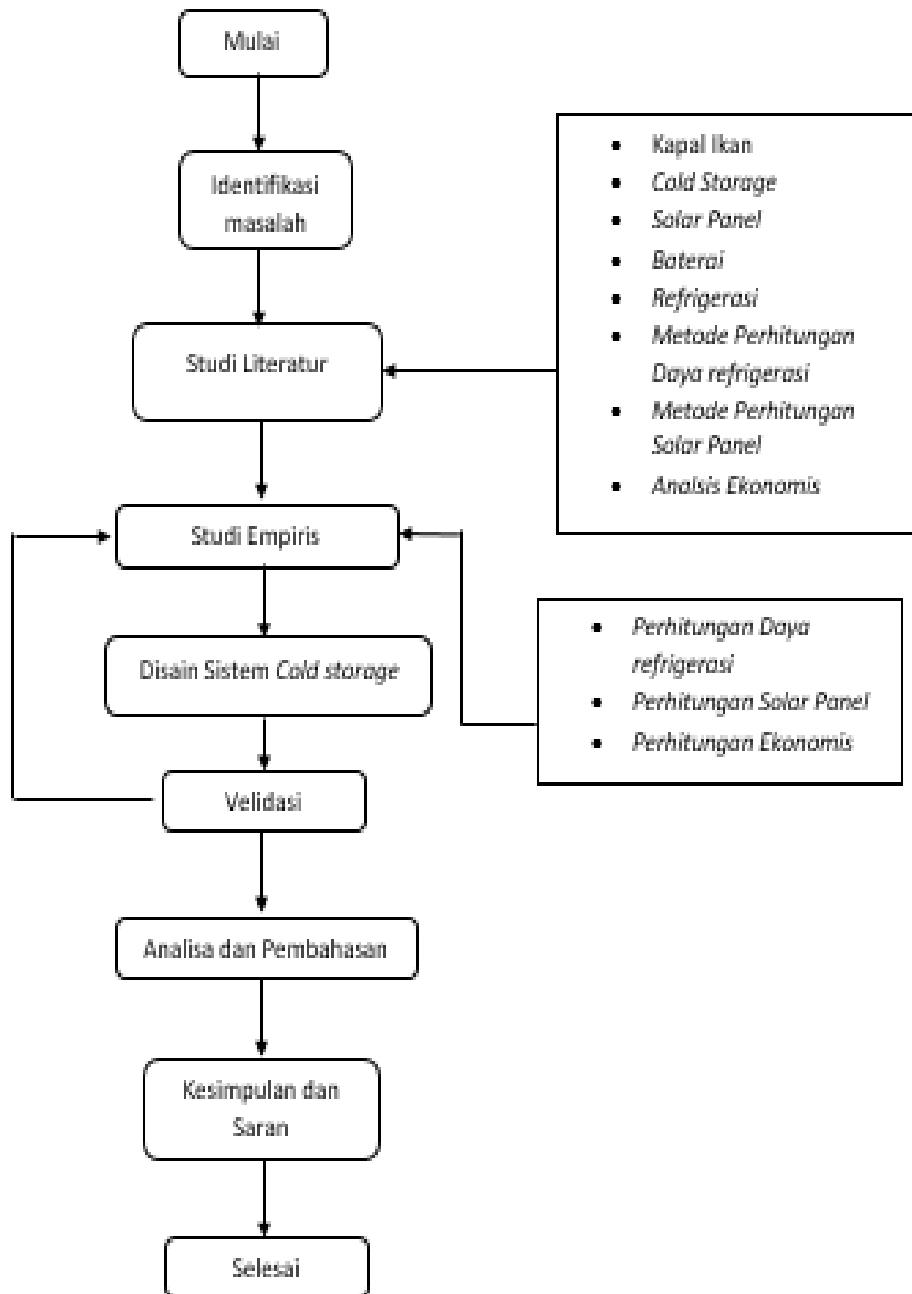
Kemudian setelah didapatkan jumlah panel surya per satu jam pemanasan maka dilakukan perhitungan kembali dengan lama waktu pemanasan yang digunakan. Adapun lama pemanasan yang digunakan pada penelitian ini yaitu selama 5 jam. Berikut merupakan rumus yang dapat digunakan :

$$\text{Jumlah panel surya} = \text{Jumlah unit panel surya per-satu jam pemanasan} / \text{waktu pemanasan}$$

kemudian dilakukan perkalian dengan nilai minimal daya otonomi. Maka perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Jumlah panel surya} = \text{Jumlah unit} \times 1,5 \text{ (minimal daya otonomi)}$$

BAB III METODOLOGI



Gambar 3.11 Flowchart Metodologi

Gambar 3.11 merupakan *flowchart* dari metodologi dalam pembuatan skripsi ini. Dalam pembuatan skripsi ini, tentu saja memerlukan proses yang harus terstruktur. Hal tersebut haruslah ada, agar kedepannya dalam pengerjaan akan terasa lebih terarah dan lebih mudah. Dalam metodologi penelitian ini, akan diuraikan tahap demi tahap yang akan dilakukan dalam pengerjaan skripsi ini nantinya. Adapun tahapan-tahapannya adalah sebagai berikut :

3.1 Identifikasi Masalah

Pada bagian ini digunakan untuk mencari solusi dari masalah yang ada dalam latar belakang masalah yang diangkat. Pada penelitian ini memiliki latar belakang upaya dalam meningkatkan perkembangan hasil tangkapan ikan di Indonesia, sehingga fasilitas untuk penunjang hal tersebut juga harus dipersiapkan dengan baik. Nilai ekonomis yang diberikan oleh penulis untuk menghasilkan pendapatan yang lebih banyak akan memberikan hasil positif untuk penelitian ini.

3.2 Studi Literatur

Setelah suatu permasalahan sudah diketahui, maka selanjutnya adalah studi literatur. Dimana yang harus dilakukan pada tahap ini, adalah mencari referensi permasalahan-permasalahan yang ada berikut solusinya dan juga mempelajari kedua hal tersebut untuk diimplementasikan pada skripsi ini, sehingga jelas apa saja yang harus dilakukan agar permasalahan tersebut dapat terpecahkan. Studi literatur dapat dilakukan dengan cara membawa paper atau jurnal yang berhubungan dengan permasalahan yang akan dipecahkan. Studi literature berisi topik utama yang dibahas dalam penelitian ini diantaranya yaitu mengenai kapal ikan, *cold storage*, solar panel, baterai, sistem refrigerasi, metode perhitungan daya *refrigerator*, metode perhitungan solar panel, metode analisis ekonomis.

3.3 Studi Empiris

Merupakan lanjutan tahapan dari studi literature yang mempelajari perhitungan-perhitungan yang dibutuhkan dalam penelitian yang berasal dari studi literature yang telah didapatkan dari jurnal, buku, makalah dan lain sebagainya.

3.4 Desain Sistem Cold Storage

Setelah semua perhitungan dilakukan dalam studi empiris maka dilakukan pembuatan desain dari sistem *cold storage* yang memanfaatkan *photovoltaics* sebagai media penyerapan energi panas untuk dapat memberikan suplai daya pada sistem refrigerasi kapal ikan tuna 30 GT. Desain dilakukan dengan menggunakan *software Autocad*.

3.5 Analisa dan Pembahasan

Selanjutnya yaitu melakukan Analisa dari hasil perhitungan dan hasil dari disain sistem yang telah dibuat. Adapun analisa yang dilakukan ada dua yaitu analisa teknis dan analisa ekonomis. Untuk pembahasan analisa teknis, akan membahas mengenai *performance* dari sistem yang telah dibuat, sedangkan untuk analisa ekonomis, akan membandingkan antara dua kondisi kapal. Yang mana, kondisi pertama yaitu ketika kapal tidak ditambahkan sistem refrigerasi didalamnya untuk sistem pendinginan ruang palkah, kondisi yang kedua yaitu ketika melakukan penambahan sistem refrigerasi.

3.6 Kesimpulan

Pada perencanaann ini terdapat bebrapa kriteria yang menjadi harapan perancangan. Harapan ini menjadi indikator penilaian penelitian ini. Hal yang diharapkan dari aspek teknik :

1. Penurunan *fuel consumption* pada generator utama dengan penggunaan *eco solar panel system*

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

BAB IV
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Volume Displasmen

Tabel 4.8 Principal Dimension Kapal Ikan Kendari

Prinsipal dimension Kapal Ikan Kendari			
Loa	:	23	meter
Lpp	:	19,02	meter
Lwl	:	17,48	meter
B	:	5	meter
H	:	1,6	meter
T	:	1,1	meter
Cb	:	0,568	meter
Vs	:	9	meter

Displasmen adalah jumlah berat air yang dipindahkan oleh kapal, atau berat underwater volume dari kapal yang sama beratnya dengan kapal. Berikut merupakan perhitungan dari volume displasmen kapal :

$$\nabla = Lwl \times B \times T \times Cb \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\nabla = 17,48 \times 5 \times 1,1 \times 0,568$$

$$\nabla = 54,06752 \text{ m}^3$$

$$\Delta = 54,06752 \times 1,025$$

$$\Delta = 55,97271 \text{ m}^3$$

4.1.1 Perhitungan Volume Ruang di Atas Sarat Kapal

Setelah melakukan perhitungan volume displasmen kapal, maka dilanjutkannya perhitungan volume seluruh ruangan diatas T kapal. Perhitungan keseluruhan volume dikapal berfungsi untuk mengetahui besaran dari *Gross Tonnage* (GT) kapal ikan kendari. Berikut merupakan perhitungan volume tiap ruang kapal diatas sarat kapal:

- Perhitungan Freeboard Kapal
 - h = H-T
 - h' = h/2
 - dimana,

$$\begin{aligned}
 H &= 1,6 \text{ meter} \\
 T &= 1,1 \text{ meter} \\
 \text{Maka,} \\
 h &= 1,6 - 1,1 \\
 &= 0,5 \text{ meter} \\
 h' &= 0,5/2 \\
 &= 0,25 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Nilai h diatas digunakan sebagai perhitungan jarak antar *waterline* (WL) untuk mengetahui luasannya. Perhitungan luasan WL dilakukan dengan perhitungan aturan Simpson 1/3 sebagai berikut :

Tabel 4.9 Perhitungan Simpson Freeboard Kapal

WL (m)	An (m ²)	FS	A*Fs
1,1	67,0146	1	67,0146
1,35	79,0326	4	316,1304
1,60	88,0426	1	88,0426
		$\Sigma (A*Fs)$	471,1876

$$\begin{aligned}
 V_{fb} &= 1/3 \times h' \times \Sigma (A \times Fs) \dots\dots\dots(2.2) \\
 &= 1/3 \times 0,25 \times 471,1876 \\
 &= 39,26563 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Perhitungan Volume Main Deck

Perhitungan ini berfungsi untuk mengetahui besarnya luasan dari main deck kapal kendari. Berikut merupakan perhitungannya :

$$V_{md} = p \times l \times t$$

Dimana,

$$p = 6,65 \text{ meter}$$

$$l = 2,32 \text{ meter}$$

$$t = 1,9 \text{ meter}$$

maka,

$$\begin{aligned} V_{md} &= 6,65 \times 2,32 \times 1,9 \\ &= 29,3132 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Perhitungan Volume Upper Deck

Perhitungan ini berfungsi untuk mengetahui besarnya luasan dari upper deck kapal kendari. Berikut merupakan perhitungannya :

$$V_{ud} = p \times l \times t$$

Dimana,

$$p = 6,3 \text{ meter}$$

$$l = 2,82 \text{ meter}$$

$$t = 1,7 \text{ meter}$$

maka,

$$\begin{aligned} V_{md} &= 6,3 \times 2,82 \times 1,7 \\ &= 30,2022 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Perhitungan Volume Galley Room

Perhitungan ini berfungsi untuk mengetahui besarnya luasan dari galley room kapal kendari, hal ini dikarenakan ruangan galley dari kapal kendari berada diluar main deck. Berikut merupakan perhitungannya:

$$V_{gr} = p \times l \times t$$

Dimana,

$$p = 6,3 \text{ meter}$$

$$l = 1,18 \text{ meter}$$

$$t = 1,7 \text{ meter}$$

$$\text{Luasan Area Galley (PS)} = 1,5242 \text{ m}^2$$

$$\text{Luasan Area Galley (SB)} = 1,5242 \text{ m}^2$$

$$\text{Luasan Area Galley Mid} = 1,4218 \text{ m}^2$$

$$\text{Total Area} = 4,4702 \text{ m}^2$$

maka,

$$\begin{aligned} V_{gr} &= 6,3 \times 1,18 \times 1,7 \times 4,4702 \\ &= 56,49349 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

▪ Perhitungan GT Kapal

Gross tonnage (GT) adalah perhitungan volume semua ruang yang terletak di bawah geladak kapal ditambah dengan volume ruangan tertutup yang terletak di atas geladak ditambah dengan isi ruangan beserta semua ruangan tertutup yang terletak di atas geladak paling atas (superstructure). Berikut merupakan perhitungan dari GT kapal ikan kendari :

$$GT = K1 \times V_{total} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana,

$$V_{total} = V_{disp} + V_{fb} + V_{md} + V_{up} + V_{gr}$$

$$K1 = 0,2 + 0,02 \text{ Log } 10 \times V_{total}$$

Maka,

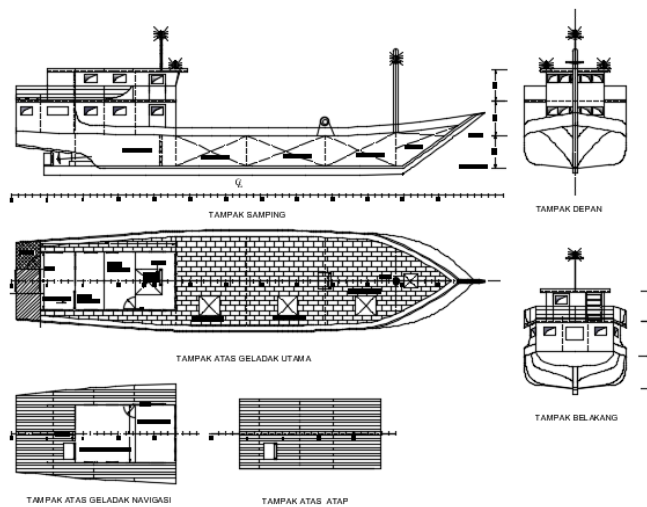
$$\begin{aligned} V_{total} &= 54,60752 + 39,26563 + 29,3132 + 30,2022 + 56,49349 \\ &= 209,882 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K1 &= 0,2 + 0,02 \text{ Log } 10 \times 209,882 \\ &= 0,24644 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GT &= 0,24644 \times 209,882 \\ &= 51,72323 \end{aligned}$$

Sehingga didapatkan nilai terbaru mengenai besarnya GT kapal ikan kendari dengan menggunakan perhitungan diatas yaitu sebesar 51 GT

4.2 Perhitungan Volume Ruang Palkah



Gambar 4.12 General Arrangement Kapal Ikan Kendari
Sumber : (PT. Tugu Perdana, 2018)

Pada Gambar 4.12 diatas merupakan gambar kapal ikan kendari dilihat dari segala sisi. Adapun pada subab ini yaitu akan melakukan perhitungan volume dari ruang palkah. Perhitungan volume ruang palkah dilakukan untuk mengetahui besaran volume ruang palkah, yang nantinya akan digunakan untuk melakukan perhitungan kapasitas pendinginan refrigerator. Adapun total jumlah ruang palkah yang dimiliki oleh kapal ikan kendari, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2 diatas sejumlah 3 ruang. Perhitungan volume ruang palkah menggunakan aturan Simpson 1/3. Berikut merupakan perhitungan ruang palkah :

- Perhitungan Ruang Palkah No.1

Tabel 4.10 Perhitungan Volume Palkah No.1 Dengan Metode Simpson

WL (m)	An (m ²)	FS	A*Fs
0,16	3,8146	1	3,8146
0,62	9,028	4	36,112
0,94	10,7658	2	21,5316
1,35	12,3288	4	49,3152
1,60	12,3288	1	12,3288
		Σ (A*Fs)	123,1022

$$V. \text{ Ruang Palkah No.1} = 1/3 \times h' \times \Sigma (A \times Fs) \dots\dots\dots(2.2)$$

$$= 1/3 \times 0,16 \times 123,1022$$

$$= 6,565451 \text{ m}^3$$

- Perhitungan Ruang Palkah No.2

Tabel 4.11 Perhitungan Volume Palkah No.2 Dengan Metode Simpson

WL (m)	An (m ²)	FS	A*Fs
0,16	10,1438	1	10,1438
0,62	17,1202	4	68,4808
0,94	17,7698	2	35,5396
1,35	17,9626	4	71,8504
1,60	17,9626	1	17,9626
$\Sigma (A*Fs)$			203,9772

$$V. \text{ Ruang Palkah No.2} = 1/3 \times h' \times \Sigma (A \times Fs) \dots\dots\dots(2.2)$$

$$= 1/3 \times 0,16 \times 203,9772$$

$$= 10,87878 \text{ m}^3$$

- Perhitungan Ruang Palkah No.3

Tabel 4.12 Perhitungan Volume Palkah No.2 Dengan Metode Simpson

WL (m)	An (m ²)	FS	A*Fs
0,16	9,6496	1	9,6496
0,62	15,8408	4	63,3632
0,94	16,3014	2	32,6028
1,35	16,4162	4	65,6648
1,60	16,4162	1	16,4162
$\Sigma (A*Fs)$			187,6966

$$V. \text{ Ruang Palkah No.3} = 1/3 \times h' \times \Sigma (A \times Fs) \dots\dots\dots(2.2)$$

$$= 1/3 \times 0,16 \times 187,6966$$

$$= 10,01049 \text{ m}^3$$

Sehingga jumlah volume ruang palkah kapal ikan kendari sebesar 27,45472 m³.

4.3 Perhitungan Kapasitas Pendinginan

Refrigerator merupakan suatu mesin yang berfungsi sebagai alat untuk menurunkan suhu / temperatur udara maupun ruang (umumnya) serta untuk menjaga suhu, bisa juga alat ini berfungsi untuk mendinginkan suatu alat (khususnya) (Wikipedia). Perhitungan refrigerator penelitian ini merenfrensi pada paper “Perhitungan Beban Pendingin Pada Cold Storage Untuk Penyimpanan Ikan Tuna PT.X” oleh Saut Siagian. Berikut merupakan perhitungan yang dilakukan :

- Perhitungan Pembebanan Refrigerator

Pembebanan refrigerator adalah beban yang diberikan oleh lingkungan kepada refrigerator. Pada perhitungan pembebanan refrigerator terdapat tiga pembebanan yang dilakukan. Dimana pembebanan akibat dinding ruang palkah, beban akibat atap ruang palkah, dan beban yang berasal dari produk yang dimuat diruang palkah. Berikut merupakan perhitungan pembebanannya:

$$- Q_{wall} = A(\Delta T) / (1/h_a + x_1/k_1 + x_2/k_2 + x_3/k_3 + 1/h_b) \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana,

A = Luasan dari dinding ruang palkah

ΔT = Temp. Lingkungan – Temp. Ruang Palkah

ha/hb = Koefisien perpindahan panas konveksi permukaan dinding
(8,3 m²K/W)

k = Koefisien perpindahan panas konveksi material insulasi

Adapun data luasan dinding sebagai berikut :

Luas dinding Ruang Palkah No.1	=	5,355	m ²
Luas dinding Ruang Palkah No.2	=	5,852	m ²
Luas dinding Ruang Palkah No.3	=	5,32	m ²
Luas total	=	33,054	m ²

Nilai Koefisien perpindahan panas konveksi dari insulasi ruang palkah sebagai berikut:

Fiberglass = 0,043 W/mK

= Diameter/k-value

= 0,05/0,043

= 1,162791 m²K/W

SPF = 0,04 W/mK

= Diameter/k-value

= 0,1/0,04

= 2,5 m²K/W

$$Q_{wall} = \frac{(33,054) \times (29 - (-15))}{\left(\frac{1}{8,3} + \frac{0,05}{0,043} + \frac{0,1}{0,04} + \frac{1}{8,3}\right)}$$

$$= 0,372558 \text{ kW}$$

- $Q_{\text{atap}} = A(\Delta T) / (1/h_a + x_1/k_1 + x_2/k_2 + x_3/k_3 + 1/h_b) \dots\dots\dots(2.6)$

Dimana,

A = Luasan dari atap ruang palkah

ΔT = Temp. Lingkungan – Temp. Ruang Palkah

ha/hb = Koefisien perpindahan panas konveksi permukaan atap
(6,1 m²K/W)

k = Koefisien perpindahan panas konveksi material insulasi

Adapun data luasan dinding sebagai berikut :

Luas Atap ruang Palkah No.1	=	15,312	m ²
Luas Atap ruang Palkah No.2	=	16,846	m ²
Luas Atap ruang Palkah No.3	=	13,973	m ²
Luas total	=	46,131	m ²

$$Q_{\text{atap}} = \frac{(46,131) \times (29 - (-15))}{\left(\frac{1}{6,1} + \frac{0,05}{0,043} + \frac{0,1}{0,04} + \frac{1}{6,1}\right)}$$

$$= 0,508629 \text{ Kw}$$

- Qproduk

Tabel 4.13 Data Jumlah Massa Ikan Setiap Palkah

1. Jumlah ikan yang di simpan pada setiap palkah
- Masa ikan tuna pada palkah no.1 328 kg
- Masa ikan tuna pada palkah no.2 543 kg
- Masa ikan tuna pada palkah no.3 500 kg
2. Temperatur Ikan 27°C
3. Koefisien ikan tuna 3,43 kJ/kg. °C
4. CP ikan tuna 2,19 kJ/kg. °C
5. Kalor laten ikan tuna 227 kJ/kg. °C

Berdasarkan data pada Tabel 4.13 diatas maka dilakukan perhitungan Q.produk total dari ikan berdasarkan suhu awal ikan, kalor laten ikan, dan kalor spesifik ikan. Berikut merupakan perhitungan Q.produk :

- Q.produk pada suhu awal

$$Q_{\text{produk}} = m \times c \times \Delta T \dots\dots\dots(2.7)$$
 = massa ikan tiap palkah x koefisien ikan x perubahan suhu

$$Q_{\text{produk 1}} = 328 \times 3,43 \times (27-0)$$

$$= 30376,08 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{produk 2}} = 543 \times 3,43 \times (27-0)$$

$$= 50287,23 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{produk 3}} = 500 \times 3,43 \times (27-0)$$

$$= 46305 \text{ kJ}$$

- QL produk pada kondisi laten ikan tuna

$$QL_{\text{produk}} = m \times L \dots\dots\dots(2.8)$$
 = massa ikan tiap palkah x kalor laten ikan tuna

$$QL_{\text{produk 1}} = 328 \times 2,19$$

$$= 74456 \text{ kJ}$$

$$QL_{\text{produk 2}} = 543 \times 2,19$$

$$= 123261 \text{ kJ}$$

$$QL_{\text{produk 3}} = 500 \times 2,19$$

$$= 113500 \text{ kJ}$$

- Qs produk pada kondisi ikan tuna membeku

$$Qs_{\text{produk}} = m \times c \times \Delta T \dots\dots\dots(2.7)$$
 = massa ikan tiap palkah x koefisien ikan x perubahan suhu

$$Qs_{\text{produk 1}} = 328 \times 227 \times 15$$

$$= 10774,8 \text{ kJ}$$

$$Qs_{\text{produk 2}} = 543 \times 227 \times 15$$

$$= 17837,55 \text{ kJ}$$

$$Qs_{\text{produk 3}} = 500 \times 227 \times 15$$

$$= 16425 \text{ kJ}$$

Sehingga, Q_{total} untuk kapasitas pendinginan yaitu sebesar 6,474042

- Perhitungan Kapasitas Pendinginan dan COP
Berikut merupakan data yang digunakan untuk perhitungan kapasitas pendinginan :

Tabel 4.14 Data Perhitungan Refrigerator

No.	Uraian	Keterangan
1.	Ruang Palkah Ikan	
	- Ruang Palkah No.1	$6,565450667 \text{ m}^3$
	- Ruang Palkah No.2	$10,878784 \text{ m}^3$
	- Ruang Palkah No.3	$10,01048533 \text{ m}^3$
2.	Temp.lingkungan	32°C
3.	Temp.Evaporator	-15°C
4.	Produk	Ikan Tuna
5.	Temperatur produk sebelum masuk Ruang Palkah	27°C
6.	Oprasional Unit	24 Jam
7.	Refrigerant	R134a

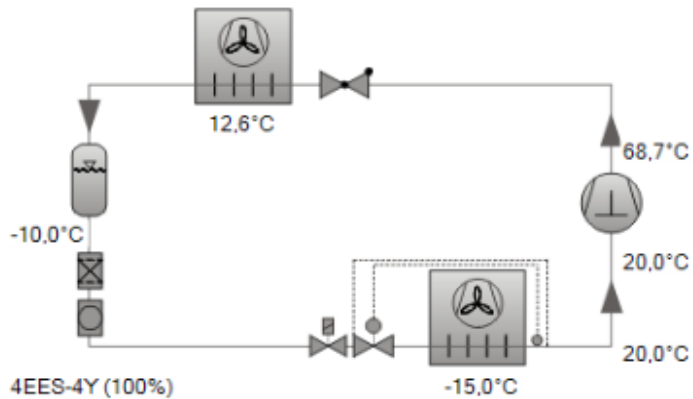
Berikut merupakan karakteristik dari refrigeran yang digunakan, yaitu refrigeran R-134a :

Tabel 4.15 Karakteristik Refrigerant R-134a

- Titik didih	=	-26,1	$^\circ\text{C}$	pada tekanan 1atm	
- Suhu kritis	=	101	$^\circ\text{C}$		
- Tekanan kritis	=	4060	kPa	588,8543	psia

Setelah mendapatkan Q_{total} dari beban yang harus dibebankan pada mesin refrigerator, maka dilakukan perhitungan refrigerator dengan menggunakan data pada Tabel 4.7 diatas. Perhitungan dibawah akan menghasilkan besaran usaha kapasitas pendinginan yang dilakukan

refrigerator untuk menurunkan suhu hingga suhu yang ditetapkan pada Tabel 4. Adapun nilai-nilai temperatur pada refrigerator, seperti temperatur keluaran kompresor, temperatur kondensor, dan temperatur pada *valve expansion* didapatkan berdasarkan *software* refrigerator yang telah ditentukan. Adapun mesin refrigerator yang digunakan yaitu Bitzer LH64E/4EES-4Y. Pada Gambar 4. Dibawah ini, merupakan simulasi dari refrigerator yang digunakan untuk kapal kendari dengan menggunakan *software* dari Bitzer.



Gambar 4.13 Simulasi Refrigerator Pada Bitzer
 Sumber : (www.Bitzer.de/software)

Tabel 4.16 Data refrigerator

Pressure on evaporator	=	1.639 bar
Pcompressor	=	3.3 kW
Temp. Suction	=	20 °C
Temp. Discharge	=	68.7 °C
Temp. Evaporation	=	-15 °C
Temp. Condensation	=	12.6 °C

Dengan data temperatur pada Tabel 4.8 diatas maka dapat dilakukan pembacaan entalpi pada P-h diagram refrigeran R-134a:

Tabel 4.17 Data Perhitungan Pada P-h Diagram

h1 =	261,675	kJ/kg	T.h1 =	20	°C	P.h1 =	5,722	bar
h2 =	280,748	kJ/kg	T.h2 =	68,7	°C	P.h2 =	20,652	bar
h3 =	69,082	kJ/kg	T.h3 =	12,6	°C	P.h3 =	20,652	bar
h4 =	69,082	kJ/kg	T.h4 =	-15	°C	P.h4 =	1,639	bar

Setelah mendapatkan besaran entalpi di setiap suhu, maka dapat dilakukan perhitungan kapasitas pendinginan sebagai berikut:

$$- P_{\text{kompresor}} = 3,3 \text{ kW}$$

$$m = \frac{P_{\text{kompresor}}}{h_2 - h_1} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$= 3,3 / (280,748 - 261,675)$$

$$= 0,173019 \text{ kg/s}$$

Sehingga didapatkan kapasitas pendinginan di evaporator (Q_e) sebagai berikut:

$$Q_e = m (h_1 - h_4) \dots\dots\dots(2.9)$$

$$= 0,173019 \times (261,675 - 69,082)$$

$$= 33,32234 \text{ kW}$$

Pada hasil perhitungan kapasitas pendinginan diatas menunjukkan besaran usaha per detik dari refrigerator untuk mendinginkan temperatur ruangan dari suhu 27 °C menuju -15 °C .

Setelah mendapatkan kapasitas pendinginan refrigerator maka dapat dilakukan perhitungan COP aktual refrigerator sebagai berikut:

$$\text{COP}_{\text{aktual}} = \frac{Q_e}{P_{\text{kompresor}}} \dots\dots\dots(2.10)$$

$$= \frac{33,32234}{3,3}$$

$$= 10,09768$$

4.3 Distribusi Kelistrikan Generator Kapal Ikan Kendari

Pada sub bab ini menjelaskan mengenai distribusi kelistrikan pada kapal kendari yang digunakan oleh generator berdasarkan komponen kelistrikan yang digunakan. Pada Tabel 4.18 merupakan beban listrik yang disuplai oleh generator di kapal ikan kendari sebagai berikut :

Tabel 4.18 Data Beban Listrik per Komponen Pada Kapal Ikan Kendari

No.	Nama Komponen	Quantity	Besar Daya (W)
1.	Lampu Navigasi	1	40
2.	Masthead Light	1	120
3.	Portside Light	1	60
4.	Starboard Light	1	60
5.	Stern Light	1	60
6.	Lampu Pengumpul Ikan	10	400
7.	Lampu ruang mesin	4	80
8.	Radio	1	150
9.	Fish Finder	1	100
10	Pompa Bilga	2	740
11.	Purse Siene Motor	1	11000
TOTAL			12810

Pada tabel 4.19 dibawah ini, merupakan penambahan daya listrik dari mesin refrigerator pada kapal ikan yang akan digunakan :

Tabel 4.19 Power Refrigerator

No.	Nama Komponen	Jumlah	Besar Daya (W)
1.	Power Refrigerator	1	3300
TOTAL			3300

Sehingga jumlah total beban listrik yaitu sebesar 16,11 kW.

Maka seperti yang telah ditentukan pada data kapal, kapasitas dari generator yaitu berkisar 20 kW – 30 kW. Sehingga dapat dilakukan pemilihan generator dengan daya sebesar 20 kW dengan beban diatas. Data generator dapat dilihat pada tabel 4.20 dibawah.

Tabel 4.20 Spesifikasi Generator yang digunakan Pada Kapal Ikan Kendari

Main Specifications	
Nominal power	20 kW at 1500 RPM
Peak power	200%
Nominal voltage	230 V – 87 A
Output frequency	50 Hz
Power factor / cos phi	1
Voltage tolerance	± 2%
Frequency tolerance (Hz)	± 3%
Voltage regulation	AVR
Starter battery	12 V / 145 Ah (Optional)
Battery charge current	Alternator 50 A
Alternator	Air-cooled, no brushes, synchronous
Soun level	58 Db at 7 meters

4.4 Perhitungan Daya Panel Surya

Pada penelitian ini panel surya digunakan sebagai sumber energi kedua untuk menghasilkan tenaga listrik dikapal. Listrik yang dihasilkan oleh panel surya digunakan untuk melakukan penghematan bahan bakar pada generator dalam penggunaan mesin refrigerasi. Namun pada sistemnya, listrik yang berasal dari panel surya hanya digunakan untuk mensuplai listrik pada komponen van evaporator mesin refrigerasi. Maka untuk mengetahui jumlah panel surya yang dibutuhkan dan jenis panel suryanya dapat dilakukan perhitungan.

$$ET = EB$$

Dimana,

$$ET = \text{Energi total beban (Wh)}$$

$$EB = \text{Energi beban (Wh)}$$

Namun sebelum melakukan perhitungan dengan menggunakan rumus diatas, maka dilakukan perhitungan dan penjumlahan total energi beban yang akan diberikan kepada baterai. Adapun baterai digunakan sebagai suplai listrik terhadap alat komunikasi dikapal, lampu-lampu navigasi, dan fan evaporator. Pada Tabel 4.20 dibawah ini merupakan data beban dari baterai :

Tabel 4.21 Beban Kelistrikan Untuk PV

No.	Keterangan	Jumlah	Besar Daya (W)	Waktu Pemakaian (h)
1.	Fan Evaporator	1	330	4,4
2.	Lampu Navigasi	1	40	12

3.	Masthead Light	1	120	12
4.	Portside Light	1	60	12
5.	Starboard Light	1	60	12
6.	Stern Light	1	60	12
7.	Engine room Light	2	80	12
8.	Radio	1	150	24
9.	Fish Finder	1	100	8

Maka,

$$\begin{aligned} EB &= \text{Jumlah beban listrik peralatan} \times \text{jumlah oprasional} \\ &= 11852 \text{ Wh} \end{aligned}$$

Sehingga, didapatkan kebutuhan daya sebesar 11852 Wh/hari dan atau sebesar 494 watt/hour.

Kemudian setelah mengetahui energi total yang harus di penuhi oleh panel surya, maka dilakukan perhitungan jumlah panel surya. Perhitungan jumlah panel surya dilakukan dengan menggunakan skenario 1 – skenario 3, hal ini dikarenakan untuk mendapatkan pemilihan yang paling maksimal berdasarkan kemampuan kerja panel surya dan jumlah dari panel surya. Namun untuk jenis panel surya yang digunakan pada penelitian ini yaitu berjenis poly-crystalline. Dimana jenis ini lebih baik digunakan pada lingkungan berawan seperti negara Indonesia. Berikut merupakan perhitungan jumlah panel surya :

$$\begin{aligned} - \text{ Panel Surya 1 (200 WP)} \\ \text{Panel surya} &= \text{Energi total} / \text{Kapasitas panel surya} \\ &= 11852 / 200 \\ &= 59,26 \text{ unit} \end{aligned}$$

Dari jumlah unit diatas, maka dilakukan perhitungan kembali dengan membagi jumlah unit panel surya dengan waktu pemanasan per-hari. Dimana waktu pemanasan per-hari diambil selama 5 jam.

$$\begin{aligned} \text{Panel surya} &= \text{Jumlah unit} / \text{waktu pemanasan per-hari} \\ &= 59,26 / 5 \\ &= 11,852 \text{ unit} \end{aligned}$$

Setelah di dapatkan jumlah unit dengan perhitungan kedua maka dilakukan perhitungan kembali dengan mengkalikan jumlah unit dengan minimal daya otonomi yang nilainya sebesar 1,5. Maka perhitungannya jumlah panel sebagai berikut :

$$\text{Jumlah panel surya} = 11,852 \text{ unit} \times 1,5$$

$$= 17,778 \text{ unit}$$

Sehingga, besaran watt per satu jam pemanasan jika jumlah unit di ambil paling minimum sebanyak 12 unit yaitu jumlah unit x wp = 2400 Watt/jam = 12000 Wh

- **Panel Surya 2 (250 WP)**

$$\begin{aligned} \text{Panel surya} &= \text{Energi total} / \text{Kapasitas panel surya} \\ &= 11852 / 250 \\ &= 47,408 \text{ unit} \end{aligned}$$

Dari jumlah unit diatas, maka dilakukan perhitungan kembali dengan membagi jumlah unit panel surya dengan waktu pemanasan per-hari. Dimana waktu pemanasan per-hari diambil selama 5 jam.

$$\begin{aligned} \text{Panel surya} &= \text{Jumlah unit} / \text{waktu pemanasan per-hari} \\ &= 47,408 / 5 \\ &= 9,4816 \text{ unit} \end{aligned}$$

Setelah di dapatkan jumlah unit dengan perhitungan kedua maka dilakukan perhitungan kembali dengan mengkalikan jumlah unit dengan minimal daya otonomi yang nilainya sebesar 1,5. Maka perhitungannya jumlah panel sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Jumlah panel surya} &= 9,4816 \text{ unit} \times 1,5 \\ &= 14,2224 \text{ unit} \end{aligned}$$

Sehingga, besaran watt per satu jam pemanasan jika jumlah unit di ambil paling minimum sebanyak 10 unit yaitu jumlah unit x wp = 2500 Watt/jam = 12500 Wh

- **Panel Surya 3 (300 WP)**

$$\begin{aligned} \text{Panel surya} &= \text{Energi total} / \text{Kapasitas panel surya} \\ &= 11852 / 300 \\ &= 39,506 \text{ unit} \end{aligned}$$

Dari jumlah unit diatas, maka dilakukan perhitungan kembali dengan membagi jumlah unit panel surya dengan waktu pemanasan per-hari. Dimana waktu pemanasan per-hari diambil selama 5 jam.

$$\begin{aligned} \text{Panel surya} &= \text{Jumlah unit} / \text{waktu pemanasan per-hari} \\ &= 39,506 / 5 \\ &= 7,9 \text{ unit} \end{aligned}$$

Setelah di dapatkan jumlah unit dengan perhitungan kedua maka dilakukan perhitungan kembali dengan mengkalikan jumlah unit dengan minimal daya otonomi yang nilainya sebesar 1,5. Maka perhitungannya jumlah panel sebagai berikut :

$$\text{Jumlah panel surya} = 7,9 \text{ unit} \times 1,5$$

$$= 11,852 \text{ unit}$$

Sehingga, besaran watt per satu jam pemanasan jika jumlah unit di ambil paling minimum sebanyak 8 unit yaitu jumlah unit x wp = 2400 Watt/jam = 12000 Wh

Tabel 4.22 dibawah merupakan kesimpulan data dari perhitungan panel surya diatas. Maka untuk memudahkan pembacaan data panel surya sebagai berikut :

Tabel 22 Hasil Perhitungan Pemilihan Panel Surya

No.	Explanation	Value	Watt/hour	Wh (5 hour)
1.	200 WP	12 unit	2400	12000
2.	250 WP	10 unit	2500	12500
3.	300 WP	8 unit	2400	12000

Setelah mendapatkan hasil perhitungan dari tiga skenario, seperti yang dapat dilihat pada tabel. Maka, panel surya yang dipilih yaitu panel surya 200 WP. Pengambilan panel surya 200 WP dikarenakan melihat dari besaran dimensi dan jumlah unit dari panel surya mengingat terbatasnya tempat yang digunakan untuk penempatan panel surya, dan juga kapasitas dari panel surya yang telah memenuhi kebutuhan listrik yang ada.

Kemudian setelah menentukan panel surya, selanjutnya yaitu menghitung besarnya inverter yang akan digunakan pada rangkaian. Menghitung inverter dilakukan terlebih dahulu sebelum menentukan pemilihan baterai agar baterai mengikuti besaran tegangan input yang dibutuhkan oleh inverter. Berikut merupakan perhitungannya dengan asumsi efisiensi inverter 90% :

$$\begin{aligned} \text{Inverter} &= \text{Energi total/jam} \\ &= 11852/24 \\ &= 493 \text{ Watt/jam} \end{aligned}$$

Sehingga dengan total daya 493 Watt/jam dapat digunakan inverter dengan kapasitas 500 watt dalam rangkaian dan dengan tegangan input sebesar 12 V. Maka, kapasitas baterai dapat dishitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned} P &= V \times i \\ i &= P/V \\ &= 11852/12 \end{aligned}$$

$$= 987 \text{ AH}$$

Besarnya deep of discharge (DOD) pada baterai adalah 80% (Mark Hankins, 1991: 68). Pengertiannya yaitu baterai tidak akan dapat digunakan 100% tenaganya, melainkan hanya dapat digunakan 80%. Apabila penggunaan baterai hingga menghabiskan tenaga didalamnya, maka akan membuat baterai menjadi rusak. Sehingga perlu dilakukan perhitungan kembali agar kapasitas baterai dapat lebih dari kapasitas yang telah dihitung. Berikut merupakan perhitunga baterai :

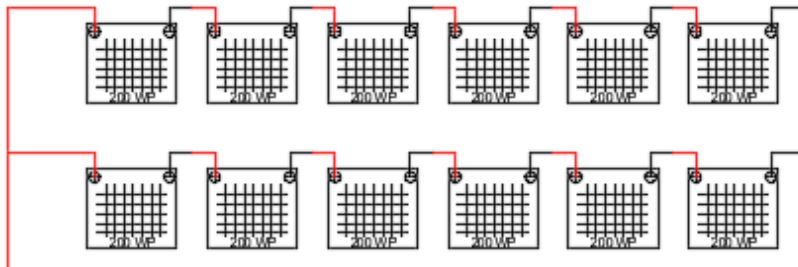
$$\begin{aligned} C_b &= (\text{AH} \times \text{day}) / \text{DOD} \\ &= (987 \times 1) / 0,8 \\ &= 1234 \text{ AH} \end{aligned}$$

Perhitungan kapasitas baterai telah dilakukan, maka berikutnya yaitu melakukan perhitungan *solar battery charge*. *Solar battery charge* merupakan peralatan elektronik yang berfungsi untuk mengatur arus yang masuk kedalam baterai, kemudian juga untuk mencegah terjadinya over *charging* pada saat pengisian baterai, dan untuk mencegah mengalirnya arus listrik dari baterai menuju panel surya. Maka perhitungan kapasitas dari *solar battery charge* sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas solar battery charge} &= \text{Jumlah panel surya} \times \text{Isc panel} \\ &\text{ surya} \\ &= 12 \times 6,5 \text{ A} \\ &= 78 \text{ A} \end{aligned}$$

Dengan penggunaan panel surya di kapal Kendari, semua daya lampu dan alat komunikasi mendapatkan suplai listrik dari baterai. Sehingga dengan berkurangnya beban listrik pada generator, kapasitas generator yang semulanya berkapasitas 20 kW dapat di ganti dengan kapasitas 15 kW. Hal ini disebabkan oleh beban total listrik generator berkurang menjadi 15 kW.

4.5 Perhitungan Rangkaian Panel Surya



Gambar 4.14 Rangkaian Panel Surya Pada Sistem

Gambar 4.4 merupakan rangkaian solar panel yang digunakan pada penelitian. Rangkaian terdiri dari rangkaian campuran. Adapun tipe dari panel surya yang digunakan pada penelitian ini yaitu poly-crystalline. Penentuan tipe panel surya ini dikarenakan lingkungan negara Indonesia yang berawan tidak memberikan keuntungan yang baik apabila menggunakan tipe mono-crystalline yang memiliki kemampuan penyerapan panas yang lebih baik. Hal ini disebabkan ketidak mampunya tipe panel surya mono-crystalline menyerap energi panas apabila terhalang bayangan. Pada Tabel 4.23 dibawah merupakan spesifikasi dari panel surya yang digunakan pada penelitian.

Tabel 4.23 Spesifikasi PV yang digunakan

Spesifikasi	Keterangan
Max. Pwer (Pmax)	200 W
Max. Power Voltage (Vmp)	34,4 V
Max. Power Current (Imp)	5,81 A
Open Circuit Voltage (Voc)	43,2 V
Short Circuit Current (Isc)	6,50 A
Power Tolerance	± 5%
Weight	20 Kg
Dimension (mm)	1440 x 1030 x 95

- Perhitungan rangkaian paralel panel surya
Berikut merupakan perhitungan rangkaian paralel panel surya yang digunakan pada penelitian :

$$\begin{aligned} I &= I1 + I2 \\ &= 6,5 \text{ A} + 6,5 \text{ A} \\ &= 13 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= V1 = V2 \\ &= 34,4 \text{ V} \end{aligned}$$

- Perhitungan rangkaian seri panel surya
Berikut merupakan perhitungan rangkaian paralel panel surya yang digunakan pada penelitian :

$$\begin{aligned} V &= \text{Penjumlahan tegangan panel surya 1 - 12} \\ &= 412,8 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I &= I1 = I2 = I3 \\ &= 6,5 \text{ A} \end{aligned}$$

Maka didapatkan total V rangkaian yaitu sebesar 412,8 V dan I total rangkaian yaitu 13 A.

4.6 Analisa Teknis

Kapal ikan Kendari merupakan kapal yang di desain sebagai kapal penangkap ikan. Seperti pada Gambar 4.1 diatas, kapal ini memiliki kecepatan servis sebesar 9 knot dan kapal ini di desain untuk mampu berlayar hingga jarak 200 mile dari pinggir pantai dan kapal ini memiliki jenis alat tangkapan ikan yang berupa purse seine. Kapal ikan Kendari pada desain awal pembuatannya, tidak di desain sebagai kapal yang menggunakan alat referigerator sebagai alat bantu pendinginan di ruang penyimpanan melainkan hanya mengandalkan es balok sebagai media pendinginan. Namun pada penelitian ini, kapal ikan Kendari diberikan desain sistem dengan menggabungkan sistem panel surya sebagai sistem eco dan alat refrigerator sebagai alat pendingin ruang penyimpanan. Kapal ini menargetkan hasil tangkapan berupa ikan tuna, yang mana ikan tuna tersebar sangat besar di perairan Indonesia.

Menurut Barata,2011 persebaran ikan tuna di pengaruhi oleh kenaikan suhu rata-rata gobal pada permukaan bumi dan menurut Unar (1957) dalam Sumadhiharga (2009), bila ikan telah mencapai ukuran yang lebih besar maka akan berada pada lapisan air yang lebih dalam. Secara horisontal, daerah penyebaran tuna di Indonesia meliputi perairan barat dan selatan Sumatera, selatan Jawa, Bali dan Nusa Tenggara, Laut Flores, Laut Banda, Laut Sulawesi dan perairan utara papua. Dengan melihat persebaran ikan tuna pada Gambar 2.1 diatas kapal ini akan melakukan pengambilan wilayah penangkapan tuna di selatan pulau Jawa.

Pada bab ini akan melakukan analisa secara teknis pada pendistribusian daya listrik pada kapal ikan Kendari. Sumber suplai daya listrik kapal ikan Kendari terbagi menjadi dua, yaitu berasal dari generator dan berasal dari baterai. Pembagian dua aliran suplai daya diharapkan dapat meningkatkan secara teknis maupun ekonomis dalam pengoperasian kapal ikan Kendari. Generator pada kapal ikan Kendari digunakan sebagai suplai daya listrik pada peralatan yang memiliki konsumsi daya listrik lebih dari 500 watt, sedangkan baterai digunakan untuk mensuplai daya listrik pada peralatan dengan konsumsi daya listrik kurang dari 500 watt. Adapun data penggunaan daya listrik berdasarkan jenis perlatan yang digunakan pada kapal kendari sebagai berikut :

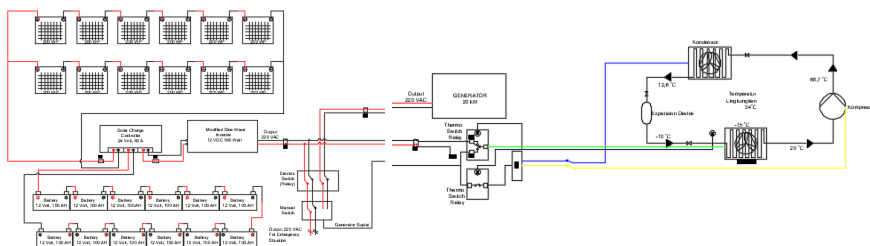
Tabel 4.24 Beban Generator

No.	Nama Komponen	Jumlah	Besar Daya (W)
1.	Power Refrigerator	1	3300
2.	Purse Siene Motor	1	11000
3.	Pompa Bilga	2	740
TOTAL			15040

Tabel 4.25 Beban yang di Berikan Pada Baterai

No.	Keterangan	Jumlah	Besar Daya (W)	Waktu Pemakaian (h)
1.	Fan Evaporator	1	330	4,4
2.	Lampu Navigasi	1	40	12
3.	Masthead Light	1	120	12
4.	Portside Light	1	60	12
5.	Starboard Light	1	60	12
6.	Stern Light	1	60	12
7.	Engine room Light	2	80	12
8.	Radio	1	150	24
9.	Fish Finder	1	100	8
TOTAL			1080	

Pada desain sistem yang dibuat, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4. Dibawah ini, kompresor dari refrigerator di suplai daya listrik oleh generator. Suplai listrik ke kompresor akan terputus secara otomatis oleh relay akibat pembatasan pendinginan ruangan pada *cold storage* sebesar -15°C . Pada suhu tersebut fan evaporator akan tetap hidup dengan suplai aliran listrik yang berasal dari baterai. Kompresor akan hidup kembali, ketika temperatur pada *cold storage* mengalami kenaikan hingga suhu -10°C . Perhitungan kenaikan temperatur dapat dilakukan dengan menggunakan rumus dibawah ini :



Gambar 4.15 Desain Sistem

- Waktu kenaikan temperatur dari -15°C menuju -10°C
Untuk dapat menghitung waktu kenaikan temperatur, terlebih dahulu melakukan perhitungan beban panas yang ada pada *cold*

storage. Beban motor evaporator juga harus dihitung pada perhitungan ini, karena pada kondisi ini fan evaporator tetap pada kondisi aktif.

Tabel 4.26 Data Perhitungan

a. Jumlah Ikan yang di simpan di setiap palkah			
- Masa ikan Tuna Palkah Nomor 1	=	328	kg
- Masa ikan Tuna Palkah Nomor 2	=	543	kg
- Masa ikan Tuna Palkah Nomor 3	=	500	kg
b. Temperatur Awal Ikan	=	27 °C	
c. Temperatur Akhir Ikan	=	-15 °C	
d. C Ikan tuna	=	3,43	kJ/kg.°C
e. CP ikan tuna setelah beku	=	2,19	kJ/kg.°C
f. Kalor laten pembekuan (hlf)	=	227	kJ/kg.°C

$$Q \text{ kenaikan suhu ikan beku} = m \times c \times \Delta T$$

$$\begin{aligned} Q_s. \text{ Produk 1} &= m \times c \times \Delta T \\ &= 328 \times 2,19 \times 5 \\ &= 3591,6 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_s. \text{ Produk 2} &= m \times c \times \Delta T \\ &= 543 \times 2,19 \times 5 \\ &= 5945,85 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_s. \text{ Produk 3} &= m \times c \times \Delta T \\ &= 500 \times 2,19 \times 5 \\ &= 5475 \text{ kJ} \end{aligned}$$

Q dari motor evaporator :

$$\text{Motor heat gain} = 621 \text{ watt (untuk daya motor 330 watt)}$$

(Sumber: refrigeration Load Chapter 12)

Maka,

$$Q_{\text{motor}} = 621 \text{ watt} = 0,621 \text{ kW}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned} Q_{\text{total}} &= Q_{\text{produk total}} + Q_{\text{wall}} + Q_{\text{atap}} + Q_{\text{motor}} \\ &= 1,651 \text{ kW} \end{aligned}$$

$$= 142676 \text{ kJ}$$

Dengan beban kalor diatas maka dapat dilakukan perhitungan waktu kenaikan temperatur dengan membagi besaran beban kalor dengan kapasitas pendinginan refrigerator sebagai berikut :

$$\begin{aligned} P &= W/t \\ t &= W/P \\ &= 142676 / 33,32234 \text{ kW} \\ &= 1,18 \text{ jam} \end{aligned}$$

Setelah mendapatkan waktu kenaikan temperatur pada *cold storage* maka dapat dilakukan perhitungan waktu pendinginan *cold storage* dari temperatur $-10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ menjadi $-15 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Untuk menghitung waktu kenaikan temperatur pada keadaan ini, kapasitas pendinginan yang digunakan berbeda dengan sebelumnya. Hal ini dikarenakan usaha yang dibutuhkan untuk mempertahankan temperatur pada $-10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ sesuai dengan project guide refrigerator yaitu sebesar 8,302 kW. Sehingga waktu penurunannya yaitu :

$$\begin{aligned} P &= W/t \\ t &= W/P \\ &= 142676 / 8,302 \\ &= 4,77 \text{ jam} \end{aligned}$$

Dengan penurunan temperatur per-satu derajat hingga $-15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ menambahkan waktu sebesar 0,11366 jam. Sehingga total waktu untuk mendinginkan *cold storage* agar kembali pada kondisi $-15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ yaitu 5,3 jam.

Dari perhitungan yang telah dilakukan diatas, dalam mencari waktu kenaikan dan waktu pendinginan *cold storage* dari $-10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ hingga $-15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ dapat dilakukan matriks pembebanan dari kapal ikan Kendari. Matrik pembebanan akan dilakukan dengan menggunakan tiga skenario, yaitu skenario ketika kapal dalam kondisi berangkat menuju *fishing spot*, kedua yaitu kondisi ketika kapal sedang melakukan *fish catching*, dan yang ketiga yaitu ketika kapal dalam kondisi *back to port* dengan muatan penuh. Lama perjalanan kapal ikan Kendari diasumsikan selama 5 hari. Berikut merupakan matriks pembebanan pada kapal ikan Kendari :

Tabel 4.27 Matriks Pembebanan Pada Generator

No.	Keterangan	Daya (Watt)	Waktu Operasional (jam)
1.	Hari ke-1 :		
	- Keberangkatan		
	➤ Pendinginan <i>cold storage</i> hingga -15°C	3300	4,6
	➤ Pendinginan <i>cold storage</i> dari -10 °C hingga -15°C	3300	5,3
	➤ Pendinginan <i>cold storage</i> dari -10 °C hingga -15°C	3300	5,3
2.	Hari ke-2,3 dan 4		
	- Penangkapan Ikan		
	➤ Penggunaan purse siene	11000	2
	➤ Pendinginan <i>cold storage</i> dari -10 °C hingga -15°C	3300	5,3
	➤ Pendinginan <i>cold storage</i> dari -10 °C hingga -15°C	3300	5,3
	➤ Pendinginan <i>cold storage</i> dari -10 °C hingga -15°C	3300	5,3
	➤ Pendinginan <i>cold storage</i> dari -10 °C hingga -15°C	3300	5,3
3.	Hari ke-5		
	- Back to port		
	➤ Pendinginan <i>cold storage</i> dari -10 °C hingga -15°C	3300	5,3
	➤ Pendinginan <i>cold storage</i> dari -10 °C hingga -15°C	3300	5,3
	➤ Pendinginan <i>cold storage</i> dari -10 °C hingga -15°C	3300	5,3

	➤ Pendinginan <i>cold storage</i> dari -10 °C hingga -15°C	3300	5,3
--	--	------	-----

Tabel 4.28 matrik Pembebanan Pada Baterai

No.	Keterangan	Daya (Watt)	Waktu Operasional (jam)
1.	Hari ke-1 :		
	- Keberangkatan		
	➤ Penggunaan Eco system pada van evaporator	330	1,1
	➤ Penggunaan Eco system pada van evaporator	330	1,1
	➤ Penggunaan Eco system pada van evaporator	330	1,1
	➤ Lampu Navigasi	40	12
	➤ Masthead Light	120	12
	➤ Portside Light	60	12
	➤ Starboard Light	60	12
	➤ Stern Light	60	12
	➤ Engine room Light	80	12
	➤ Radio	150	24
	➤ Fish Finder	100	8
2.	Hari ke-2,3, dan 4		
	- Penangkapan Ikan		
	➤ Lampu Navigasi	40	12
	➤ Masthead Light	120	12
	➤ Portside Light	60	12
	➤ Starboard Light	60	12
	➤ Stern Light	60	12
	➤ Engine room Light	80	12
	➤ Radio	150	24
	➤ Fish Finder	100	8
	➤ Penggunaan Eco system pada van evaporator	330	1,1

	➤ Penggunaan Eco system pada van evaporator	330	1,1
	➤ Penggunaan Eco system pada van evaporator	330	1,1
3.	Hari ke-5		
	- Back to port		
	➤ Lampu Navigasi	40	12
	➤ Masthead Light	120	12
	➤ Portside Light	60	12
	➤ Starboard Light	60	12
	➤ Stern Light	60	12
	➤ Engine room Light	80	12
	➤ Radio	150	24
	➤ Fish Finder	100	8
	➤ Penggunaan Eco system pada van evaporator	330	1,1
	➤ Penggunaan Eco system pada van evaporator	330	1,1
	➤ Penggunaan Eco system pada van evaporator	330	1,1

4.7 Analisa Ekonomis

Analisis ekonomi adalah kelayakan investasi apakah konversi yang dilakukan dapat memberikan hasil yang menguntungkan atau tidak, dengan cara memberikan skenario dan menghitung besarnya investasi yang dilakukan pada kapal.

Pada analisa ekonomi ini akan membandingkan kondisi kapal yang menggunakan referigerator sebagai alat pendingin dengan menggabungkan sistem panel surya dan kondisi kapal ketika menggunakan refrigerator dengan tidak menggunakan panel surya. Berikut merupakan skenario pertama ketika kapal menggunakan refrigerator dan menggunakan panel surya sebagai sistem eco.

Skenario 1

Pada skenario 1, yaitu ketika kapal menggunakan panel surya sebagai sistem eco pada mesin refrigerator. Panel surya berfungsi sebagai pengurangan beban pada generator kapal. Sehingga, pada skenario ini kapasitas dari generator kapal dilakukan perubahan yang berasal dari kapasitas 20 kW menjadi 15 kW. Hal yang sangat diperhatikan yaitu ketika melakukan pemilihan panel surya. Yang mana pada pemilihan panel surya dilakukan pemilihan tiga jenis panel surya yang berbeda kapasitasnya, yaitu panel surya tipe poly-crystalline dengan kapasitas 200 WP, 250

WP, dan 300 WP. Pemilihan dilakukan bukan hanya berdasarkan dari aspek ekonomis melainkan juga dari besaran dimensi panel surya. Berikut merupakan pemilihan panel surya :

Tabel 4.29 Pemilihan Panel Surya

No.	Panel Surya (WP)	EB	Jumlah PV	Harga/unit	Harga Investasi
1.	200	11852	12	Rp 2.300.000	Rp 27.600.000
2.	250	11852	10	Rp 2.875.000	Rp 28.750.000
3.	300	11852	8	Rp 3.900.000	Rp 31.200.000

Sehingga, panel surya yang terpilih dan ternilai paling ekonomis yaitu panel surya dengan kapasitas 200 WP seperti yang dapat dilihat pada tabel diatas.

Kemudian pemilihan yang perlu diperhatikan yaitu pada pemilihan baterai untuk menyimpan energi listrik dari panel surya. Adapun variasi dari kapasitas yang dipilih yaitu 100 AH, 150 AH, dan 200 AH dengan kapasitas yang harus dipenuhi yaitu sebesar 1200 AH. Berikut merupakan pemilihan baterai :

Tabel 4.30 Pemilihan Baterai

No.	Kapasitas Baterai (AH)	Total AH	Jumlah baterai	Harga/unit	Harga Investasi
1.	100	1200	12	Rp 2.100.000	Rp 25.200.000
2.	150	1200	8	Rp 3.675.000	Rp 29.400.000
3.	200	1200	6	Rp 4.560.000	Rp 27.360.000

Sehingga, kapasitas baterai yang terpilih dan ternilai paling ekonomis yaitu baterai dengan kapasitas 100 AH dengan total jumlah sebanyak 12 buah.

Maka, besarnya investasi pada skenario pertama yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.31 Total Investasi Pada Skenario 1

No.	Keterangan Alat	Jumlah	Harga Investasi
1.	Panel surya (200 WP)	12	Rp 27.600.000
2.	Mesin refrigerator	1	Rp 50.000.000
3.	Battery 12 V	12	Rp 25.200.000
4.	MPPT 80 A	1	Rp 1.380.000

5.	Inverter 500 Watt	1	Rp 1.678.000
6.	Thermostat	1	Rp 427.500
7.	No NC Relay	2	Rp 44.000
8.	Generator 15 kW	1	Rp 79.900.000
TOTAL			Rp 186.229.500

Skenario 2

Pada skenario 2, kapal pada kondisi menggunakan refrigerator tapi tidak menggunakan panel surya sebagai sistem eco. Hal ini akan sangat berpengaruh pada konsumsi bahan bakar dari generator. Adapun nilai investasi pada skenario 2 sebagai berikut :

Tabel 4.32 Total Investasi Pada Skenario 2

No.	Keterangan Alat	Jumlah	Harga Investasi
1.	Mesin refrigerator	1	Rp 50.000.000
2.	Generator 20kW	1	Rp 108.000.000
TOTAL			Rp 158.000.000

Secara biaya investasi, skenario 1 memiliki biaya yang lebih besar dibandingkan dengan biaya investasi pada skenario 2. Adapun besarnya perbedaan biaya investasi antara skenario 1 dan skenario dua sebesar Rp 28.229.500,-. Perbedaan biaya investasi terlihat pada biaya dari penambahan panel surya dan harga dari generator.

Jika dilihat dari biaya konsumsi bahan bakar skenario 2 memiliki konsumsi bahan bakar lebih tinggi dibandingkan pada skenario 1. Untuk mengetahui besaran biaya konsumsi bahan bakar dapat dilakukan perhitungan dengan persamaan dibawah ini :

Diketahui :

Power generator skenario 1 = 20 kW

Power generator skenario 2 = 15 kW

SFOC Gen. Skenario 1 = 6 liter / jam

SFOC Gen. Skenario 2 = 240 g/kW.h

Maka, dengan beban listrik sebesar 15,040 kW untuk generator pada skenario 1 dan 16,11 kW untuk genrator skenario 2 dapat dihitung jumlah konsumsi bahan bakar sebagai berikut :

Konsumsi bahan bakar generator **S.2** = 6 liter x lama perjalanan
= 6 x (24 x 5) liter
= 720 liter/trip

Konsumsi bahan bakar generator **S.1** = SFOC x beban maksimum
Generator x Jumlah waktu oprasional
= 240 gr/ kW.h x 15.040 kW x 111,2

$$\begin{aligned} & \text{jam} \\ & = 401 \text{ liter/trip} \end{aligned}$$

Dengan besarnya konsumsi bahan bakar diatas, maka dapat dilakukan konversi dengan harga minyak solar per bulan Juli berdasarkan PT. Pertamina. Berikut merupakan konversi harga minyak dengan besarnya konsumsi bahan bakar :

MINYAK SOLAR / HSD (High Speed Diesel)

HARGA DASAR HSD Solar Industri (wilayah I)	= Rp 11.750,-	Keterangan:
HARGA DASAR HSD Solar Industri (wilayah II)	= Rp 11.750,-	Area I : Sumatera, Jawa, Bali, Madura
HARGA DASAR HSD Solar Industri (wilayah III)	= Rp 11.850,-	Area II : Kalimantan
HARGA DASAR HSD Solar Industri (wilayah IV)	= Rp 12.000,-	Area III : Sulawesi, NTB
		Area IV : Maluku, NTT, Irian Jaya

(harga diatas belum termasuk PPN, PPH, dan PBBKB)

Gambar 16 Daftar Harga Minyak Solar
Sumber : (PT. Pertamina)

$$\begin{aligned} \text{Harga konsumsi bahan bakar skenario 2} & = 720 \text{ liter / trip} \times \text{Rp } 11.750,- \\ & = \text{Rp } 8.460.000,- \\ \text{Harga konsumsi bahan bakar skenario 1} & = 401 \text{ liter / trip} \times \text{Rp } 11.750,- \\ & = \text{Rp } 4.711.750,- \end{aligned}$$

Pada biaya konsumsi bahan bakar skenario 2 yang tanpa menggunakan panel surya memiliki biaya lebih besar sebesar Rp 3.748.250,-. Sehingga dapat dilakukan perhitungan kelayakan pada investasi yang dilakukan dengan asumsi perhitungan dalam jangka waktu satu tahun sebagai berikut :

Tabel 4.33 Perbandingan Selisih Biaya Bahan Bakar per-Tahun

Keterangan	Harga investasi	Selisih investasi	Biaya konsumsi bahan bakar per-tahun	Selisih biaya pengeluaran per-tahun
Investasi awal skenario 1	Rp 186.229.500	Rp 28.299.500	Rp 101.520.000	Rp 44.979.000
Investasi awal skenario 2	Rp 158.000.000		Rp 56.541.000	

Sehingga dapat dilihat pada Tabel 4.33 Diatas bahwa penggunaan sistem eco solar panel pada kapal ikan Kendari menjadi investasi yang baik untuk jangka panjang. Hal ini dikarenakan dalam jangka waktu kurang dari 1 tahun, biaya awal investasi sudah dapat dikembalikan dan mendapatkan keuntungan lebih besar dalam hal konsumsi bahan bakar untuk setiap tahunnya. Maka dapat dikatakan bahwa, gagasan penulis

memberikan solusi yang baik terhadap penghematan konsumsi bahan bakar kapal ikan Kendari 30 GT.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil perhitungan yang telah dilakukan oleh penulis terkait analisis teknis dan ekonomis pada desain *cold storage* pada kapal ikan tuna kendari 30 GT, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Perhitungan kebutuhan daya minimum untuk mesin refrigerator dilakukan dengan perhitungan perpindahan panas dari beban yang akan didinginkan dengan menggunakan Asas Black yaitu $Q_{lepas} = Q_{terima}$. Adapun nilai Q dihitung dari besarnya Q pada ruangan yang akan didinginkan, pengaruh insulasi pada lapisan ruangan, dan besarnya muatan produk yang dibawa. Adapun besaran minimum kapasitas pendinginan dari kapal Kendari yaitu sebesar 6,747 kW.
2. Jumlah panel surya ditentukan dari besarnya beban yang diberikan pada baterai. Perhitungan dapat dilakukan dengan menggunakan perhitungan
$$\frac{\text{Energi total pembebanan}}{\left(\frac{\text{Kapasitas panel surya terpilih}}{\text{Waktu pemanasan per hari}}\right)}$$
. Dari hasil pemilihan dan perhitungan jenis panel surya yang digunakan pada desain sistem penelitian ini yaitu berjenis poly-crystalline dengan kapasitas 200 WP dan 12 unit. Besaran daya yang dikeluarkan oleh panel surya dapat diketahui dengan melakukan perhitungan dengan jumlah panel surya x WP panel surya, yang didapatkan dari perhitungan sebesar 2400 Watt/jam
3. Pada analisa ekonomis penulis melakukan perbandingan antara kapal ikan Kendari ber-refrigerator dengan menggunakan panel surya dengan kapal ikan Kendari tanpa menggunakan panel surya. Setelah dilakukan perhitungan, maka didapatkan investasi awal yang berbeda antara kedua kondisi, yang mana pada skenario pertama investasi awal sebesar Rp 186.229.500,- dan untuk skenario kedua yang tanpa menggunakan panel surya sebesar Rp 158.000.000,-. Apabila dihitung secara jangka panjang maka skenario pertama dapat mengembalikan selisih modal awal investasi kurang dari satu tahun dan telah mendapatkan keuntungan penghematan bahan bakar pada tahun pertama kapal beroperasi. Adapun selisih biaya bahan bakar per-tahunnya sebesar Rp 44.979.000,-. Sehingga dapat dikatakan bahwa penelitian ini dapat memberikan solusi kepada kapal ikan Kendari untuk usaha penghematan konsumsi bahan bakar dengan investasi jangka panjang.

5.2 Saran

Berdasarkan dari hasil perhitungan yang telah dilakukan oleh penulis terkait analisis teknis dan ekonomis pada desain *cold storage* pada kapal ikan tuna kendari 30 GT, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan analisis teknis dan ekonomis pada desain yang dibuat, yaitu :

1. Dalam melakukan analisis yang berkaitan dengan analisis teknis dan ekonomis dengan objek penilitas berupa kapal ikan, yang mana data kapal yang digunakan pada penilitan ini memiliki ukuran lebih dari 30 GT akan lebih baik untuk menggunakan objek kapal yang jauh lebih besar ukuran *gross tonage* agar mendapatkan nilai ekonomis lebih besar untuk jangka panjang
2. Dalam melakukan pendesainan sistem yang serupa, yang mana pada penelitian ini menggunakan sistem *off-grid* pada sistem panel surya, untuk mendapatkan nilai ekonomis yang jauh lebih besar maka dapat dilakukan perhitungan dan perubahan sistem panel surya dengan menggunakan sistem on-grid pada objek kapal yang digunakan.
3. Melakukan usaha penghematan dengan teknologi lainnya seperti dengan penggunaan PCM untuk mengetahui besarnya nilai ekonomis dengan cara lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Limbon, Jonathan Marin., 2011. *Panel Surya*.
- Sibawi, 2014. *Teknik Refrigerasi*.
- Nur Aini, Nia, 2014. *Baterai / Accu.*, Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret
- Luyben, William L., 2017. *Estimating refrigeration costs at cryogenic temperatures.*, Bethlehem, USA. Department of Chemical Engineering, Lehigh University.
- Daffallah, K.O., Benganem, M., Alamri, S.N., Joraid, A.A., Al-Mashraqi, A.A., 2017. *Experimental evaluation of photovoltaic DC refrigerator under different thermostat settings*.
- Djaufani, Muh. Beny, 2015. *Perancangan dan Realisasi Kebutuhan Kapasitas Baterai untuk Beban Pompa Air 125 Watt Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. Bandung, Indonesia. Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional.
- Siagani, Saut, 2017. *PERHITUNGAN BEBAN PENDINGIN PADA COLD STORAGE UNTUK PENYIMPANAN IKAN TUNA PADA PT.X*. Jakarta Selatan, Indonesia. Teknik Mesin, UPN Veteran Jakarta.
- Balai Pendidikan dan Pelatihan Perikanan, 2012. *www.bppp-tegal.com* [Online] Available at : <http://www.bppp-tegal.com/v1/> [Accessed 21 April 2018]
- PT.Tugu Perdana, 2018. *Desain General Arrangement Kapal Ikan Kendari 30 GT*
- Bitzer, 2017. *www.bitzer.de* [Online] Available at: www.bitzer.de/id/en/condensing-units/ [Accessed 01 Juni 2018].
- Irianto, Hari Eko., 20005. *Teknologi Penanganan dan Penyimpanan Ikan Tuna Segar di atas Kapal*
- Kusumah, Aprilia Putri., Novita, Yopi., Soeboer, Deni A., 2015. *Performa Pelelehan Es Pada Bentuk Es yang Berbeda*. Departemen Pemanfaatan Sumber daya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor
- Wang, Shan K., *Handbook Of Air Conditioning and Refrigeration*

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

LAMPIRAN

a. Perhitungan GT Kapal Ikan Kendari

Prinsipal dimension Kapal Ikan Kendari			
Loa	:	23	meter
Lpp	:	19,02	meter
Lwl	:	17,48	meter
B	:	5	meter
H	:	1,6	meter
T	:	1,1	meter
Cb	:	0,568	meter
Vs	:	9	knot

$$\nabla = Lwl \times B \times T \times Cb$$

$$\nabla = 17,48 \times 5 \times 1,1 \times 0,568$$

$$\nabla = 54,06752 \text{ m}^3$$

$$\Delta = 54,06752 \times 1,025$$

$$\Delta = 55,97271 \text{ m}^3$$

▪ Perhitungan Freeboard Kapal

$$h = H - T$$

$$h' = h/2$$

dimana,

$$H = 1,6 \text{ meter}$$

$$T = 1,1 \text{ meter}$$

Maka,

$$h = 1,6 - 1,1$$

$$= 0,5 \text{ meter}$$

$$h' = 0,5/2$$

$$= 0,25 \text{ meter}$$

WL (m)	An (m ²)	FS	A*Fs
1,1	67,0146	1	67,0146
1,35	79,0326	4	316,1304
1,60	88,0426	1	88,0426

$\Sigma (A \cdot F_s)$	471,1876
------------------------	----------

$$\begin{aligned} V_{fb} &= 1/3 \times h' \times \Sigma (A \times F_s) \\ &= 1/3 \times 0,25 \times 471,1876 \\ &= 39,26563 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

▪ Perhitungan Volume Main Deck

$$V_{md} = p \times l \times t$$

Dimana,

$$p = 6,65 \text{ meter}$$

$$l = 2,32 \text{ meter}$$

$$t = 1,9 \text{ meter}$$

maka,

$$\begin{aligned} V_{md} &= 6,65 \times 2,32 \times 1,9 \\ &= 29,3132 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

▪ Perhitungan Volume Upper Deck

$$V_{ud} = p \times l \times t$$

Dimana,

$$p = 6,3 \text{ meter}$$

$$l = 2,82 \text{ meter}$$

$$t = 1,7 \text{ meter}$$

maka,

$$\begin{aligned} V_{ud} &= 6,3 \times 2,82 \times 1,7 \\ &= 30,2022 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

▪ Perhitungan Volume Galley Room

$$V_{gr} = p \times l \times t$$

Dimana,

$$p = 6,3 \text{ meter}$$

$$l = 1,18 \text{ meter}$$

$$t = 1,7 \text{ meter}$$

$$\text{Luasan Area Galley (PS)} = 1,5242 \text{ m}^2$$

$$\text{Luasan Area Galley (SB)} = 1,5242 \text{ m}^2$$

$$\text{Luasan Area Galley Mid} = 1,4218 \text{ m}^2$$

$$\text{Total Area} = 4,4702 \text{ m}^2$$

maka,

$$\begin{aligned} V_{gr} &= 6,3 \times 1,18 \times 1,7 \times 4,4702 \\ &= 56,49349 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Perhitungan Total GT Kapal

$$GT = K1 \times V_{total}$$

Dimana,

$$V_{total} = V_{disp} + V_{fb} + V_{md} + V_{up} + V_{gr}$$

$$K1 = 0,2 + 0,02 \text{ Log } 10 \times V_{total}$$

Maka,

$$\begin{aligned} V_{total} &= 54,60752 + 39,26563 + 29,3132 + 30,2022 + 56,49349 \\ &= 209,882 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K1 &= 0,2 + 0,02 \text{ Log } 10 \times 209,882 \\ &= 0,24644 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GT &= 0,24644 \times 209,882 \\ &= 51,72323 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Volume Ruang Palkah

- Perhitungan Ruang Palkah No.1

WL (m)	An (m ²)	FS	A*Fs
0,16	3,8146	1	3,8146
0,62	9,028	4	36,112
0,94	10,7658	2	21,5316
1,35	12,3288	4	49,3152
1,60	12,3288	1	12,3288
$\Sigma (A*Fs)$			123,1022

$$\begin{aligned} V. \text{ Ruang Palkah No.1} &= \frac{1}{3} \times h' \times \Sigma (A \times Fs) \\ &= \frac{1}{3} \times 0,16 \times 123,1022 \\ &= 6,565451 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Perhitungan Ruang Palkah No.2

WL (m)	An (m ²)	FS	A*Fs
0,16	10,1438	1	10,1438
0,62	17,1202	4	68,4808
0,94	17,7698	2	35,5396
1,35	17,9626	4	71,8504
1,60	17,9626	1	17,9626
$\Sigma (A*Fs)$			203,9772

$$\begin{aligned} V. \text{ Ruang Palkah No.2} &= \frac{1}{3} \times h' \times \Sigma (A \times Fs) \\ &= \frac{1}{3} \times 0,16 \times 203,9772 \end{aligned}$$

$$= 10,87878 \text{ m}^3$$

▪ Perhitungan Ruang Palkah No.3

WL (m)	An (m ²)	FS	A*Fs
0,16	9,6496	1	9,6496
0,62	15,8408	4	63,3632
0,94	16,3014	2	32,6028
1,35	16,4162	4	65,6648
1,60	16,4162	1	16,4162
		$\Sigma (A*Fs)$	187,6966

$$\begin{aligned} \text{V. Ruang Palkah No.3} &= 1/3 \times h' \times \Sigma (A \times Fs) \\ &= 1/3 \times 0,16 \times 187,6966 \\ &= 10,01049 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Sehingga jumlah volume ruang palkah kapal ikan kendari sebesar $27,45472 \text{ m}^3$.

c. Perhitungan Kapasitas Pendinginan

$$- Q_{\text{wall}} = A(\Delta T) / (1/h_a + x_1/k_1 + x_2/k_2 + x_3/k_3 + 1/h_b)$$

Dimana,

A = Luasan dari dinding ruang palkah

ΔT = Temp. Lingkungan – Temp. Ruang Palkah

ha/hb = Koefisien perpindahan panas konveksi permukaan dinding
($8,3 \text{ m}^2\text{K/W}$)

k = Koefisien perpindahan panas konveksi material insulasi

Adapun data luasan dinding sebagai berikut :

Luas dinding Ruang Palkah No.1	=	5,355 m^2
Luas dinding Ruang Palkah No.2	=	5,852 m^2
Luas dinding Ruang Palkah No.3	=	5,32 m^2
Luas total	=	33,054 m^2

$$Q_{\text{wall}} = \frac{(33,054) \times (29 - (-15))}{\left(\frac{1}{8,3} + \frac{0,05}{0,043} + \frac{0,1}{0,04} + \frac{1}{8,3}\right)}$$

$$= 0,372558 \text{ kW}$$

- $Q_{\text{atap}} = A(\Delta T) / (1/h_a + x_1/k_1 + x_2/k_2 + x_3/k_3 + 1/h_b)$
 Dimana,
 A = Luasan dari atap ruang palkah
 ΔT = Temp. Lingkungan – Temp. Ruang Palkah
 h_a/h_b = Koefisien perpindahan panas konveksi permukaan atap
 ($6,1 \text{ m}^2\text{K/W}$)
 k = Koefisien perpindahan panas konveksi material insulasi

Adapun data luasan dinding sebagai berikut :

Luas Atap ruang Palkah No.1	=	15,312	m^2
Luas Atap ruang Palkah No.2	=	16,846	m^2
Luas Atap ruang Palkah No.3	=	13,973	m^2
Luas total	=	46,131	m^2

$$Q_{\text{atap}} = \frac{(33,054) \times (29 - (-15))}{\left(\frac{1}{6,1} + \frac{0,05}{0,043} + \frac{0,1}{0,04} + \frac{1}{6,1}\right)}$$

$$= 0,508629 \text{ Kw}$$

- Q_{produk}

6. Jumlah ikan yang di simpan pada setiap palkah
- Masa ikan tuna pada palkah no.1 328 kg
- Masa ikan tuna pada palkah no.2 543 kg
- Masa ikan tuna pada palkah no.3 500 kg
7. Temperatur Ikan 27°C
8. Koefisien ikan tuna $3,43 \text{ kJ/kg. }^\circ\text{C}$
9. CP ikan tuna $2,19 \text{ kJ/kg. }^\circ\text{C}$
10. Kalor laten ikan tuna $227 \text{ kJ/kg. }^\circ\text{C}$

- Q.produk pada suhu awal

$$\begin{aligned} Q.\text{produk} &= m \times c \times \Delta T \\ &= \text{massa ikan tiap palkah} \times \text{koefisien ikan} \times \text{perubahan suhu} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q.\text{produk 1} &= 328 \times 3,43 \times (27-0) \\ &= 30376,08 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q.\text{produk 2} &= 543 \times 3,43 \times (27-0) \\ &= 50287,23 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q.\text{produk 3} &= 500 \times 3,43 \times (27-0) \\ &= 46305 \text{ kJ} \end{aligned}$$

- QL produk pada kondisi laten ikan tuna

$$\begin{aligned} QL \text{ produk} &= m \times L \\ &= \text{massa ikan tiap palkah} \times \text{kalor laten ikan tuna} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} QL \text{ produk 1} &= 328 \times 2,19 \\ &= 74456 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} QL \text{ produk 2} &= 543 \times 2,19 \\ &= 123261 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} QL \text{ produk 3} &= 500 \times 2,19 \\ &= 113500 \text{ kJ} \end{aligned}$$

- Qs produk pada kondisi ikan tuna membeku

$$\begin{aligned} Qs \text{ produk} &= m \times c \times \Delta T \\ &= \text{massa ikan tiap palkah} \times \text{koefisien ikan} \times \text{perubahan suhu} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Qs \text{ produk 1} &= 328 \times 227 \times 15 \\ &= 10774,8 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Qs \text{ produk 2} &= 543 \times 227 \times 15 \\ &= 17837,55 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Qs \text{ produk 3} &= 500 \times 227 \times 15 \end{aligned}$$

$$= 16425 \text{ kJ}$$

$$\begin{aligned} \text{Total } Q_{\text{produk ikan tuna}} &= 483222,7 \text{ kJ} \\ &= 5592,855 \text{ Watt} \\ &= 5,592855 \text{ kW} \end{aligned}$$

Sehingga, Q_{total} untuk kapasitas pendinginan yaitu sebesar 6,474042

- Perhitungan Kapasitas Pendinginan dan COP

Tekanan di evaporator	=	1,639	bar
Pkompresor	=	3,3	Kw
Temp. Suction	=	20	°C
Temp. Discharge	=	68,7	°C
Temp. Evaporasi	=	-15	°C
Temp. Kondensasi	=	12,6	°C

h1 =	261,675	kJ/kg	T.h1	=	20	°C	P.h1 =	5,722	bar
h2 =	280,748	kJ/kg	T.h2	=	68,7	°C	P.h2 =	20,652	bar
h3 =	69,082	kJ/kg	T.h3	=	12,6	°C	P.h3 =	20,652	bar
h4 =	69,082	kJ/kg	T.h4	=	-15	°C	P.h4 =	1,639	bar

$$P_{\text{kompresor}} = 3,3 \text{ kW}$$

$$\begin{aligned} m &= \frac{P_{\text{kompresor}}}{h_2 - h_1} \\ &= 3,3 / (280,748 - 261,675) \\ &= 0,173019 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_e &= m (h_1 - h_4) \\ &= 0,173019 \times (261,675 - 69,082) \end{aligned}$$

$$= 33,32234 \text{ kW}$$

$$\begin{aligned} \text{COP}_{\text{aktual}} &= \frac{Q_e}{P_{\text{kompresor}}} \\ &= \frac{33,32234}{3,3} \\ &= 10,09768 \end{aligned}$$

d. Perhitungan Panel Surya

$$\begin{aligned} \text{ET} &= \text{EB} \times \text{safety factor} \\ \text{Dimana,} \\ \text{ET} &= \text{Energi total beban (Wh)} \\ \text{EB} &= \text{Energi beban (Wh)} \\ \text{sf} &= 20\% \\ \text{maka,} \\ \text{EB} &= 11852 \quad \text{wh} \qquad \qquad 493,8333 \end{aligned}$$

sehingga, didapatkan kebutuhan daya sebesar 6480 Wh/hari atau sebesar 270 watt/hour

maka, dapat dihitung jumlah panel surya yang digunakan sebagai berikut :

- panel surya 1 (200WP)

$$\begin{aligned} \text{Panel surya} &= \text{Energi total} / \text{wp panel surya} \\ &= 9960 / 200 \\ &= 49,8 \quad \text{unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panel surya} &= \text{Jumlah unit} / \text{waktu pemanasan per hari} \\ &= 49,8 / 5 \\ &= 9,96 \quad \text{jam} \\ &= 11,852 \quad \text{unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panel surya} &= \text{Jumlah unit} \times 1,5 \text{ (Minimal daya Otonomi)} \\ &= 11,852 \times 1,5 \\ &= 17,778 \quad \text{unit} \end{aligned}$$

sehingga, untuk mengetahui watt per satu jam pemanasan yaitu jumlah unit x wp

$$= 17,778 \times 2400 \text{ watt/hour} = 42667,2 \text{ wh}$$

- panel surya 2 (250WP)

$$\begin{aligned} \text{Panel surya} &= \text{Energi total} / \text{wp panel surya} \\ &= 9960 / 250 \\ &= 39,84 \quad \text{unit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & 47,408 \quad \text{unit} \\
 \text{Panel surya} &= \text{Jumlah unit} / \text{waktu pemanasan per hari} \\
 &= 39,84 / 5 \\
 & \quad \text{jam} \\
 & 9,4816 \quad \text{unit} \\
 \text{Panel surya} &= \text{Jumlah unit} \times 1,5 \text{ (Minimal daya Otonomi)} \\
 &= 12,96 \times 1,5 \\
 & 14,2224 \quad \text{unit} \\
 \text{sehingga, untuk mengetahui watt per satu jam pemanasan yaitu jumlah unit} &\times \text{wp} \\
 = & \\
 & 2500 \quad \text{watt/hour} \quad = \quad 12500 \quad \text{wh}
 \end{aligned}$$

- panel surya3 (300WP)

$$\begin{aligned}
 \text{Panel surya} &= \text{Energi total} / \text{wp panel surya} \\
 &= 9960 / 300 \\
 & 39,50666667 \quad \text{unit} \\
 \text{Panel surya} &= \text{Jumlah unit} / \text{waktu pemanasan per hari} \\
 &= 33,2 / 5 \\
 & \quad \text{jam} \\
 & 7,901333333 \quad \text{unit} \\
 \text{Panel surya} &= \text{Jumlah unit} \times 1,5 \text{ (Minimal daya Otonomi)} \\
 &= 12,96 \times 1,5 \\
 & 11,852 \quad \text{unit} \\
 \text{sehingga, untuk mengetahui watt per satu jam pemanasan yaitu jumlah unit} &\times \text{wp} \\
 = & \\
 & 2400 \quad \text{watt/hour} \quad = \quad 12000 \quad \text{wh}
 \end{aligned}$$

Pemilihan panel surya berdasarkan nilai ekonomis :

Setelah menghitung jumlah panel surya yang digunakan maka selanjutnya yaitu menghitung besarnya inverter yang akan digunakan pada rangkaian. Menghitung inverter dilakukan terlebih dahulu sebelum menentukan pemilihan baterai agar baterai mengikuti besaran tegangan input yang dibutuhkan oleh inverter. Berikut merupakan perhitungannya dengan asumsi efisiensi inverter 90% :

$$\begin{aligned}
 \text{Inverter} & \\
 = & \quad \text{ET/hour} \\
 &= 1128 / 24 \\
 &= 493,8333333 \quad \text{watt}
 \end{aligned}$$

sehingga dapat digunakan inverter 500watt dalam rangkaian dengan tegangan input sebesar 12V

maka, kapasitas baterai dapat dihitung sebagai berikut:

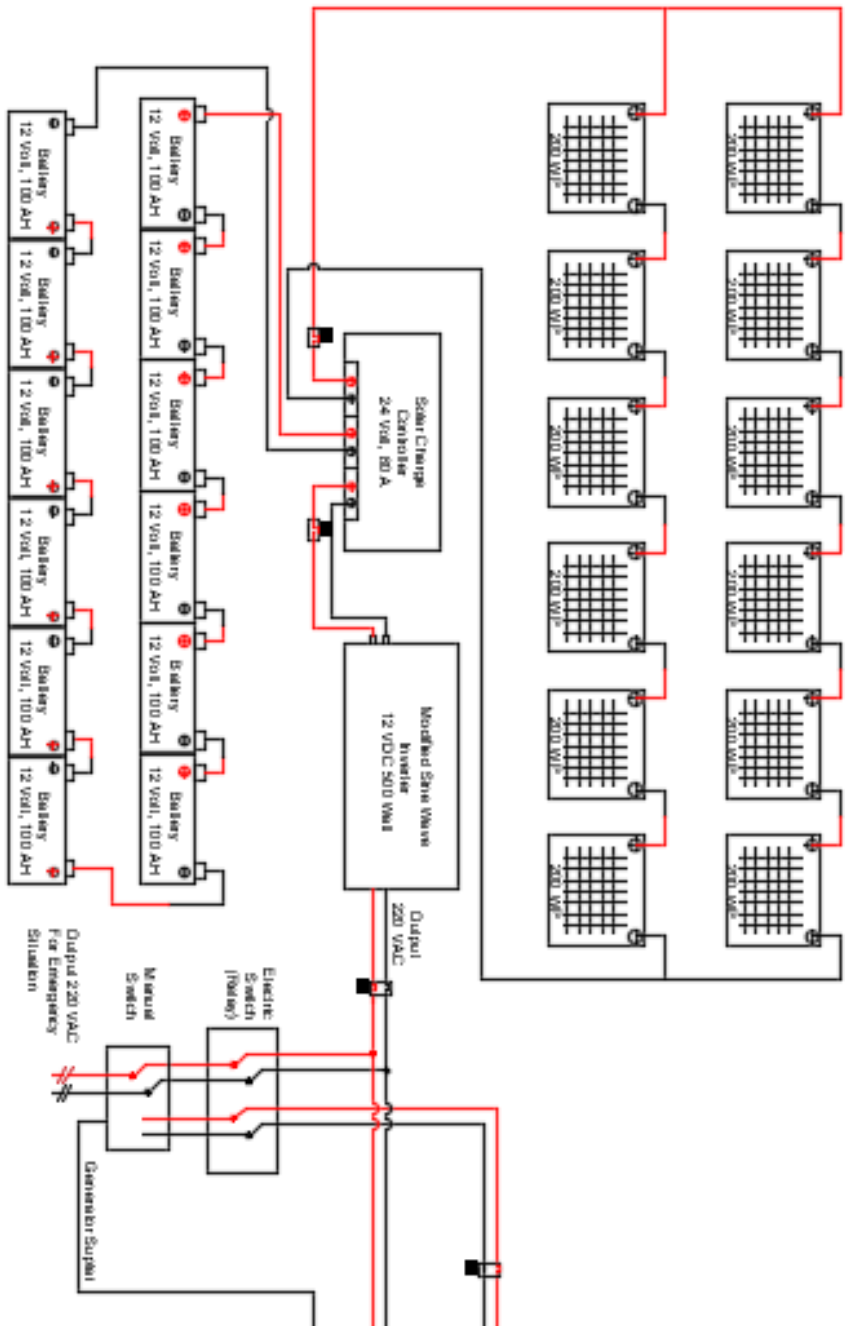
$$\begin{aligned}
 P &= V \times i \\
 i &= P/V \\
 &= 1128/12 \\
 &= 987,6666667 \text{ AH}
 \end{aligned}$$

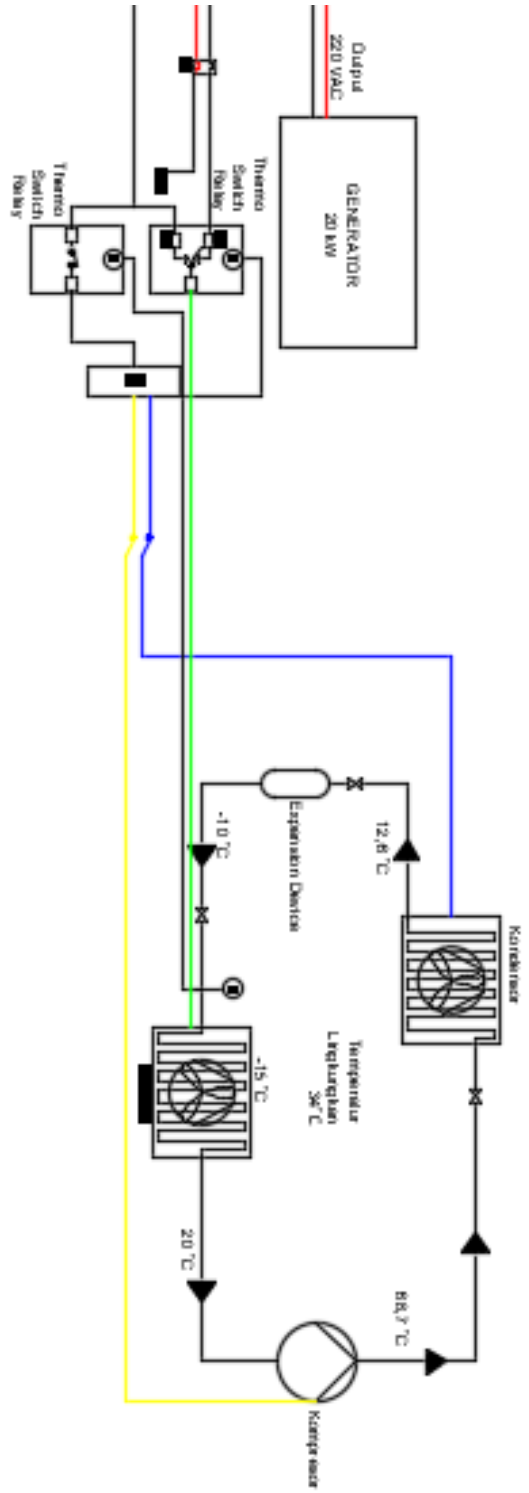
Hari otonomi yang ditentukan adalah satu hari, jadi baterai hanya menyimpan energi dan menyalurkannya pada hari itu juga. Besarnya deep of discharge (DOD) pada baterai adalah 80% (Mark Hankins, 1991: 68).

$$\begin{aligned}
 C_b &= (AH \times \text{day})/DOD \\
 &= (1128/1)/0,8 \\
 &= 1234,583333 \text{ AH}
 \end{aligned}$$

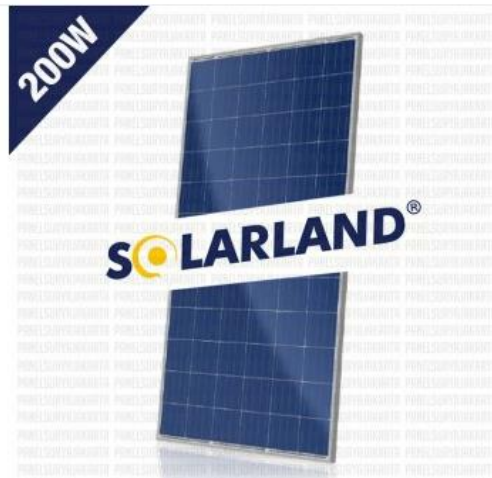
Perhitungan solar battery charge regulator :

$$\begin{aligned}
 \text{Kapasitas perhitungan MPPT} &= \text{Jumlah panel surya} \times I_{sc} \\
 &= 12 \times 6,5 \text{ A} \\
 &= 78 \text{ A}
 \end{aligned}$$





Panel Surya 200WP Polycrystalline Solarland



Spesifikasi	Keterangan
Max. Power (Pmax)	200W
Max. Power Voltage (Vmp)	34.4V
Max. Power Current (Imp)	5.81A
Open Circuit Voltage (Voc)	43.2V
Short Circuit Current (Isc)	6.50A
Power tolerance	±5%
Max. System Voltage	1000Vdc
Weight	20Kg
Dimension (mm)	1440 x 1030 x 95



MAIN SPECIFICATIONS

Nominal power	20 kW at 1.500 RPM
Peak power	200 %
Nominal voltage	230 V - 87 A
Output frequency	50 Hz
Power factor / cos phi	1
Voltage tolerance	± 2%
Frequency tolerance (Hz)	± 3%
Voltage regulation	AVR
Starter battery	12 V / 145 Ah (Optional)
Battery charge current	alternator 50 A
Alternator	air-cooled, no brushes, synchronous
Sound level	58 dBA at 7 meters



BITZER Output data

Created on : 16.04.2018 09:20:34

	BITZER Software v6.7.0 rev1921	16.04.2018 / All data subject to change.	4 / 6
---	--------------------------------	--	-------

Selection: Condensing Units

Input Values

Unit type	LH24G462S-4Y	Useful superheat	100%
Series	Standard	Operating mode	Auto
Refrigerant	R134a	Power supply	480V~3-60Hz
Reference temperature	Cond. point temp.	Capacity Control	100%
Suction gas temperature	20,00 °C		

Result

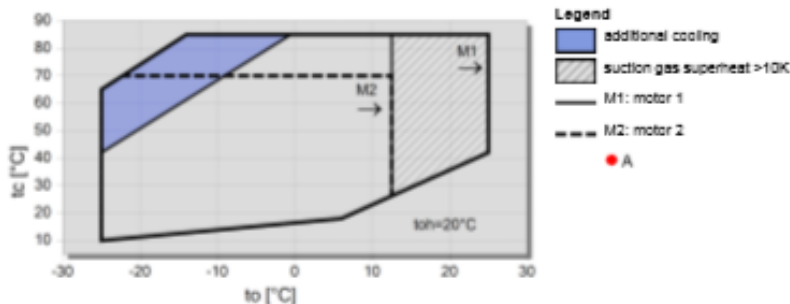
Q [kW]	Cooling capacity	Op.	Operating mode
P [kW]	Power input	to [°C]	Condensing SOT
I [A]	Current	toou [K]	subcooling
m [kg/h]	Mass flow		

temp	to	10 °C	5 °C	0 °C	-5 °C	-10 °C	-15 °C	-20 °C	-25 °C
27 °C	Q [kW]	17008	14708	12668	10882	8959	7213	5755	4458
	P [kW]	5,74	5,11	4,58	4,08	3,61	3,20	2,83	2,49
	I [A]	7,75	6,99	6,33	5,75	5,28	4,84	4,45	4,10
	m [kg/h]	443	388	330	243	193,2	154,5	120,4	92,0
	Op.	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
to [°C]	55,1	51,3	47,5	44,5	41,7	39,0	36,5	34,5	
toou [K]	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	
32 °C	Q [kW]	16024	13923	11914	10032	8302	6741	5358	4158
	P [kW]	5,98	5,33	4,74	4,21	3,73	3,30	2,90	2,54
	I [A]	8,04	7,25	6,55	5,93	5,40	4,94	4,55	4,23
	m [kg/h]	438	359	294	235	190,4	150,3	118,8	93,7
	Op.	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
to [°C]	55,7	51,1	46,5	43,7	40,9	38,5	36,3	34,4	
toou [K]	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	
43 °C	Q [kW]	13523	11998	10241	8591	7073	5701	4488	3428
	P [kW]	6,48	5,75	5,10	4,51	3,97	3,47	3,02	2,61
	I [A]	8,84	7,77	6,95	6,37	5,85	5,31	4,88	4,49
	m [kg/h]	415	343	280	225	179,0	140,1	107,5	80,5
	Op.	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard
to [°C]	66,9	63,7	60,7	58,0	55,5	53,2	51,2	49,5	
toou [K]	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,94	

-- No calculation possible (see message in single point selection)

*Power input compressor, power input fan see "T. Data"

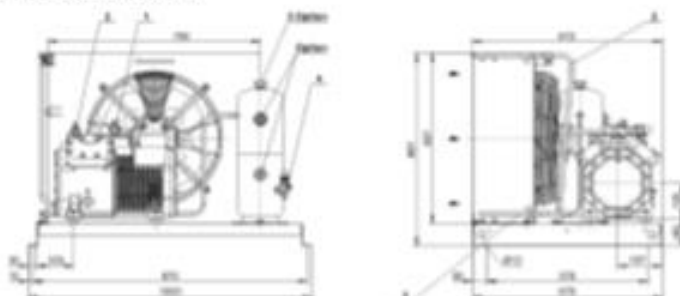
Application Limits





Technical Data: LH64E/4EE S-4Y

Dimensions and Connections



Technical Data

Technical Data

Weight	142 kg
Total width	1000 mm
Total depth	672 mm
Total height	687 mm
Connection suction line	28 mm - 1 1/8"
Connection liquid line	12 mm - 1/2"
Fans: Number	1x80
Voltage (more on request)	230V-1-60Hz (Standard)
Current / Power consumption of each fan	1,8 A / 330 W
Air flow condenser 50Hz	4300 m³/h
Voltage (more on request)	230V-1-60Hz (Standard)
Current / Power consumption of each fan	1,8 A / 330 W
Air flow condenser 60Hz	3100 m³/h
Coil Volume	1,05 dm³
Receiver type (Standard)	F8076
Max. refrigerant charge 90% at 20°C / 68°F	
R22	8,8 kg
R134a	8,8 kg
R407C	8,1 kg
R404A/R507A	7,8 kg
R407A	
R407F	
Receiver type (Option)	F812S
R22	14,2 kg
R134a	14,3 kg
R407C	13,6 kg
R404A/R507A	12,5 kg

Extent of delivery (Standard)

Discharge line	Standard
Protective charge	Standard

Available Options

Oil separator	Option
Check valve	Option
High & low pressure switch	Option
Dressed unit	Option
Weather protective housing	Option
Fans: elect. Speed control	Option

Sound measurement

Data of compressors: see compressor program

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Muhamad Mego Senatung, merupakan putra pertama dan anak tunggal dalam keluarga. Ayah dari penulis bernama Eddy Sofyan dan Ibu dari penulis bernama Sri Suratmi. Lahir pada tanggal 09 September 1995, di kota Balikpapan, Kalimantan Timur. Penulis telah menyelesaikan jenjang pendidikan formal dasar di SDL YBBS Kota Balikpapan, jenjang menengah pertama di SMP Negeri 3 Kota Balikpapan, jenjang menengah atas di SMA Negeri 5 Kota Balikpapan, dan melanjutkan pendidikan tinggi di Departemen Teknik Sistem Perkapalan Program Reguler, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya di bidang *Laboratory of Fluid and Machenery System* (MMS). Penulis pernah menjalankan *on the job training* di beberapa perusahaan yaitu PT. PALINDO MARINE di Kota Batam dan PT. Trans-Pacific Petrochemical Indotama, Tuban. Penulis juga aktif dalam mengikuti anggota bagian dari sebuah even yang mana telah di ikuti sebagai *event organizer commite* pada Lempps Camp 2013, *marine diesel assembling commite* pada Marine Icon 2015, dan *event organizer commite* pada MARVEST. Selain itu, penulis telah mengikuti pelatihan dalam kegiatan pengembangan *softskills* seperti Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa Pra Tingkat Dasar dan *Corotion Analysis*. Penulis dapat dihubungi melalui muhmegosenatung@gmail.com.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”