

BAB III

PERANCANGAN

3.1 IDENTIFIKASI PERILAKU NELAYAN

Penjelasan tentang perilaku nelayan diperlukan untuk memperoleh data-data yang akan mengoptimalkan desain yang dibuat. Hal ini penting karena tanpa data-data tentang perilaku nelayan, maka desain yang dibuat tidak bisa diterapkan di lapangan. Oleh karena itu untuk memperoleh data-data ini dilakukan survey dan wawancara di lapangan tepatnya di pelabuhan nelayan tradisional Muara Angke, Teluk Jakarta. Berikut data-data yang dapat menjelaskan perilaku nelayan di lapangan :

- Lama perjalanan berlayar selama pulang-pergi adalah 7 hari.
- Dimensi lambung kapal yang nelayan pakai saat ini sebesar 9 m (panjang) x 4 m (lebar) x 2 m (tinggi).
- Ukuran palka yang nelayan pakai saat ini rata-rata 4 m (panjang) x 2 m (lebar) x 1,5 (tinggi) dengan kebutuhan 40 balok es. Berat 1 balok es adalah 60 kg.
- Nelayan biasanya berangkat dari pelabuhan jika kondisi cuaca tidak hujan karena ketika kondisi cuaca hujan, nelayan berasumsi posisi ikan saat itu masih jauh dibawah permukaan laut sehingga diprediksi tangkapan ikan akan sedikit.
- Nelayan akan tetap berlayar meskipun ketika perjalanan berlayar tiba-tiba hujan. Hal ini karena nelayan sudah mengeluarkan investasi yang cukup besar dalam membeli es balok, bahan bakar solar dan stok makanan bagi nelayan. Jadi akan menyebabkan kerugian besar jika mereka memutuskan kembali ke pelabuhan jika kondisi cuaca hujan.
- Nelayan biasanya menangkap ikan dengan meletakkan jaring ikan pada jam 16.00 WIB dan akan menariknya kembali pada jam 01.00 WIB. Ketika jaring ditarik, kondisi ikan telah mati.
- Nelayan tradisional menganggap penggunaan *cold storage* lebih menguntungkan mereka dari segi biaya operasional berlayar mereka karena mereka tidak perlu mengeluarkan biaya untuk membeli es balok, tapi mereka mengakui tidak cukup memadai dari finansial dalam pembelian satu unit (*initial cost*) dan pengetahuan tentang pengoperasian *cold storage* nelayan juga diakui

kurang memahami tentang penerapan teknologi tersebut apalagi jika *cold storage* yang menggunakan teknologi tenaga surya.

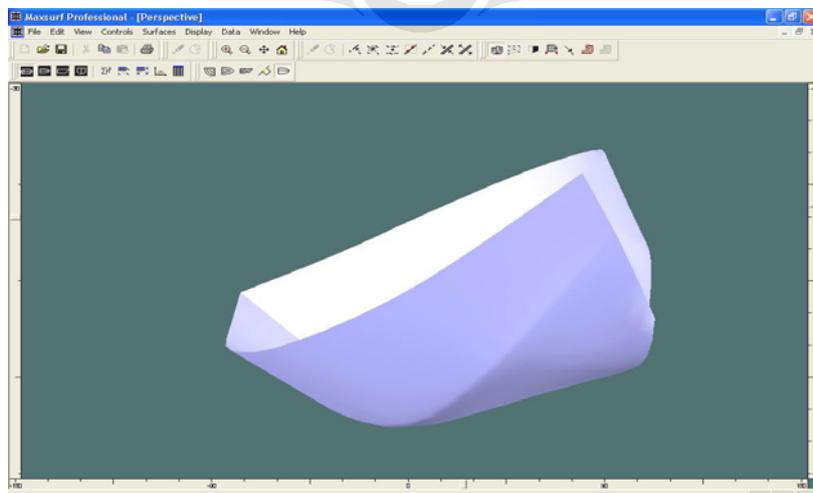
- Jenis-jenis tangkapan ikan yang mereka peroleh pada saat berlayar adalah ikan kakap, ikan tenggiri, ikan tongkol dan ikan manyung

Dari seluruh identifikasi perilaku nelayan didapatkan maka kan dapat dijadikan referensi dalam perhitungan dalam perancangan *solar cold storage* sehingga desain yang dibuat menjadi layak untuk diterapkan di lapangan.

3.2 KONSEP DESAIN

Cold storage merupakan ruang yang dibuat untuk menjaga dan menurunkan temperatur produk beserta kelembapannya, dimana dalam perancangan ini produk yang ditampung adalah ikan dan diletakkan dalam perahu-perahu nelayan. Ukuran *cold storage* yang akan dirancang adalah sesuai dengan kondisi perahu nelayan yang disurvei di lapangan tepatnya kapal nelayan tradisional di pelabuhan Muara Angke, Teluk Jakarta. Ukuran panjang, lebar dan tinggi ruang *cold storage* perahu nelayan berturut-turut adalah 2.5 m x 2 m x 1,5 m, dengan volume 7,5 m³ dengan kapasitas dari *cold storage* ini adalah bisa mencapai 100 kg. Ukuran ini diambil dengan pertimbangan sudah dikurangi dengan besar ukuran es balok yang dipakai pada palkah nelayan saat ini yakni 4 m x 2 m x 1.5 m.

Cold storage ini nantinya akan diletakkan pada perahu nelayan tradisional dengan ukuran panjang, lebar dan tinggi perahu berturut-turut adalah: 9 m x 4 m x 2 m. Ukuran ini diambil dengan pertimbangan dasar bahwa desain yang dibuat sesuai dengan ukuran kapal yang dipakai nelayan saat ini. Berikut gambaran 3D dan 2D lambung kapal yang akan dipasang *solar cold storage* :



Gambar 3.1 Kapal desain (digambar ulang dengan *software* Maxsurf)



Gambar 3.2 Kapal referensi desain di Pelabuhan Muara Angke

Daya yang digunakan mendinginkan ruangan *cold storage* adalah listrik. Sedangkan pembangkit listrik yang digunakan untuk mendinginkan *cold storage* ini adalah dari radiasi sinar matahari. Sehingga tujuan dari perancangan ini adalah mendapatkan rancangan *cold storage* sebagai tempat penyimpanan ikan dengan kapasitas maksimal 100 kg dengan sumber tenaga adalah dari radiasi sinar matahari.

3.2.1 Komponen *Solar Cold Storage*

3.2.1.1 Kompresor

Kompresor merupakan komponen terpenting dalam proses refrigerasi. Fungsi dari alat ini adalah mengkompresi uap, selain itu juga mengalirkan refrigerant agar bisa terus bersirkulasi. Yaitu, tidak hanya melakukan kompresi pada tekanan tinggi, tetapi juga menimbulkan tekanan rendah yang masuk ke kompresor sehingga refrigerant dapat mengalir dari satu komponen ke komponen lainnya. Kriteria dari kompresor yang akan dipilih adalah:

- Kompresor yang digunakan harus mampu menghasilkan beban pendinginan pada evaporator sesuai dengan beban pendinginan yang digunakan.
- Daya input merupakan arus searah (DC) dengan diusahakan serendah mungkin. Sebab semakin besar daya listrik yang digunakan, maka biaya listrik yang digunakan juga semakin mahal.

- Bentuk dan ukuran kompresor harus seringkis mungkin sehingga tidak menghabiskan banyak tempat dalam ruang mesin.
- Harga kompresor tidak boleh terlalu mahal karena berpengaruh terhadap harga dari unit *Solar Cold Storage*

3.2.1.2 Evaporator

Evaporator adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengambil kalor dari sistem sehingga suhu sistem menjadi turun sehingga menjaga temperatur dan kelembaban dalam ruangan *cold storage*. Dalam *cold storage*, evaporator di taruh di atas *cold storage*. Hal ini karena memanfaatkan sifat dari udara dingin yang memiliki density/berat jenis yang rendah, sehingga udara dingin turun ke dasar *cold storage*, sedangkan udara panas yang memiliki density yang tinggi, naik ke atas ruangan sehingga terserap oleh evaporator untuk dibuang ke lingkungan. Beberapa kriteria yang harus dipenuhi dalam memilih evaporator *cold storage* adalah:

- Bentuk evaporator harus seringkis mungkin agar tidak menghabiskan banyak tempat.
- Dapat menjaga suhu dan kelembaban dalam *cold storage*.
- Perawatan evaporator harus mudah dilakukan serta suku cadangnya banyak tersedia (tidak langka).
- Penempatan evaporator harus tepat sehingga distribusi temperatur dalam *cold storage* dapat merata.

3.2.1.3 Kondenser

Kondenser merupakan alat yang berfungsi untuk membuang panas dari sistem ke lingkungan. Alat ini juga berfungsi untuk merubah refrigerant dari fasa gas ke fasa cair. Refrigerant inilah yang digunakan untuk mengeluarkan kalor yang diserap dari evaporator dan kalor yang dihasilkan kompresor. Performa pengambilan kalor oleh refrigerant di evaporator tergantung pada kinerja dari kondenser yang digunakan. Oleh karena itu, spesifikasi dari kondenser yang akan digunakan adalah:

- Kondenser harus mampu mendinginkan refrigerant sehingga refrigerant menjadi cair kembali dan bahkan harus mampu mendinginkan refrigerant hingga mencapai temperatur *subcool*-nya sesuai dengan yang diinginkan.
- Ukuran kondenser harus menyesuaikan dengan tempat penyimpanannya.

- Temperatur kondensasi harus serendah mungkin dengan batas ukuran yang telah ditentukan.
- Daya listrik untuk kipas kondenser harus juga serendah mungkin untuk memangkas biaya produksi.
- Pembuangan panas dari kondenser harus langsung ke udara bebas. Sebab jika tidak maka temperatur ruangan akan menjadi panas dan akibatnya kinerja mesin-mesin pendingin tidak lagi optimal.

3.2.1.4 Refrigerant

Refrigerant merupakan pendingin yang di sirkulasi dalam sistem refrigerasi. Pemilihan refrigerant yang tepat, sangat dibutuhkan sehingga rancangan menjadi ideal. Maka itu kriteria dari refrigerant yang akan digunakan adalah:

- Refrigerant harus mempunyai beban refrigerasi yang cukup bagus ketika menyerap kalor dari lingkungan.
- Refrigerant harus memiliki indeks *Ozon Depletion Potential* (ODP) dan *Halocarbon Global Warming Potential* (HGWP) yang rendah dan bila perlu indeksnya harus sama dengan nol.
- Refrigerant yang digunakan tidak beracun dan aman bagi makhluk hidup jika terjadi kebocoran.
- Harga refrigerant sebaiknya relatif murah dan mudah didapat mengingat *cold storage* digunakan dalam perahu nelayan tradisional.
- Tekanan kerja pada evaporator dan kondenser sebaiknya tidak terlalu tinggi sehingga karena akan menyebabkan terjadinya kebocoran akibat ketidakmampuan material yang digunakan.

3.2.1.5 Modul Fotovoltaik

Modul Fotovoltaik merupakan alat yang menangkap radiasi sinar matahari yang kemudian dikonversi menjadi listrik. Kriteria yang hendaknya dijadikan acuan dalam pemilihan modul ini adalah:

- Daya yang dihasilkan dari modul fotovoltaik.
- Tegangan dan arus yang digunakan dari modul fotovoltaik.
- Ukuran dan berat modul fotovoltaik hendaklah kecil, mengingat tempat instalasinya terbatas.

3.2.1.6 Batere

Batere merupakan alat untuk menyimpan cadangan energi listrik. Komponen ini sangat penting, mengingat sumber tenaga adalah radiasi sinar matahari, yang hanya bersinar pada waktu siang, sedangkan pada waktu malam atau pada hari di mana matahari tidak bersinar (*autonomous days*), maka batere ini menjalankan perannya, mengeluarkan energi cadangan agar pasokan daya listrik tetap ada. Kriteria dari batere yang bisa digunakan dalam *solar cold storage* ini adalah:

- Waktu pemakaian batere. Untuk lebih amannya dapat digunakan selama 24 jam untuk menjaga temperatur ikan terus-menerus.
- Self discharge batere dapat dipakai sekitar 80%.
- Tegangan dan arus batere tidaklah terlalu besar.
- Ukuran dan berat batere harus kecil.

3.2.1.7 Batery Charge Regulator (BCR)

Pada dasarnya mengatur hubungan antara modul fotovoltaik dengan batere, sehingga tidak terjadi overload pada batere. Pada saat batere terisi penuh, alat pengatur akan memutus hubungan antara modul fotovoltaik dan batere, sedangkan pada saat batere kosong, alat pengatur akan memutus hubungan antara batere dengan beban.

3.3 PERWUJUDAN DESAIN (*EMBODIMENT DESAIN*)

Untuk merealisasikan *Solar Cold Storage* tersebut, maka perlu direalisasikan hal-hal atau kriteria-kriteria yang diperlukan untuk setiap alat dalam tahap konsep desain. Berikut ini adalah perwujudan desain dari masing-masing komponen yang digunakan dalam perancangan *Solar Cold Storage*.

3.3.1 Kompresor

Pemilihan kompresor yang akan digunakan dalam *cold storage* ini adalah dengan memilihnya dari produsen pembuat part-part refrigerasi dari Denmark, yaitu Danfoss. Pemilihan tersebut dengan menggunakan perangkat lunak Danfoss RS 3. Dari hasil pemilihan tersebut didapat spesifikasi kompresor yang akan dipilih: **BD 80 F**. Pemilihan jenis kompresor diambil dengan pertimbangan spesifikasi temperatur maksimum kondensasinya sebesar 60°C serta spesifikasi range temperatur evaporatornya dari -25°C hingga 15°C sehingga cukup aman untuk perancangan solar

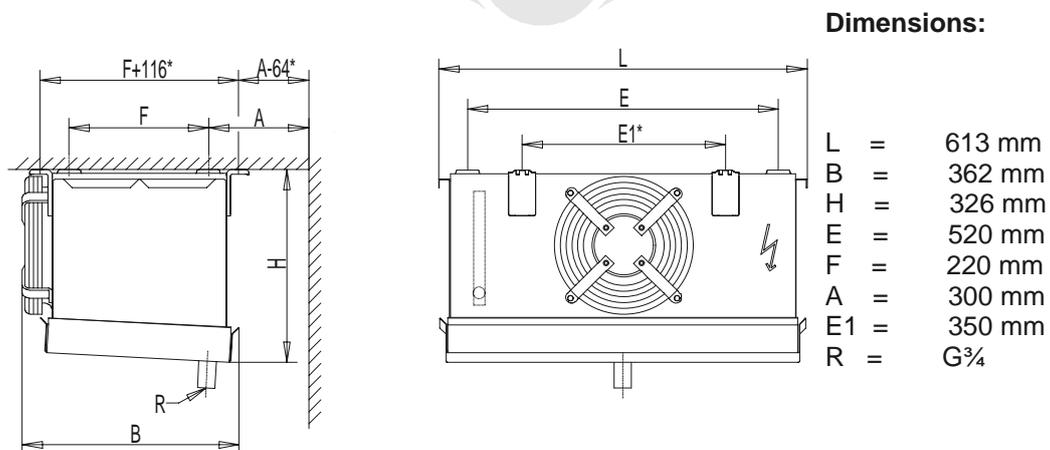
cold storage ini yang temperatur kondensasinya sebesar 45°C dan temperatur evaporatornya sebesar -7°C. Selain itu kompresor ini cocok digunakan untuk refrigerant R 134 a.



Gambar 3.3 Kompresor DC yang dipakai dalam *Solar Cold Storage*

3.3.2 Evaporator

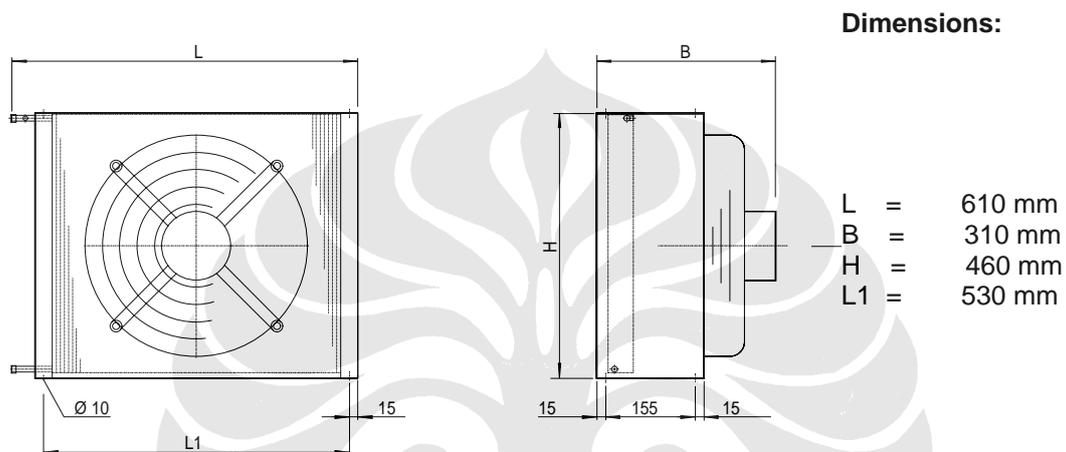
Pemilihan evaporator yang akan digunakan dalam *cold storage* ini adalah dengan memilih dari produsen pembuat evaporator dari Jerman yaitu Guntner. Pemilihan tersebut menggunakan perangkat lunak *Guntner Product Calculator Customer*, dengan memodifikasi motor fan yang digunakan dalam evaporator diganti dengan motor fan DC. Dari hasil pemilihan tersebut maka didapatkan spesifikasi evaporator dari Guntner: **GHF 020.1A/14-AW**. Pemilihan jenis evaporator diambil dengan pertimbangan sesuai dengan kebutuhan desain seperti temperatur evaporator yang telah ditentukan.



Gambar 3.4 Evaporator hasil pemilihan dari Guntner

3.3.3 Kondenser

Kondenser yang dipilih juga berasal dari Guntner. Pemilihan ini juga menggunakan *Guntner Product Calculator Customer*, dengan memodifikasi motor fan yang digunakan dalam evaporator diganti dengan motor fan DC. Dari hasil pemilihan tersebut maka didapatkan spesifikasi evaporator dari Guntner: **GVM 037A/1-L**. Pemilihan kondenser ini diambil dengan pertimbangan jenis kondensernya merupakan air cooled condenser sehingga ketersediaan udara sebagai pendingin yang tak terbatas dan biaya pemeliharaan yang relatif tidak mahal.



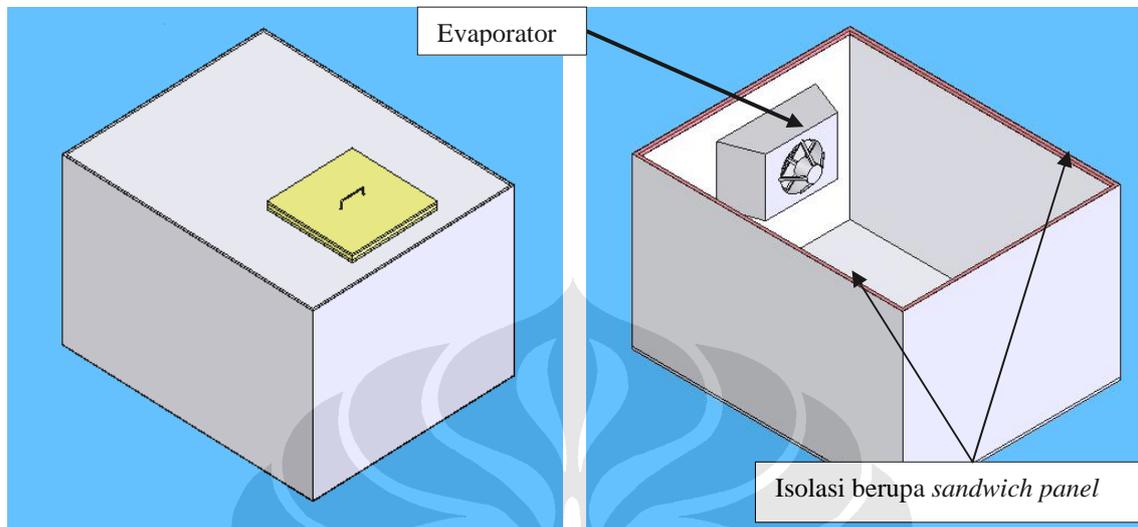
Gambar 3.5 Kondenser hasil pemilihan dari Guntner

3.3.4 Cold Storage

Supaya *cold storage* dapat digunakan sesuai dengan apa yang diinginkan, maka upaya-upaya yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Dimensi ruang *cold storage* ditentukan berdasarkan survey lapangan ke kapal nelayan tradisional dan mampu menampung 100 kg ikan tenggiri yang dijadikan sebagai referensi dalam perhitungan. Dimensi *cold storage* harus juga bisa menempatkan evaporator dan kipas yang digunakan dalam sistem refrigerasi yang dirancang.
- Untuk mengurangi kerugian-kerugian kalor, maka dibuat isolasi pada *cold storage* tersebut. Isolasi tersebut *sandwich panel* dimana dalam perancangan ini digunakan isolasi *carbon steel* dan *polysterene*. Fungsi *carbon steel* adalah sebagai penahan polysterene agar dapat berdiri kokoh dan dapat disambung-sambung.

- Untuk menjaga temperatur ikan tetap terjaga sebesar 2°C, maka temperatur ruangan harus tidak boleh melebihi temperatur itu dimana ditentukan temperatur ruangan sebesar 0°C .



Gambar 3.6 3D *Cold Storage* dan penempatan evaporator serta kipas

3.3.5 Refrigerant

Sebelum menentukan refrigerant yang cocok untuk digunakan bagi *Solar Cold Storage*, maka perlu adanya referensi mengenai refrigerant-refrigerant yang ada pada saat ini. Dari beberapa syarat seperti indeks ODP dan HGWP yang rendah, tidak mudah terbakar dan tidak beracun, mempunyai temperatur uap yang rendah, serta beban refrigerasi yang cukup besar, maka ada beberapa refrigerant yang memenuhi persyaratan dan umum digunakan dalam kehidupan sehari-hari, yakni:

Tabel 3.1 Beberapa data dan klasifikasi refrigerant yang dipilih ^[5, 6 & 14]

Refrigerant	ODP	HGWP	Temperatur Didih Normal	Safety	Harga (\$/kg)
R22	0,03	0,40	-40,81	A1	7,5
R134a	0,0	0,26	-26,074	A1	8,75
R404A	0,0	0,94	-46,222	A1	20,12
R407C	0,0	0,70	-43,627	A1	27,56
R507A	0,0	0,98	-46,741	A1	26,11

Selain data-data diatas yang akan dijadikan dasar pertimbangan dalam memilih refrigerant, namun data dibawah ini juga akan membantu dalam pemilihan refrigerant yaitu data perbandingan kinerja refrigerant per kilowatt refrigerasi :

Tabel 3.2 Perbandingan kinerja refrigerant per kilowatt refrigerasi ^[6]

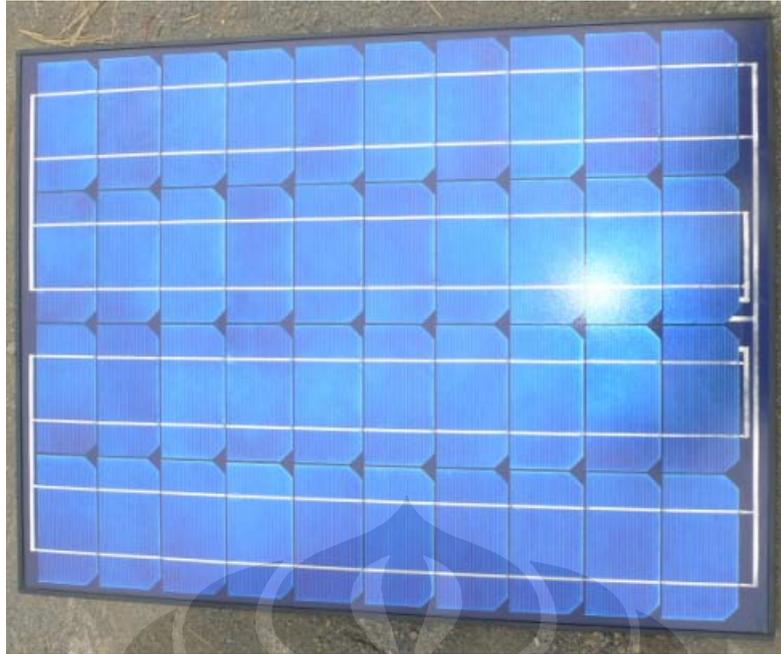
Refrigerant	Evaporator pressure (Mpa)	Condenser pressure (Mpa)	Net refrigerating effect (kJ/kg)	Power consumption(kW)	COP
R22	0.295	1.187	162.67	0.214	4.66
R134a	0.163	0.767	148.03	0.216	4.60
R404A	0.365	1.42	114.15	0.237	4.21
R407C	0.288	1.26	163.27	0.222	4.50
R507A	0.379	1.459	110.14	0.239	4.18

Dari beberapa refrigerant diatas maka dipilihlah refrigerant R 134a. Karena selain indeks ODP, HGWP-nya rendah dan harganya juga relatif murah, R134a mempunyai efek refrigerasi yang cukup besar, tekanan evaporator dan kondenser yang cukup rendah serta nilai COP yang cukup tinggi. Selain itu, R134a juga aman karena berada pada *grade* A1. Refrigerant jenis ini juga bagus untuk digunakan dalam ruangan dengan volume yang tidak terlalu besar.

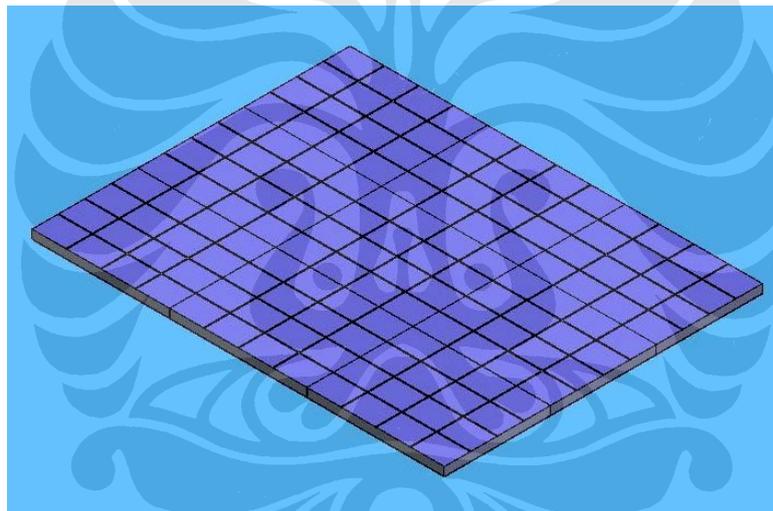
3.3.6 Modul Fotovoltaik

Dari hasil perhitungan didapat modul yang dibutuhkan sebanyak tujuh buah. Dalam perancangan ini digunakan modul fotovoltaik dari PT WIKA *Solar Water Heater* dengan spesifikasi antara lain :

- Model : GEPV-050
- Daya maksimum : 50 Watt
- Tegangan pada daya maksimum : 17,3 Volts
- Arus pada daya maksimum : 2,90 Amps
- Tegangan open circuit : 22,0 Amps
- Arus Short-Circuit : 3,30 Amps
- Panjang : 858 mm
- Lebar : 661 mm
- Tinggi : 54 mm
- Berat : 7,5 kg
- Sertifikasi : UL-1703; IEC-61215



Gambar 3.7 Modul fotovoltaik^[7]



Gambar 3.8 Assembly modul fotovoltaik

Pertimbangan yang diambil dalam memilih jenis modul ini karena jenis material modul photovoltaics adalah Polycrystalline dimana harganya relatif tidak terlalu mahal dibandingkan jenis monocrystalline serta power yang dihasilkan relatif sedang yang cocok untuk penggunaan dalam aplikasi refrigerasi yang tidak membutuhkan power yang tinggi.

3.3.7 Batere

Sama seperti modul fotovoltaik, dalam perancangan digunakan delapan buah batere yang diproduksi dari PT WIKA *Solar Water Heater* dan memiliki kapasitas maksimum sebesar 70 Ah. Kegunaan batere ini adalah untuk menyimpan dan

mengatur arus listrik yang dihasilkan fotovoltaik sebelum dialirkan ke beban.

Spesifikasi batere yang digunakan antara lain :

- Model : NS Absolute 65RD31R (N 70)
- *Container material* : *Polypropylene*
- *Rate capacity* 20 h (25°C) : 65 Ah
- *Charge acceptance* pada 14,4 V : 6,5 Amps
- *Self discharge* (% per bulan) : 4 %
- Jumlah sel : 6 buah
- Panjang : 259 mm
- Lebar : 172 mm
- Tinggi : 220 mm
- Berat : 12,1 kg



Gambar 3.9 Batere^[7]

Kondisi tegangan batere dapat dicek menggunakan multimeter dan dapat dijelaskan melalui tabel di bawah ini :

Tabel 3.3 Kondisi tegangan batere^[7]

VOLTASE BATERE	KONDISI
11.6 – 12.0	Buruk
12.1 – 12.5	Cukup
12.6 – 13.0	Baik
13.1 – 14.0	Sangat Baik

3.3.8 Battery Charge Regulator (BCR)

Battery Charge Regulator (BCR) yang digunakan pada sistem fotovoltaiik memiliki kegunaan sebagai penyesuai daya yang akan dihasilkan modul fotovoltaiik sebelum digunakan beban. BCR yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 1 buah dan juga merupakan pinjaman dari PT WIKA *Solar Water Heater*.

Berikut spesifikasi *Battery Charge Regulator* (BCR) yang digunakan antara lain :

- Tipe : BCR 8.12
- Tegangan nominal : 12 Volt DC
- Arus modul maksimum : 6 Amp +/- 10 %
- Arus beban maksimum : 10 Amp +/- 10 %
- Jenis pengatur BCR : seri
- Prinsip kerja : *On – Off (Two Point Control Regulator)*
- Tegangan Batas Atas (*End of charge voltage*) : 14,4 +/- 0,1 V
- Tegangan Batas Atas Rekoneksi : 13,7 +/- 0,1 V
- Tegangan Batas Bawah Rekoneksi : 12,5 +/- 0,1 V
- Tegangan Batas Bawah (*Low Voltage Disconnect*) : 14,4 +/- 0,1 V
- Konsumsi daya tanpa beban (*self consumption*) : 3 mA
- Rugi Daya Input : < 5 %
- Rugi Daya Output : < 5 %
- Kelengkapan :
 1. Proteksi arus beban lebih (*Overload Protection*)
 2. Proteksi tegangan balik
 3. Pemutus beban
- Display Indikator :
 1. Kondisi saat mengisi LED berwarna biru
 2. Kondisi saat terjadi arus hubung singkat; LED berwarna merah
 3. Kondisi saat kapasitas betere minimum; LED berwarna merah
- Dimensi Kotak (P x L x T, mm) : 100 x 77 x 38 mm
- Berat : 185 gram
- Jenis material kotak : ABS
- Pengikat : Plat alumunium dan skrup
- Terminal konektor : Plastik 6 output

- Kabel (inlet/penampang) : NYHHY 2 x 2,5 mm²
- Dimensi total : 140 x 95 x 45 mm



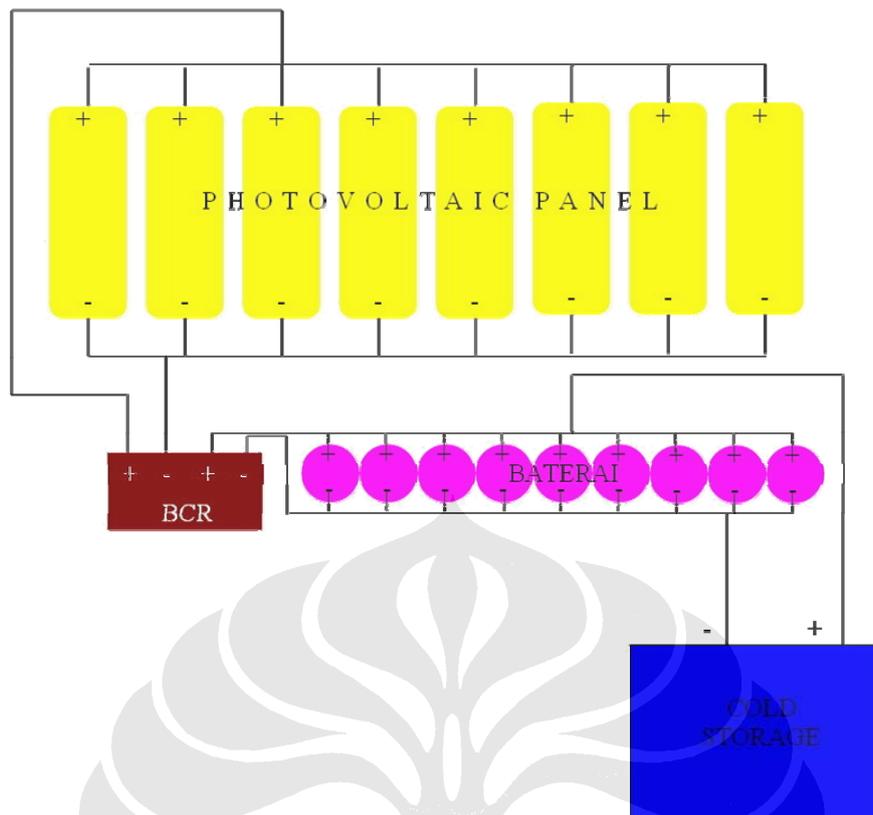
Gambar 3.10 *Battery Charge Regulator (BCR)* ^[7]

3.4 SISTEM PENYUPLAIAN ARUS LISTRIK

Sistem penyuplaian listrik sangat sederhana. Pertama-tama fotovoltaik yang digunakan menghasilkan sejumlah arus listrik dengan tegangan volt DC. Arus listrik yang dihasilkan fotovoltaik ini disalurkan dan disimpan ke batere melalui BCR (*Battery Charge Regulator*). Setelah itu arus listrik yang tersimpan pada batere dialirkan langsung ke seluruh komponen sistem refrigerasi *Solar Cold Storage* yang membutuhkan supply listrik.

3.5 WIRING DIAGRAM

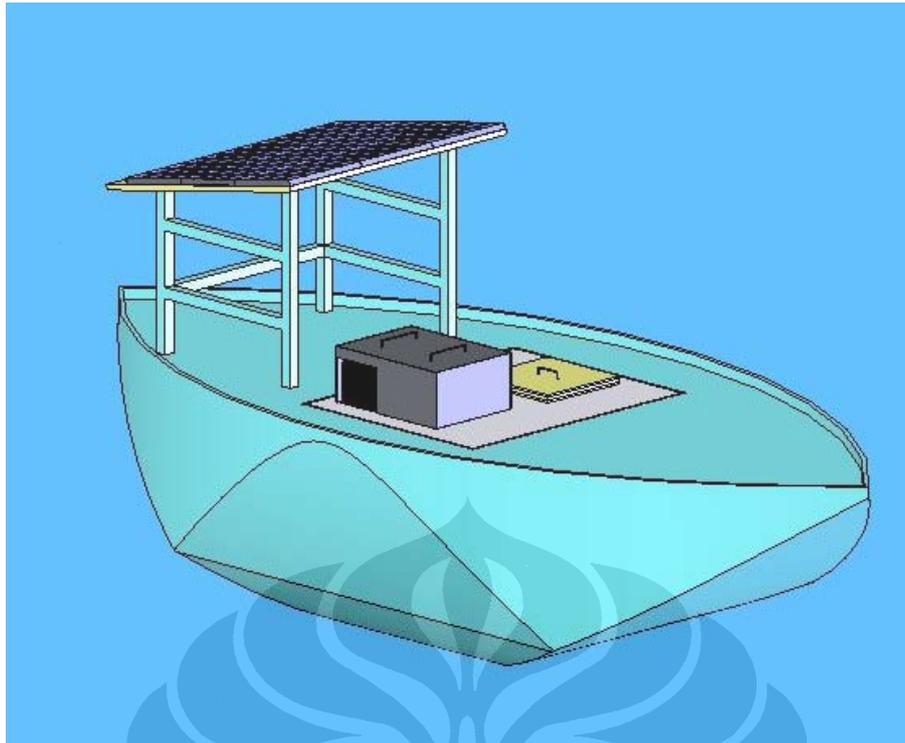
Agar sistem penyuplaian arus listrik lebih jelas dapat dilihat *wiring diagram* dari penelitian di bawah ini :



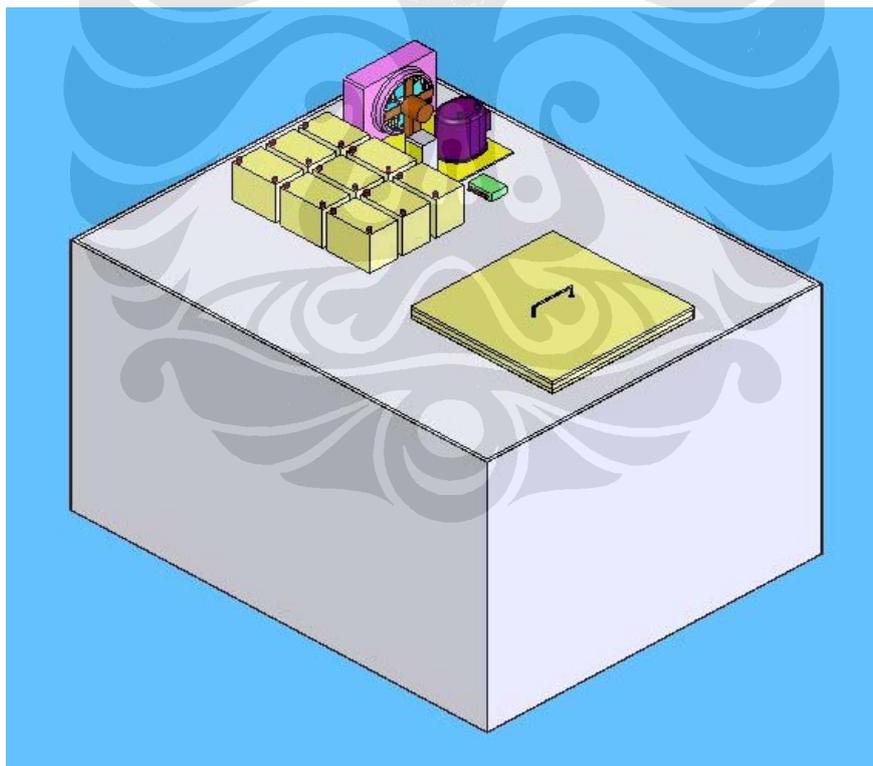
Gambar 3.11 *Wiring Diagram*

Dari gambar di atas terlihat tujuh buah panel fotovoltaik dipasang secara paralel agar mendapatkan tegangan yang sesuai dengan tegangan batere yaitu 14 Volt DC. Sebelum arus listrik dialirkan ke batere, arus listrik yang dihasilkan panel fotovoltaik dihubungkan ke BCR (*Battery Charge Regulator*). Hal ini dilakukan karena BCR berfungsi sebagai pengontrol arus dan tegangan listrik yang berasal dari panel fotovoltaik. Arus dan tegangan listrik yang dihasilkan panel fotovoltaik cenderung tidak stabil, maka dari itu perlu disesuaikan sehingga arus dan tegangannya sesuai dengan arus dan tegangan listrik batere.

Setelah melalui BCR arus listrik disimpan ke batere. Batere yang digunakan berjumlah delapan buah dan disusun secara paralel, agar tegangan yang dihasilkan tetap 14 Volt DC. Dari batere kemudian ada percabangan kabel untuk terus dihubungkan kepada beban yaitu *cold storage*.



Gambar 3.12 Rancangan instalasi *solar cold storage* pada kapal nelayan



Gambar 3.13 Komponen-komponen dalam instalasi *solar cold storage*

3.6 FLOW CHART PERANCANGAN SOLAR COLD STORAGE

