

## BAB IV

### PEMILIHAN MATERIAL DAN INSTALASI

#### 4.1 SANDWICH PANEL

Tugas pertama dari perancangan *sandwich panel* adalah memilih material insulasi yang tepat. Hal ini sangat penting karena fungsi utama pemilihan material insulasi yang tepat adalah untuk mengetahui beban transmisi yang masuk ke dalam *cold storage*, sehingga mencegah kebocoran panas yang terjadi di dalam *cold storage* dan suhu yang ada dalam *cold storage* dapat terjaga serta ikan yang disimpan dapat tetap segar. Tujuan utama dari pemilihan *sandwich panel* yang tepat adalah:

- Menjaga suhu di dalam ruangan *cold storage* tetap.
- Mengurangi kerugian panas yang terjadi akibat masuknya panas dari luar ke dalam *cold storage*.
- Mengoptimalkan penggunaan energi yang akan digunakan sebagai beban pendinginan.

Dalam pemilihan material, lebih baik memilih material dengan konduktivitas termal yang rendah dibanding dengan mempertebal material tersebut. Pemilihan material *sandwich panel* pada perancangan *cold storage* ini antara lain didasarkan kepada:

- Material harus ringan tetapi kuat. Ringan karena *cold storage* ini akan ditaruh di dalam perahu nelayan tradisional sehingga mengurangi beban yang akan diangkut para nelayan ke dalam kapal. Selain itu juga kuat karena *cold storage* ini akan digunakan untuk menyimpan ikan tenggiri.
- Material ini harus kedap sehingga kesegaran ikan yang ditaruh di dalamnya tetap terjaga.
- Awet, sebab nelayan terus bekerja dan tidak mengenal libur.
- Murah, karena dalam perancangan ini dimaksudkan untuk membantu nelayan kecil dalam mengawetkan ikan selesai melaut.

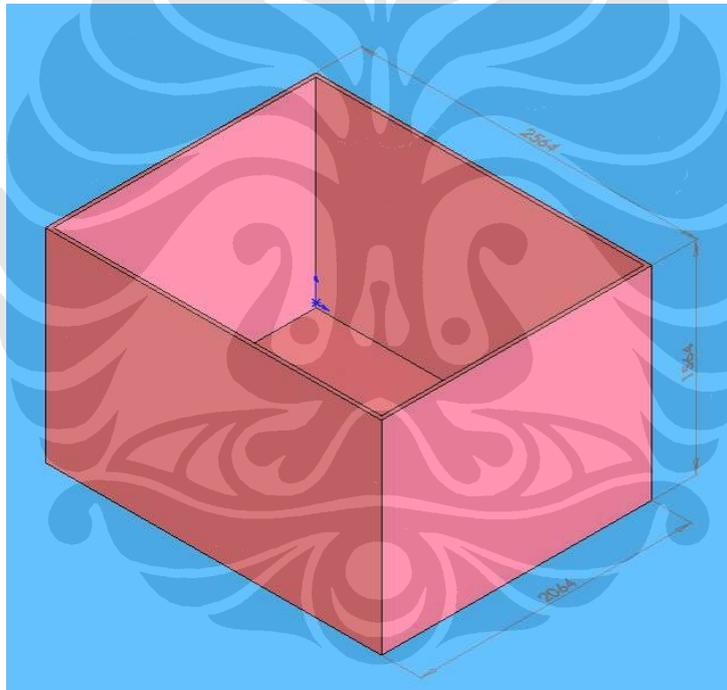
Dari kriteria-kriteria tersebut, maka diputuskan material-material yang akan digunakan dalam *sandwich panel cold storage*. Yaitu terdiri dari tiga lapisan: *Polystyrene*, dengan dilapisi *Carbon Steel* pada bagian luar dan dalam.

#### 4.1.1 Polystyrene

*Polystyrene* merupakan material yang cocok digunakan sebagai insulasi. Pemilihan ini didasarkan kepada hal-hal berikut:

- Mempunyai sifat *thermal insulasi* yang rendah, yaitu sekitar 0,033 – 0,057 W/m°C. (table 5.3 *The Use of Ice on Small Fishing*, FAO).
- Mempunyai density yang ringan, sekitar 10 – 33 kg/m<sup>3</sup>. Sehingga cocok untuk digunakan dalam perahu nelayan.
- Permeabilitas air dan uap kecil.
- Ketahanan yang tinggi terhadap penyerapan air.

Setelah pemilihan, kemudian perancangan dilakukan. Ukuran yang dirancang dengan panjang, lebar, dan tinggi berturut-turut adalah 2564 mm x 2064 mm x 1564 mm dengan tebal 30 mm.



**Gambar 4.1** Material insulasi *polystyrene*

Proses pembuatan *Polystyrene* yang umum adalah bahan baku *Polystyrene* yang berbentuk cair disemprotkan kepada material yang akan ditempelkan, yaitu *carbon steel*. Setelah disemprotkan, cairan tersebut akan mengering dalam hitungan detik, bereaksi dengan membentuk busa. Selanjutnya busa tersebut akan menempel erat dengan material yang menempel.

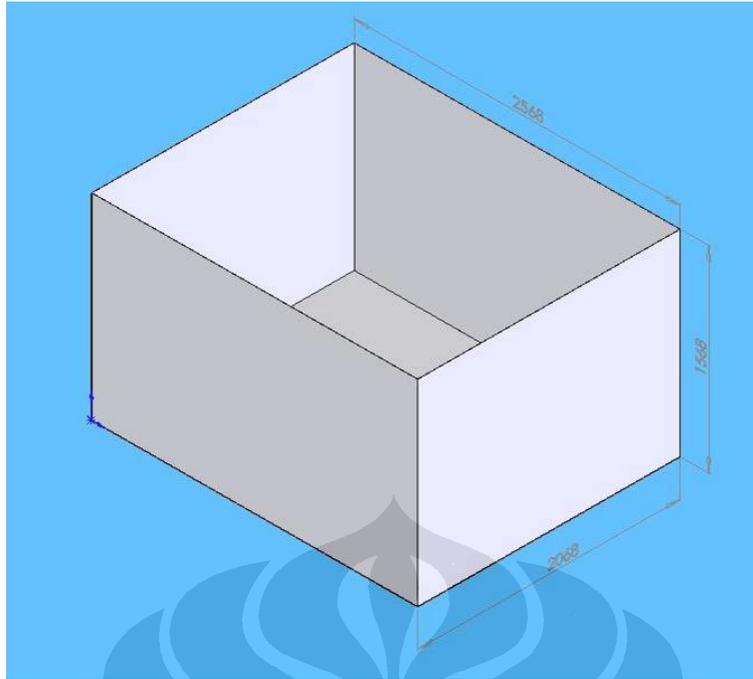
#### 4.1.2 Carbon Steel

*Carbon steel* merupakan material yang akan digunakan sebagai pelapis dan pelindung dari material insulasi *Polystyrene* yang utama. *Carbon steel* yang luar merupakan penyangga sebagai tempat membentuk *Polystyrene*, sedang yang dalam merupakan pelindung material *Polystyrene* sehingga material tersebut tidak terkena guncangan dan tumbukan dari dalam dan mencegah masuknya air dan uap air ke dalam *cold storage* pada umumnya dan ke dalam material insulasi *Polystyrene*. Pemilihan *carbon steel* tidak lain karena:

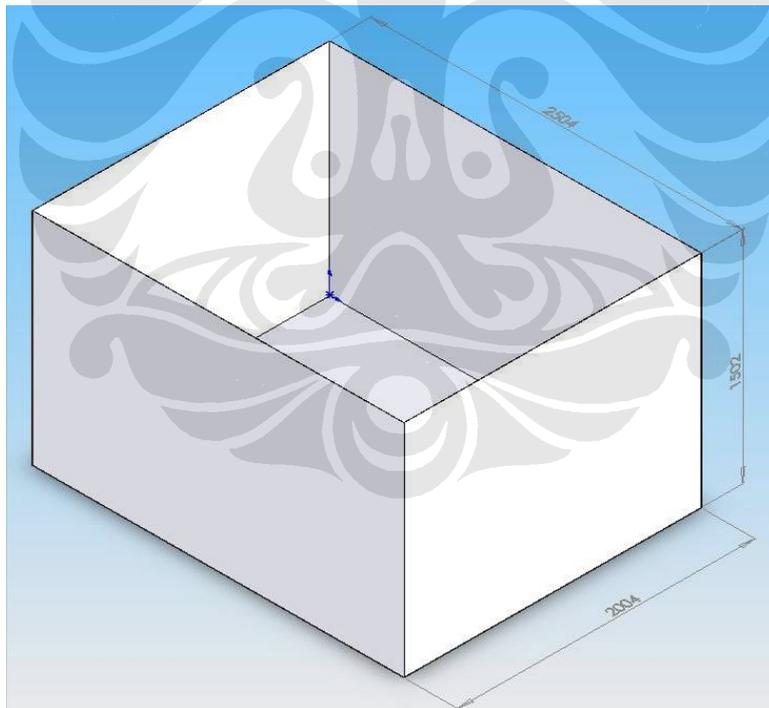
- Merupakan material yang cukup cocok digunakan sebagai pelapis *Polystyrene*.
- Memiliki sifat *thermal insulasi* yang cukup baik, yaitu sekitar  $43 \text{ W/m}^{\circ\text{C}}$ .
- Memiliki berat yang cukup ringan, karena hanya memiliki density sekitar  $7,8 \text{ g/cm}^3$ . Sehingga cocok untuk digunakan dalam perahu nelayan.
- Mampu menahan beban mesin refrigerasi yang menempel pada material tersebut.
- Harga yang murah.

Bila dibandingkan dengan material plastik, material umum yang digunakan pada palka ikan bagi para perahu nelayan, maka *carbon steel* memiliki banyak keunggulan, diantaranya: memiliki ketahanan yang tinggi sehingga kuat untuk menahan beban evaporator, selain itu material ini lebih kuat dan awet daripada plastik. Dan lagi, material ini tidak berbau sehingga tidak mencemari ikan yang akan diawetkan dalam *cold storage*.

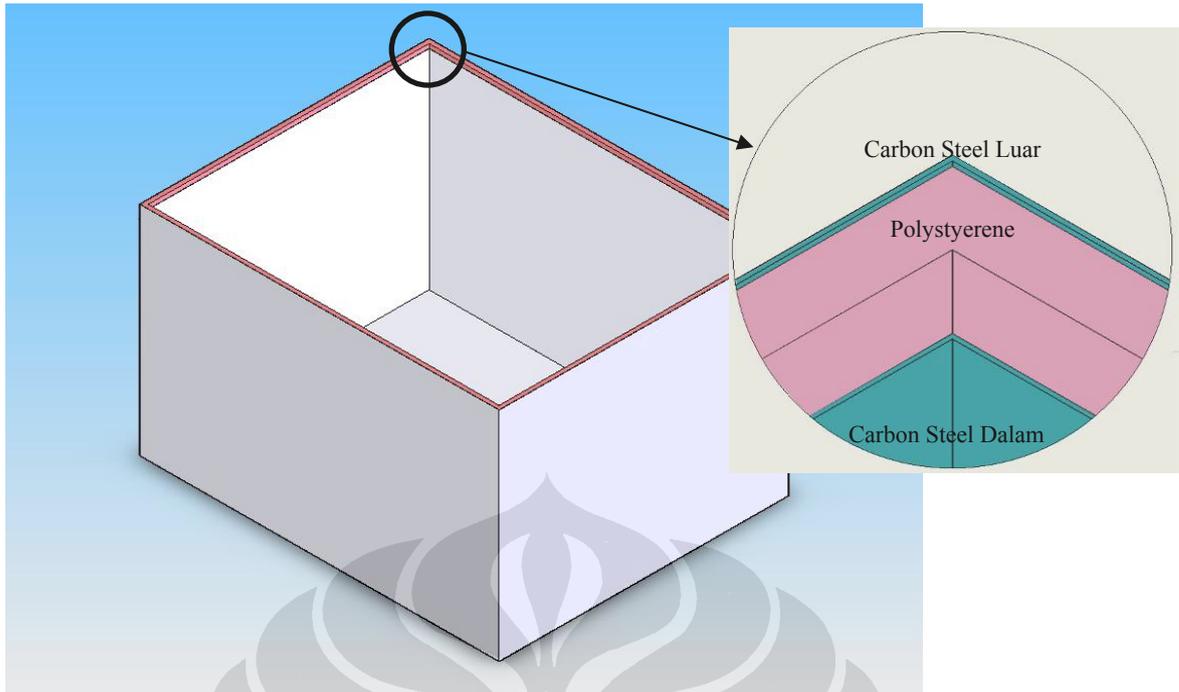
Perancangan *carbon steel* yang pertama kali adalah bagian luar, karena bagian luar *carbon steel* merupakan tempat memproduksi bentuk *Polystyrene* sehingga berbentuk kotak, kemudian menempelkannya dengan *carbon steel* bagian dalam. Ukuran dari dinding *carbon steel* bagian luar adalah  $2568 \text{ mm} \times 2068 \text{ mm} \times 1568 \text{ mm}$  dengan tebal 2 mm.



**Gambar 4.2** Dinding *carbon steel* bagian luar  
Sedangkan untuk dinding *carbon steel* bagian dalam adalah 2504 mm x 2004 mm x 1502 mm, dengan tebal yang sama yaitu 2 mm.



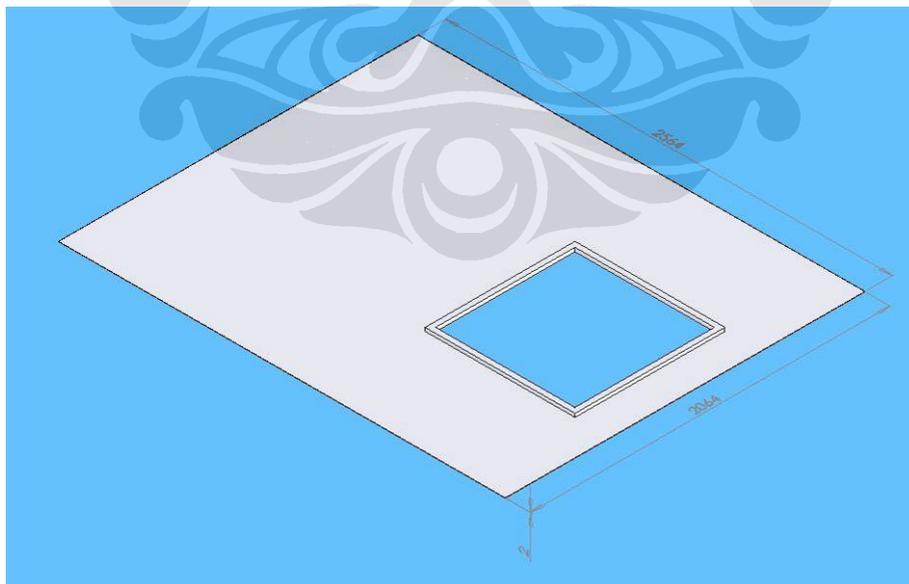
**Gambar 4.3** Dinding *carbon steel* bagian dalam



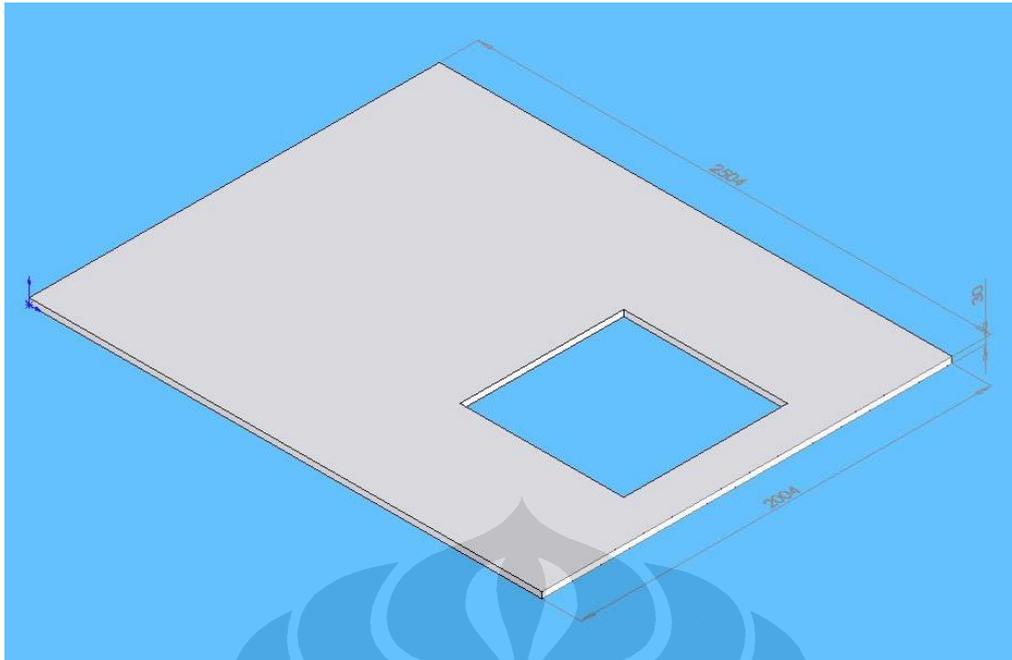
**Gambar 4.4** Rancangan *sandwich panel*

#### 4.1.3 Atap *Cold Storage*

Atap *cold storage* juga terbuat dari material yang sama, sebab atap *cold storage* juga merupakan bagian dari *sandwich panel*. Dengan bagian yang paling luar ke dalam adalah *carbon steel*, *Polystyrene*, dan *carbon steel*. Adapun bentuk dari rancangan atap adalah sebagai berikut:



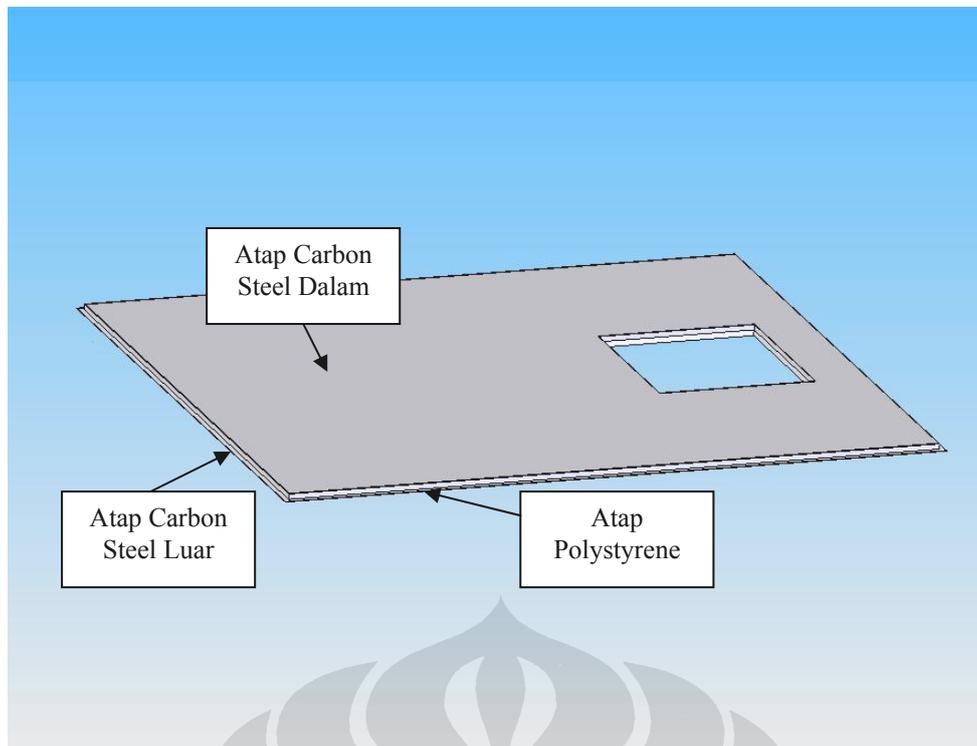
**Gambar 4.5** Atap *carbon steel* bagian luar



**Gambar 4.6** Atap *polystyrene*



**Gambar 4.7** Atap *carbon steel* bagian dalam



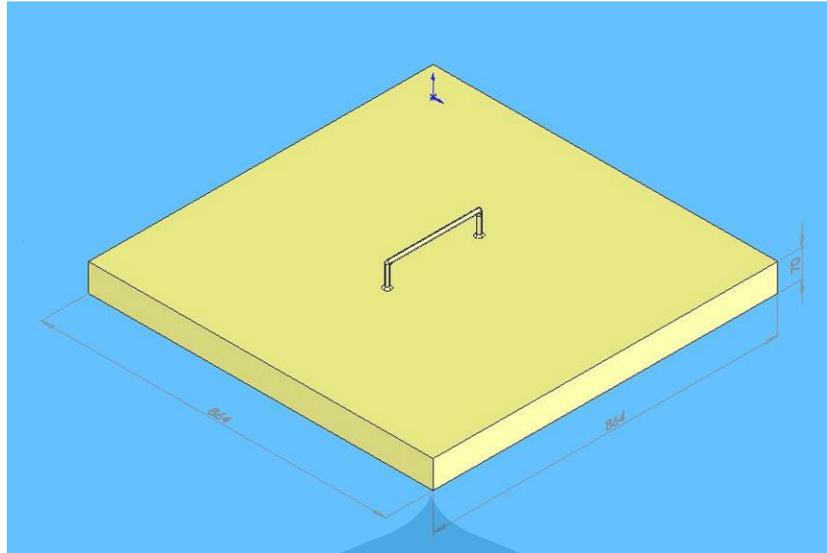
**Gambar 4.8** Atap sandwich panel cold storage

#### 4.1.4 Tutup Cold Storage

Lubang pada *cold storage* dibuat dengan ukuran 800 mm x 800 mm, hal ini untuk memudahkan para nelayan untuk menaruh dan mengambil ikan ke dalam dan dari *cold storage*. Maka tutup dari *cold storage* juga berukuran 800 mm x 800 mm, dengan tinggi 70 mm. Kriteria yang harus dipertimbangkan dalam memilih material tutup *cold storage*:

- Kedap dari air dan uap air.
- Ringan dan kuat.

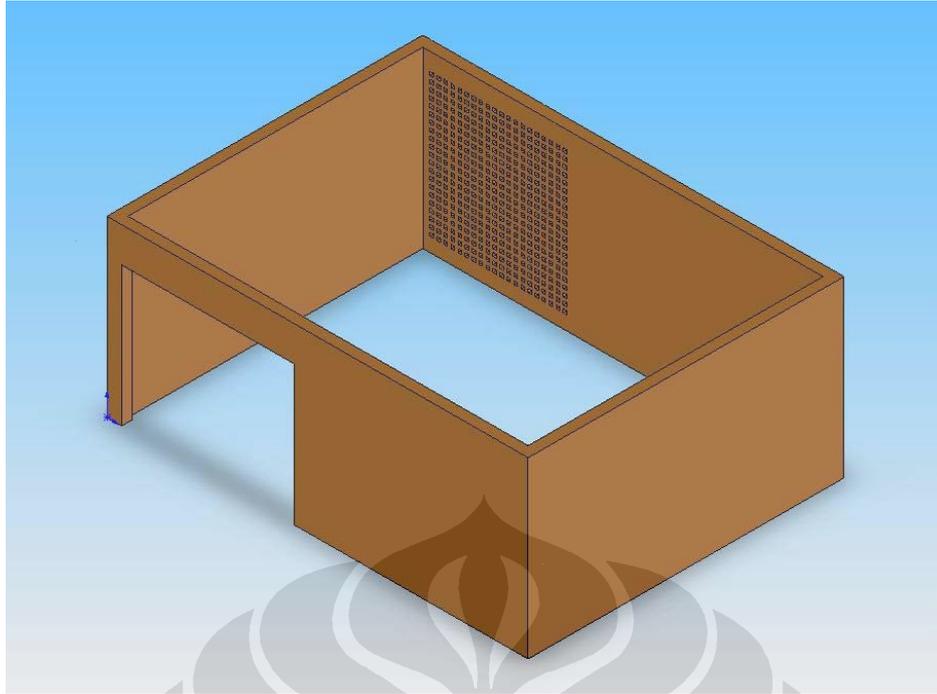
Dari kriteria tersebut, maka dipilihlah material *stainless steel*, karena material tersebut memiliki sifat yang telah disebutkan seperti di atas.



**Gambar 4.9** Tutup *cold storage*

#### **4.1.5 Dinding Mesin Refrigerasi**

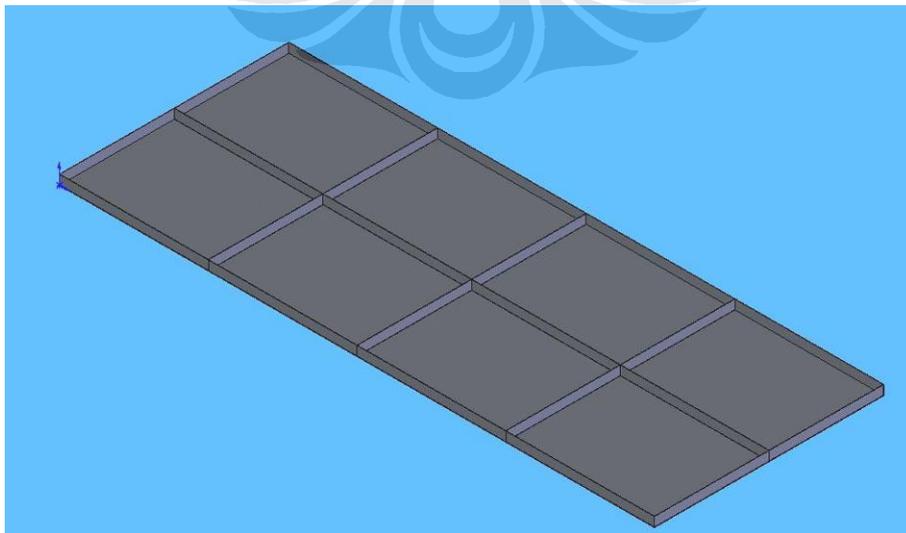
Dinding mesin ini berfungsi sebagai tempat menaruh mesin-mesin refrigerasi seperti kondenser dan kompresor serta meletakkan batere-batere untuk cadangan energi bagi *solar cell*, dan BCR sebagai regulator modul surya. Material dari dinding mesin ini haruslah kuat, ringan dan tahan karat, sebab didalamnya merupakan kondenser, tempat membuang panas ke lingkungan. Selain itu hal yang harus diperhatikan adalah material tersebut harus dapat disambung dengan pelindung atap dari *cold storage* yang berasal dari kayu. Dari kriteria tersebut, maka dipilih material yang digunakan adalah *wood*. Ukuran hasil perancangan dari dinding mesin refrigerasi adalah disesuaikan dengan peletakkan mesin-mesin refrigerasi, yakni kondenser dan kompresor, serta batere-batere dan BCR. Dari hasil perancangan, didesain dengan ukuran 1200 mm x 900 mm x 500 mm, dengan tebal 30 mm.



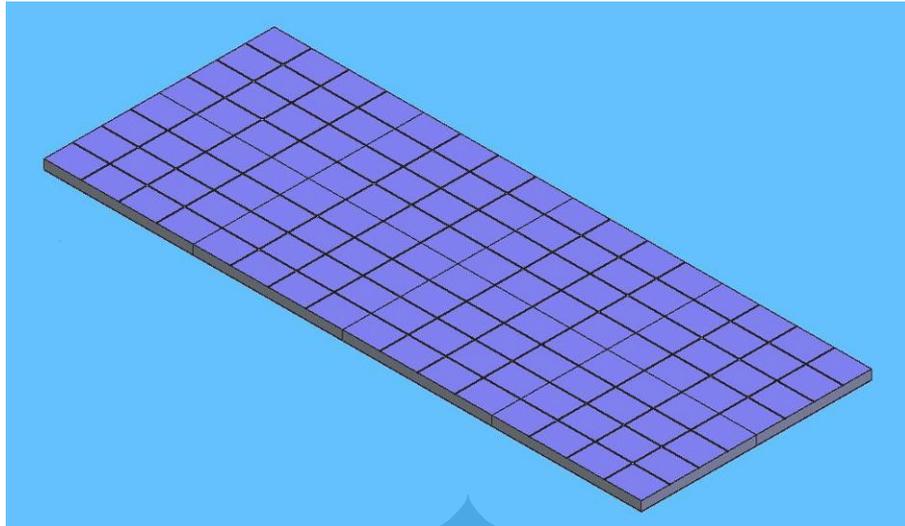
**Gambar 4.10** Dinding mesin

#### **4.1.6 Dudukan Modul Fotovoltaik**

Peletakkan modul fotovoltaik di perahu perlu diperhatikan. Karena dalam rancangan ini, *cold storage* ini membutuhkan sembilan buah modul fotovoltaik, maka didesain dudukan modul ini. Yang perlu diperhatikan dari karakteristik dudukan modul ini adalah harus kuat, sebab dia harus sanggup menahan beban sembilan buah modul fotovoltaik. Dari sifat ini, maka dipilih material dudukan dari *stainless steel*, sebab material ini memiliki *yield strength* yang cukup bagus, sehingga diperkirakan tidak akan rusak dan berdeformasi dengan deformasi yang cukup parah.



**Gambar 4.11** Dudukan solar modul



**Gambar 4.12** *Assembly solar pack*

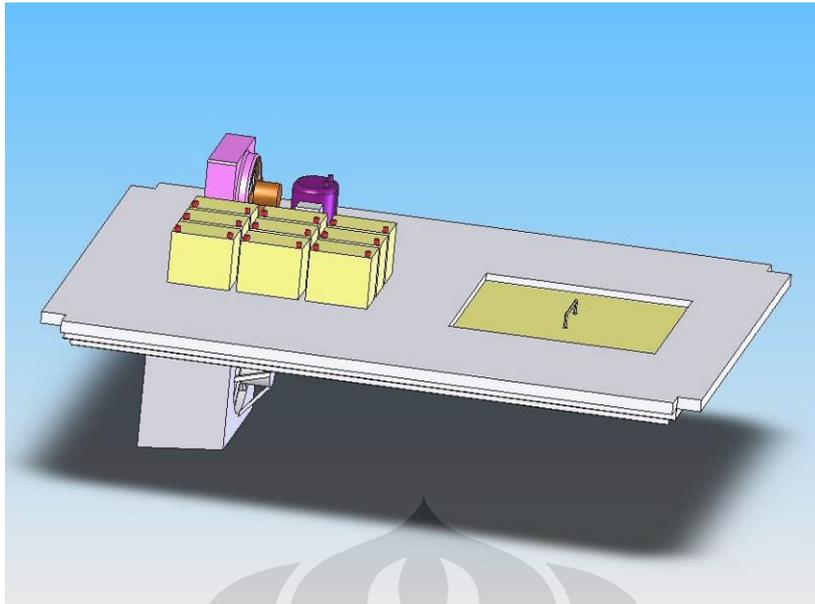
Dalam peletakkan *solar* modul, disarankan agar peletakkan ditaruh di atas, yaitu di atap tempat menaruh terpal bagi perahu.

#### **4.2 ASSEMBLY**

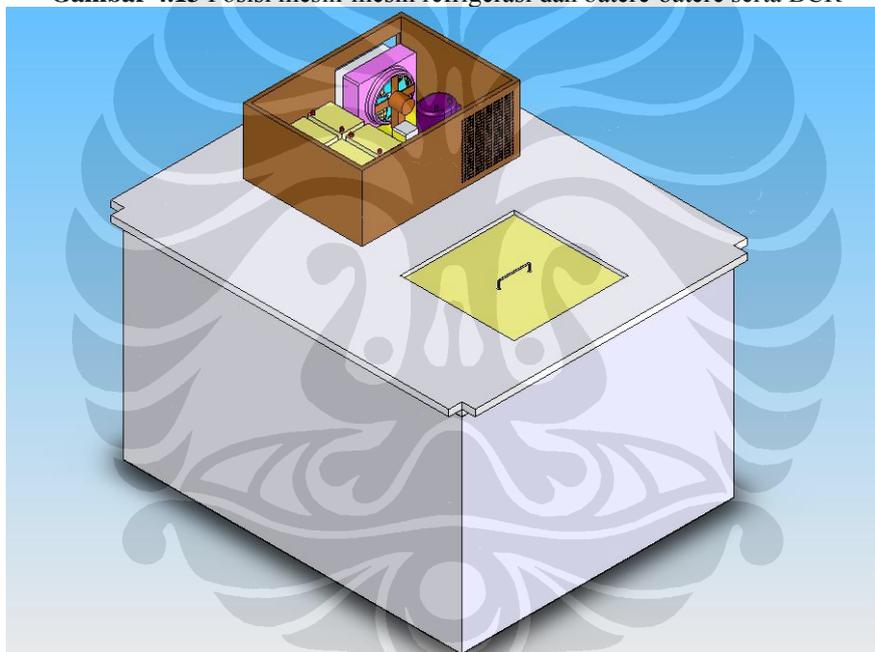
Setelah semua komponen selesai dikerjakan, maka tahap terakhir adalah menyatukan semua komponen/*assembly*. Proses *assembly* yang pertama kali dilakukan adalah menyatukan semua komponen *cold storage*.

Hal pertama adalah membentuk dinding dari *carbon steel* sesuai ukuran, kemudian menyemprotkan *polystyrene* kepada *carbon steel* sehingga terbentuklah *sandwich panel*. Hal yang sama juga berlaku pada bagian atap *cold storage*.

Pada atap *cold storage*, biar aman, maka diberi pelapis berupa kayu. Hal ini agar bagian atas dari *cold storage* bisa dilewati oleh orang-orang. Evaporator kemudian ditempel pada atap *cold storage*. Baru kemudian atap dan dinding *cold storage* digabung dengan cara mengelas pada bagian *carbon steel* kedua bagian.

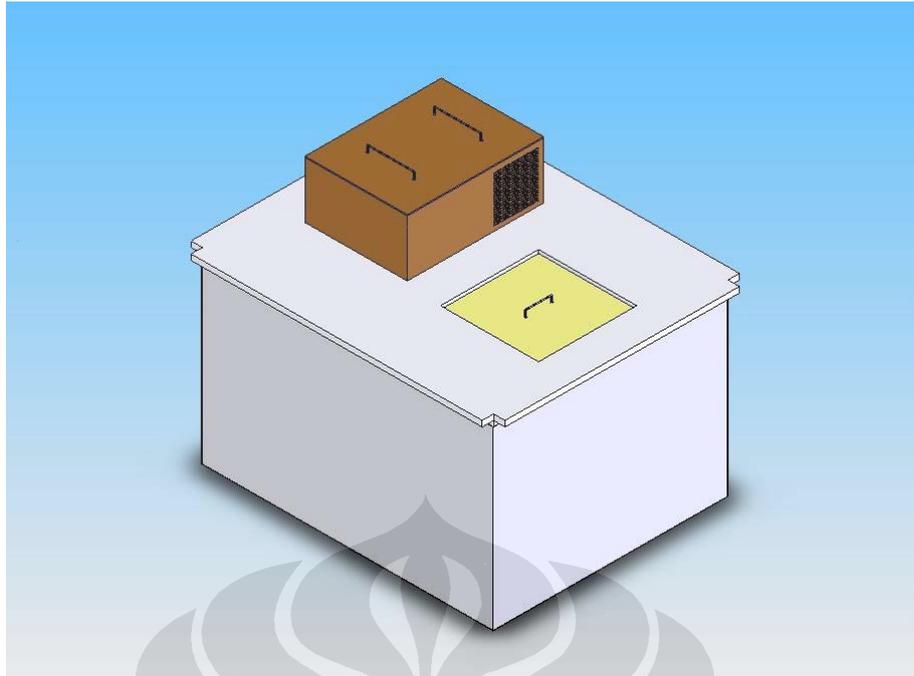


**Gambar 4.13** Posisi mesin-mesin refrigerasi dan batere-batere serta BCR



**Gambar 4.14** *Cold storage* bentuk akhir

Setelah komponen *sandwich panel* dari *cold storage* selesai di bentuk, maka kemudian langkah selanjutnya adalah menempelnya dengan dinding mesin refrigerasi kemudian meletakkan mesin-mesin refrigerasi seperti kondenser dan kompresor serta meletakkan batere-batere dan BCR.



**Gambar 4.15** Bentuk akhir *cold storage* yang dirancang

Semua proses produksi *cold storage* dan dudukan mesin diperkirakan memakan waktu sekitar sebulan. Waktu tersebut belum termasuk dalam menunggu pesanan mesin-mesin refrigerasi.

### 4.3 HASIL PEMLIHAN BERAT MATERIAL

Setelah pemilihan material dan fabrikasi, maka didapat total berat material:

**Tabel 4. 1** Berat material dan kompone *solar cold storage*

Material	Berat (kg)		
		<b>Stainless Steel</b>	
		Tatakan Solar Modul	87,77
		Dinding CU	29,82
		Tutup CU	35,06
		Tutup CS	122,42
		Sub Total	275,07
		<b>Modul Fotovoltaik</b>	60,00
		Sub Total	60,00
		<b>Mesin Refrigerasi</b>	
		Evaporator	12,00
		Kondenser	13,00
		Batere	9,00
		Sub Total	96,00
		<b>Total</b>	1514,84
<hr/>			
		<b>Carbon Steel</b>	
Dinding Luar	309,16		
Dinding Dalam	289,35		
Tutup Dalam	68,02		
Tutup Luar	88,11		
Sub Total	754,64		
		<b>Polystyrene</b>	
Dinding	17,38		
Tutup	3,94		
Sub Total	21,32		
		<b>Wood</b>	
Alas Tutup	260,517		
Tutup	13,30		
Sub Total	273,82		
CS Total	789,26		

Sedangkan es untuk perahu tradisional adalah:

**Tabel 4. 2** Berat es balok bawaan nelayan tradisional

	Jumlah	Berat Satuan (kg)	Berat Total (kg)
Es Balok	60	40	2400

Bila dibandingkan antara berat es balok total bawaan nelayan tradisional dengan berat total *cold storage* desain ini, maka lebih ringan *cold storage* desain ini.

#### 4.4 ANALISA KEKUATAN MATERIAL TATAKAN SOLAR MODUL

Komponen yang dianalisa hanyalah tatakan *solar* modul. Hal ini dikarenakan komponen ini cukup rentan dalam menahan beban, serta tidak diberi pengaman. Sedangkan, untuk bagian *solar cold storage*, seluruh komponen dan bagian-bagiannya bertumpu kepada kayu yang menempel pada lantai kapal.

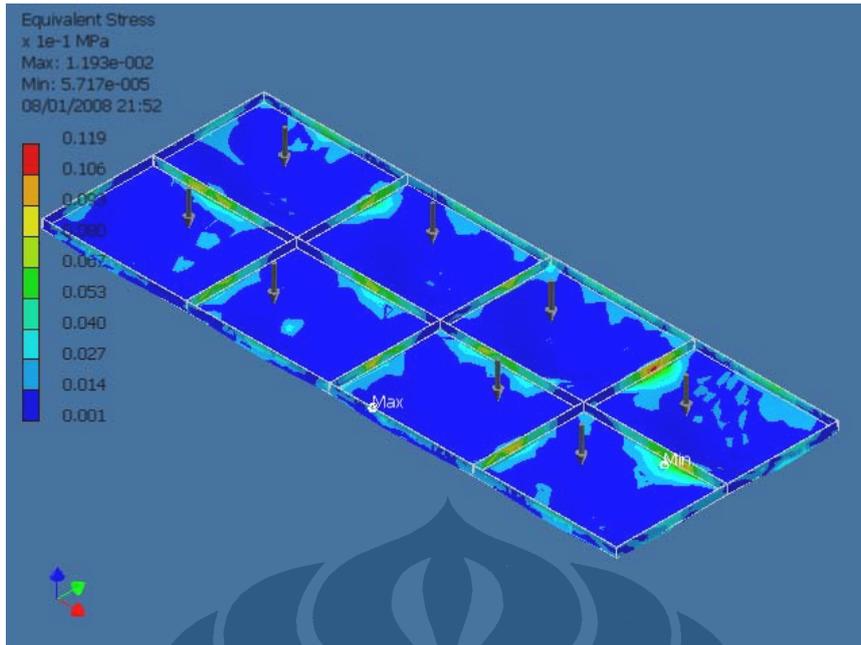
Pada bagian ini, material menyangga modul fotovoltaik yang berjumlah sembilan. Berikut data yang akan dijadikan acuan:

- Material: *Stainless steel*.
- Restrain: *Fix restraint* kedua bagian samping tutup dan bagian atas *stainless steel*.
- Jenis beban: *Force* sebesar 720 N (dihitung dari jumlah modul fotovoltaik dikali dengan gravitasi).

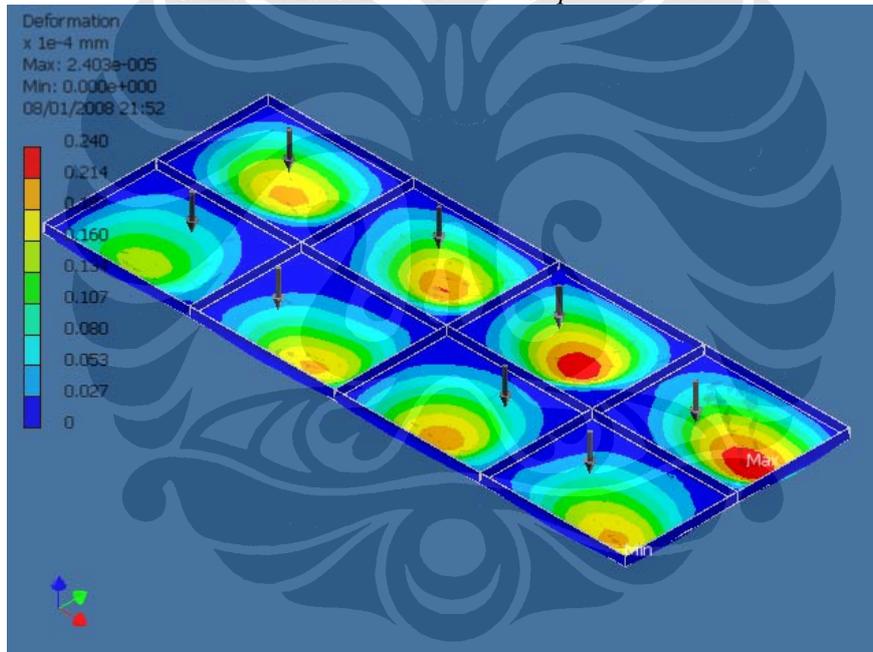
Perhitungan dilakukan dengan menggunakan *Stress Analysis* dari perangkat lunak Autodesk Inventor dengan *tools* ANSYS. Berikut hasil simulasi:

**Tabel 4. 3** Hasil *Analisa Structural*

Name	Minimum	Maximum
<i>Equivalent Stress</i>	5,717e-005 MPa	1,193e-002 MPa
<i>Deformation</i>	0 mm	2,403e-005 mm
<i>Safety Factor</i>	15	N/A



**Gambar 4.16** Gambar visualisasi *equivalent stress*



**Gambar 4.17** Gambar visualisasi deformasi

Dilihat dari hasil simulasi, nilai dari stress terbesar bernilai  $1,193e-002$  MPa, masih sangat jauh dari nilai *Tensile Yield Strength Stainless Steel* yakni sebesar 250 MPa. Sedang deformasi material terjadi di pinggiran-pinggiran sebesar  $2,403e-005$  mm. Dan *safety factor* yang diberikan dari hasil analisis adalah sebesar 15. Maka desain material yang dirancang masih aman, dan sebaiknya modul fotovoltaik ini diletakkan di atas atap perahu.

## 4.5 ESTIMASI BIAYA

Berikut merupakan perhitungan kasar biaya produksi dari *solar cold storage*:

**Tabel 4. 4** Tabel biaya produksi *solar cold storage*

<b>Material</b>	<b>Harga</b>
<i>Polystyrene</i>	Rp1.650.000,00
<i>Carbon Steel</i>	Rp11.250.000,00
<i>Stainless Steel</i>	Rp1.830.000,00
Modul Fotovoltaik	Rp48.000.000,00
Evaporator	Rp4.303.000,00
Kondenser	Rp4.264.000,00
Kompresor	Rp1.368.000,00
<i>Wood</i>	Rp500.000,00
Biaya Produksi	Rp5.000.000,00
<b>Biaya Total</b>	<b>Rp78.165.000,00</b>

Perbandingan operasional antara menggunakan *solar cold storage* dengan es balok: Harga 60 kg es balok: Rp10.000, maka total 40 balok es adalah Rp400.000. Maka, dengan memakai *solar cold storage*, dapat dilakukan penghematan sebesar Rp400.000 untuk sekali jalan. Bila diasumsikan nelayan melaut seminggu sekali dan dalam setahun mereka libur sekitar empat bulan, maka total mereka melaut adalah: 52 minggu – 18 minggu = 34 minggu. Maka dalam setahun pengeluaran es balok nelayan adalah:  $34 \times 400.000 = \text{Rp}13.600.000$

Bila dibandingkan dengan pengeluaran nelayan dalam menggunakan es balok, pengeluaran yang dikeluarkan untuk memproduksi *solar cold storage* adalah Rp78.165.000; maka pengeluaran tersebut akan sama setelah mencapai 5,7 tahun atau sekitar 69 bulan.

Dari seluruh perancangan, perhitungan dan analisa dapat dilihat beberapa perbandingan antara pendinginan dengan menggunakan es balok dengan dengan *solar cold storage*.

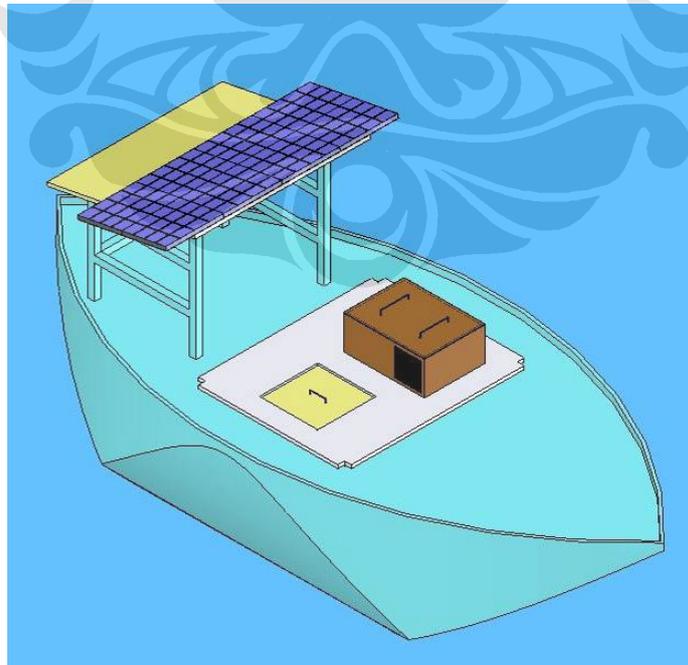
## 4.6 PEMAKAIAN SOLAR COLD STORAGE

Setelah semua selesai, maka tahap terakhir dalam perancangan ini adalah memberikan pemahaman kepada para nelayan agar dapat menggunakan alat ini dengan baik dan benar. Tentunya hal ini membutuhkan semacam pelatihan bagi para nelayan agar dapat menggunakannya dengan baik dan benar.

Peletakkan modul fotovoltaik di perahu nelayan dibebaskan bagi para nelayan untuk meletakkannya di mana, namun direkomendasikan untuk meletakkannya di atap tempat menaruh bersama terpal, yang terpenting adalah, modul tersebut mendapat radiasi sinar matahari yang cukup.

Hal yang perlu diingat adalah, sebelum melaut, hendaknya nelayan sudah melakukan pengisian pada batere aki, yakni dengan memakai modul dengan minimal satu jam. Menurut perhitungan yang dilakukan, dengan melakukan pengisian batere selama satu jam, maka batere dapat dipakai untuk menggerakkan beban pendinginan selama 24 jam. Dan hal yang paling efektif adalah dengan mengisi batere aki selama satu jam sebelum keberangkatan.

Pada saat hujan, sebenarnya tidak merusak modul fotovoltaik, tetapi sebaiknya mesin-mesin refrigerasi hendaknya ditutup, sehingga peralatan kondensing unit dapat tetap terjaga. Hujan yang terjadi pada saat melaut, dapat menggunakan insting dari para nelayan tersebut, bila diperkirakan hujan akan berhenti, maka sebaiknya kegiatan melaut tetap dilakukan, namun bila tidak, maka sebaiknya pulang dan melanjutkan melaut kembali setelah cuaca baik. Dalam hal ini dapat diputuskan, bila seluruh batere telah terisi, maka cold storage dapat digunakan. Seperti yang telah disebutkan, dengan menyinari *solar* modul ke matahari minimal satu jam, maka batere telah terisi penuh dan dapat digunakan selama 24 jam.



**Gambar 4.18** Gambar *solar cold storage* dan peletakkannya pada kapal

**Tabel 4. 5** Perbandingan pendinginan dengan menggunakan es balok dengan *solar cold storage*

<b>Es Balok</b>	<b><i>Solar Cold Storage</i></b>
Suhu kurang terjaga	Suhu terjaga
Waktu penyimpanan sebentar	Waktu penyimpanan cukup lama
Kesegaran ikan kurang terjaga	Kesegaran ikan terjaga
Tidak ada sirkulasi aliran udara	Sirkulasi udara dapat diatur
Tidak membutuhkan keahlian	Membutuhkan keahlian
Tidak membutuhkan perawatan	Membutuhkan perawatan
Berat	Ringan
Konvensional	Aplikatif
Dapat dibongkar muat (portable)	Pendinginan Statis

