

**OPTIMASI PERANCANGAN SISTEM PENDINGIN RSW  
PADA KAPAL IKAN PLAT DATAR DENGAN SIMULASI CFD**

**SKRIPSI**

*Ditujukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana Tekni Pada  
Departemen Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknik Hasanuddin*



ERWIN  
D331 14 013

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
GOWA  
2021

**LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)**

**Optimasi Perancangan Sistem Pendingin RSW Pada Kapal Ikan Plat Datar  
Dengan Simulasi CFD**

**Disusun dan diajukan oleh**

**Erwin  
D331 14 013**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi  
Program Sarjana Program Studi Teknik Sistem Perkapalan  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin  
pada tanggal 30-07-2021  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan  
Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Baharuddin, S.T., M.T.

Nip. 197202021998021001

Pembimbing Pendamping



Ir. Zulkifli, M.T.

Nip. 195701121988111001

Ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan



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

Nip. 198102112005011003

## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Erwin

NIM : D331 14 013

Departemen : Teknik Sistem Perkapalan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Optimasi Perancangan Sstem Pendinging RSW Pada Kapal Ikan Plat Datar Dengan Simulasi  
CFD

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan saya tersebut.

Makassar, 30 Juli 2021

Yang menyatakan



(Erwin)

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa , karena atas berkat dan penuntunan-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Perkapalan pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dari berbagai pihak masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karna itu , penulis tidak lupa mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan bantuan demi terselesaikannya skripsi ini. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada

1. Bapak Baharuddin, ST. MT, dan Bapak Ir. Zulkifli, MT selaku pembimbing I dan pembimbing II yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini dengan tepat waktu.
2. Bapak Dr.Eng. Faisal Mahmuddin ST.,M.Inf.Tech.,M.Eng. selaku ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah membantu segala urusan di Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
3. Para Dosen penguji skripsi yang telah memberikan masukan yang terbaik.
4. Bapak dan ibu dosen Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas ilmu dan wawasan yang diberikan selama masa studi penulis.
5. Seluruh staf pegawai Jurusan Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah banyak membantu selama ini.
6. Kedua orang tua penulis, Ayahanda tercinta Amir Hamza dan Ibunda tercinta Wahida Karena berkat bantuan moril, nasehat, doa, dan materi yang diberikan, saya masih bisa terus melangkahkan kaki dan menyelesaikan masa studi saya.
7. Teman-Teman Teknik 2014, khususnya Perkapalan 2014 yang telah menemani masa studi saya di kampus dan senantiasa menyemangati dalam mengerjakan skripsi ini.
8. Kanda-kanda senior dan adik-adik yang telah memacu saya sampai akhir dalam menyelesaikan skripsi ini.

9. Teman-teman yang berada di MABES SKM PERKAPALAN UNHAS yang sangat banyak membantu dalam mengerjakan tugas akhir ini.
10. Kepada Bapak Muh. Iqbal Nikmatullah, ST.,MT yang sangat sabar dalam mengajar dan membantu pengerjaan skripsi ini.
11. Pengurus OKSP FT-UH dan Kanda senior serta teman-teman HmI se-Komisariat Teknik FT-UH yang selalu memberikan support dan doa atas kelancaran pengerjaan tugas akhir ini.
12. Pihak – pihak yang tidak sempat penulis sebutkan pada kesempatan ini.

Akhirul qalam, besar harapan penulis agar skripsi ini dapat berguna bagi pengembangan dalam bidang keteknikan maupun penelitian yang bersangkutan dengan mesin pendingin ini, serta dapat bermanfaat bagi masyarakat.

Gowa, Juli 2021

Erwin

**OPTIMASI PERANCANGAN SISTEM PENDINGIN RSW PADA KAPAL IKAN  
PLAT DATA DENGAN SIMULASI CFD**

Baharuddin, ST, MT<sup>1</sup>, Ir. Zulkifli MT<sup>1</sup>  
Muhammad Farid<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Dosen Teknik Perkapalan, Universitas Hasanuddin

<sup>2</sup>Mahasiswa Teknik Perkapalan, Universitas Hasanuddin

**ABSTRAK**

Penanganan ikan segar sangat memegang peranan penting dalam proses produksi perikanan tangkap. Karena tujuannya adalah untuk mengusahakan agar kesegaran ikan setelah ditangkap dapat dipertahankan sampai berada di tangan konsumen. Oleh sebab itu, dilakukan pencarian teknologi alternatif, salah satu inovasinya yaitu merancang sistem pendingin RSW. Yang dimana tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengoptimalkan sistem pendingin RSW pada kapal ikan plat datar. Pada sistem *refrigerated sea water* (RSW) kapal ikan pelat datar 10 GT memiliki perbedaan tiap-tiap aliran yang dapat mempengaruhi waktu untuk mendinginkan dan untuk penyebarannya juga sama yang dimana model yang kedua aliran suhunya bergerak beberapa arah yang memungkinkan untuk suhu yang tersebar dapat merata. Adapun nilai untuk koefisien perpindahan panas untuk keduanya menghasilkan 3585.79 W/m<sup>2</sup> °C untuk model pertama dan 4000.4 W/m<sup>2</sup> °C untuk model ke dua. Dengan persentase 0.28 % untuk model pertama dan 4.42 % untuk model ke dua. Hasil simulasi pendistribusian yang terjadi pada sistem pendingin menggunakan *software Computational Fluid Dynamics* (CFD) mendapatkan hasil pendistribusian yang merata antara model yang pertama dan model yang kedua.

Kata kunci: Kapal Ikan Pelat Datar, Sistem Pendinginan, *Refrigerated Sea Water* (RSW),  
*Autodesk Computational Fluid Dynamics* (CFD)

## DAFTAR ISI

	Halaman
SAMPUL	
KATA PENGANTAR	I
ABSTRAK	Iii
DAFTAR ISI	Iv
DAFTAR TABEL	X
DAFTAR GAMBAR	Xi
DAFTAR LAMPIRAN	Xii
NOMENKLATUR	Xiii
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
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II. LANDSAN TEORI	5
2.1 Pengertian Kapal Ikan	5
2.1.1 Karakteristik Kapal Ikan	6
2.1.2 Kapal Ikan Plat Datar	8
2.2 Prinsip Kerja Mesin Pendinginan	9
2.2.1 Kompresor	10
2.2.2 Kondensor	12
2.2.3 Evaporator	13
2.2.4 Katup Ekspansi	15
2.3 Refrigeran	16
2.4 Prinsip Penyimpanan Ikan	18

2.4.1 Isolasi Ruang Palka	19
2.5 Jenis Pendingin Kapal Ikan	20
2.6 Kapasitas Beban Pendingin	22
2.6.1 Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh	22
2.6.2 Beban Pendingin	23
2.7 Komponen Pendukung	25
2.8. Metode Autodesk Computational Fluid Dynamics (CFD)	26
2.8.1 Proses Simulasi Autodesk CFD	28
<b>BAB III. METODE PENELITIAN</b>	<b>30</b>
3.1. Waktu Dan Tempat	30
3.2. Jenis Data	30
3.3. Tahap Penelitian	30
3.4. Prosedur Penelitian Penelitian	31
3.5. Alat Dan Bahan	32
3.6. Diagaram Alur Penelitian	37
3.7. Proses Memindahkan Desain Aplikasi AutodeskCFD	38
3.8. Simulasi Model Ruang Isolasi Autodesk CFD	40
3.8.1. Preprocessor	40
3.8.2. Processor	42
3.8.3. Postprocessor	43
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>44</b>
4.1. Gambar Umum Penilaian	44
4.2. Pemodelan Sistem Isolasi RSW Kapal Ikan Plat Datar	44
4.2.1. Pemodelan Pipa Evaporator	45
4.2.2. Pemodelan Ruang Isolasi Kapal Ikan Plat Datar	47
4.2.3. Proses Assambly Model	48
4.3. Hasil Simulasi	50



4.3.1. Model Pipa Evaporator Dengan Satu Sisi	51
4.3.2. Model Sistem Evaporator Keliling	54
4.4 Perbandinga Waktu dan Suhu	59
4.4 Pembahasn	60
<b>BAB V PENUTUP</b>	<b>63</b>
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	63
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>Xiv</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Temperatur Pengembunan Dan Telanan Pengembunan Dari Beberapa Refrigerant	13
Tabel 2.2	Menunjukkan Hubungan Antara Temperature Penguapan Dan Tekanan Penguapan.	15
Tabel 2.3	Hubungan Suhu Dengan Kegiatan Bakteri Dan Mutu Ikan	18
Tabel 3.1	<i>General Technical Terms</i> BlueCold 06164H	33
Tabel 3.2	Karakteristik Pipa dengan Material <i>Nickel Steel</i>	34
Tabel 3.3	Karakteristik <i>Refrigerant</i> R22	34
Tabel 3.4	Suhu Refrigerant terhadap berat jenis Refrigerant R-22 (liquid).	35
Tabel 3.5	Karakteristik Air Laut Perairan Indonesia	36
Tabel 4.1	Perbandingan waktu dan suhu	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Kapal Ikan	5
Gambar 2.2	Kapal Ikan Pelat Datar	9
Gambar 2.3	Siklus Refrigerasi Standar	9
Gambar 2.4	Kompresor Torak (Reciprocating)	11
Gambar 2.5	Kompresor Putar (Rotatry)	11
Gambar 2.6	Diagram P-h Siklus Kompresi Uap	16
Gambar 2.7.	Perpindahan Kalor Menyeluruh Melalui Dinding Datar	23
Gambar 3.1.	Kapal Ikan Plat Datar	32
Gambar 3.2.	Kompresor Dorin H32 H743CC	32
Gambar 3.3.	Kondensor Blue Cold 06164H	33
Gambar 3.4	<i>Refrigerant R22</i>	35
Gambar 3.5	Proses Memasukan Model Ke Aplikasi Autodesk CFD	38
Gambar 3.6	Penentuan Geometri	39
Gambar 3.7	Model Di Aplikasi Di Autodesk CFD	39
Gambar 3.8	Proses Penginputan Data Material	40
Gambar 3.9	Proses Penginputan Data <i>Boundary Conditional</i>	41
Gambar 3.10	Proses Meshing	41
Gambar 3.11	Proses <i>Slover</i> Atau <i>Running</i>	42
Gambar 3.12	Processor	42
Gambar 3.13	Hasil Simulasi	43
Gambar 4.1	Gambar Sistem RSW Pada Ruang Muat Kapal Ikan Plat Datar	45
Gambar 4.2	Desain Desain Sketsa Pipa <i>Evaporator</i>	46
Gambar 4.3	Desain Model 3 Demesin Pipa Evaporator	46
Gambar 4.4	Model Evaporator 1	47
Gambar 4.5	Model Evaporator 2	47
Gambar 4.6	Sketsa Desain Ruang Muat Kapal Ikan	48

Gambar 4.7	<i>Extrude</i> Desain Ruang Muat Kapal Ikan	49
Gambar 4.8	Desain Ruang Muat Kapal Ikan Plat Datar	
Gambar 4.9	<i>Control Place Component</i>	
Gambar 4.10	Part-Part Pada Model	50
Gambar 4.11	Proses Pengabungan	51
Gambar 4.12	Model Ruang Isolasi Kapal Plat Datar	50
Gambar 4.13	Hasil Simulasi	51
Gambar 4.14	Tampak Bagian Samping	52
Gambar 4.15	Tampak Bagian Depan	52
Gambar 4.16	Tampak Bagian Dalam	52
Gambar 4.17	Gambar Aliran Suhu Didalam Ruang Isolasi Palka	53
Gambar 4.18	Grafik Simulasi	54
Gambar 4.19	Model Simulasi	55
Gambar 4.20	Tampak Samping	56
Gambar 4.21	Tampak Depan	56
Gambar 4.23	Tampak Dalam Ruang Isolasi	56
Gambar 4.24	Aliran Suhu	57
Gambar 4.25	Grafik Hasil Simulasi	57
Gambar 4.26	Grafik Perbandingan Waktu dan Suhu	59

## DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN 1 Tabe Hasil Simulasi Model 1  
LAMPIRAN 2 Tabe Hasil Simulasi Model 2

## NOMENKLATUR

A	Luasan	$m^2$
$C_p$	Panas Jenis	$\text{kJ/kg } ^\circ\text{C}$
D	Diameter	m
G	Gravitasi	$\text{m/s}^2$
H	Head pompa	m
h	Entalpi	$\text{Kj/kg}$
K	Konduktivitas Thermal	$\text{kKal/m s } ^\circ\text{C}$
L	Panjang	m
M	Massa	kg
$\dot{m}$	Laju Aliran massa	$\text{Kg/s}$
N	Daya Pompa	kW
$\eta$	Efisiensi	
P	Daya kompresor	kW
$P$	Tekanan	bar
$P$	Massa Jenis	$\text{Kg}$
$Q$	Kalor	kW
$T_d$	Perbedaan Suhu	$^\circ\text{C}$
U	Koefisien Perpindahan Panas	56
V	Kecepatan	$\text{m/s}$
X	Ketebalan	m

$W$	Kerja	$kW$
$\Delta T$	Perbedaan Suhu	$^{\circ}C$

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latarbelakang**

Jumlah komoditi ikan di Indonesia merupakan salah satu yang terkaya didunia. Dikarenakan lautan Indonesia dilewati garis khatulistiwa merupakan pertemuan antara bagian bumi utara dan selatan. Disutulah banyak berkumpulnya ikan-ikan yang ingin mencari plangton sebagai makanannya. Melihat peluang tersebut, banyak masyarakat di Indonesia yang bermata pencaharian sebagai nelayan.

Hasil tangkapan melimpah nelayan sering kali tak berharga jika ikan yang ditangkap busuk sebelum sampai tempat pelelangan ikan. Maka dari itu dibutuhkan sistem pendingin dalam kapal nelayan. Kabanyakan para nelayan memanfaatkan produk es batu sebagai media pendingin. Tentu saja hal tersebut memiliki banyak kelemahan. Diantaranya es batu yang mudah mencair menjadikan pendinginannya kurang efektif.

Seiring dengan perkembangan teknologi, muncul suatu sistem pendingin *Refrigerated sea water (RSW)*. *Refrigerated sea water (RSW)* adalah sebuah sistem pendingin dengan menggunakan air laut yang didinginkan menggunakan alat mekanis. Alat mekanik yang digunakan untuk mendinginkan air laut tersebut adalah refrigerator. Hal yang menguntungkan dengan menggunakan sistem pendingin ini ialah volume palka yang dapat dimaksimalkan serta penurunan suhu ikan akan berlangsung lebih cepat karena suhu permukaan ikan dapat kontak dengan media pendingin.

Namun, dikhawtirkan sistem *Refrigerated sea water (RSW)* Ikan hasil pendinginan menjadi ikan segar asin dikarenakan aliran air laut tidak tersirkulasi secara sempurna. Sehingga suhu pada ruang muat kapal ikan yang mengakibatkan beberapa ikan yang berkondisi tidak segar. Hal tersebut dapat merugikan bagi konsumen, yang mana sudah berusaha membeli tapi rasa yang diharapkan kurang maksimal dikarenakan rasa yang sangat asin.



Berdasarkan hal tersebut, maka penelitian ini akan berfokus pada sirkulasi aliran suhu pada ruang muat kapal ikan dengan menggunakan aplikasi autodesk *Computational Fluid Dynamics* (CFD) dengan judul:

**“Optimasi Perencanaan Sistem Pendingin RSW Pada Kapal Ikan Plat Datar Dengan Simulasi CFD”**

### **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan di atas, dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut:

1. Sejauh mana efektivitas kinerja sistem pendingin ruang muat kapal ikan yang menggunakan sistem pendingin RSW dengan simulasi autodesk CFD.
2. Bagaimana aliran suhu dapat menyebar dengan baik pada agar pendinginan ikan dapat efektif dengan baik.

### **1.3. Batasan Masalah**

Pokok pembahasan pada penelitian ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Perhitungan kinerja sistem pendingin dilakukan menggunakan simulasi autodesk CFD.
2. Data kapal dan sistem pendingin diperoleh dari penelitian kapal ikan plat datar.
3. Sistem pendingin yang akan digunakan dalam simulasi adalah *Refrigrant*

### **1.4. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi tentang hal-hal sebagai berikut:

1. Mengetahui sistem kerja RSW yang digunakan pada kapal ikan dan memastikan sirkulasi pada kinerja RSW dapat menyebar di seluruh bagian palka di kapal ikan.

2. Dengan menyebarnya seluruh pada bagian pendingin diharapkan dapat membuat kualitas ikan menjadi lebih baik.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

Dalam penelitian ini diharapkan memiliki manfaat bagi banyak pihak yang berkepentingan. Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Untuk mengetahui kinerja sistem pendingin menggunakan simulasi autodesk CFD.
2. Untuk mengetahui efektivitas kinerja sistem pendingin ruang muat kapal ikan dengan menggunakan sistem pendingin RSW.
3. Untuk mengetahui siklus suhu yang terjadi pada sistem pendingin ruang muat kapal pelat datar agar bekerja secara optimal.

### **1.6. Sistematika Penulisan**

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini memberikan uraian tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, asumsi tujuan dan manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

#### **BAB II LANDASAN TEORI**

Bab ini menjelaskan tentang teori - teori gambaran wilayah penelitian, berbagai literature yang menunjang pembahasan dan digunakan sebagai dasar pemikiran dari penelitian ini..

#### **BAB III METODOLOGI PENULISAN**

Bab ini menguraikan lokasi penelitian, waktu penelitian, jenis penelitian, jenis data, metode analisis data dan kerangka piker.

#### **BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisikan penyajian data yang telah diperoleh, proses pengolahan, hasil pengolahan data serta pembahasan.

## BAB V PENUTUP

Bab ini berisikan tentang kesimpulan dan saran pada penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Kapal Ikan**

Menurut Undang-Undang RI No. 31 (2004), kapal perikanan adalah kapal, perahu atau alat apung lainnya yang dipergunakan untuk melakukan penangkapan ikan, mendukung operasi penangkapan ikan, pembudidayaan ikan, pengangkutan ikan, pengolahan ikan, pelatihan perikanan, dan penelitian atau eksplorasi perikanan.



Gambar 2.1. Kapal Ikan

Menurut pernyataan pihak Nomura & Yamazaki (1977), secara garis besar mengelompokkan kapal ikan ke dalam empat jenis yaitu:

- a) Kapal penangkap ikan yang khusus digunakan dalam operasi penangkapan ikan atau mengumpulkan sumberdaya hayati perairan, antara lain kapal pukat udang, perahu pukat cincin, perahu jaring insang, perahu payang, perahu pancing tonda, kapal rawai, kapal huhate, dan sampan yang dipakai dalam mengumpul rumput laut, memancing dan lain lain.
- b) Kapal induk adalah kapal yang dipakai sebagai tempat mengumpulkan ikan hasil tangkapan kapal penangkap ikan dan mengolahnya. Kapal induk juga berfungsi sebagai kapal pengangkut ikan. Hal ini berkaitan dengan pertimbangan efisiensi dan permodalan.

- c) Kapal pengangkut ikan adalah kapal yang digunakan untuk mengangkut hasil perikanan dari kapal induk atau kapal penangkap ikan dari daerah penangkapan ke pelabuhan yang dikategorikan kapal pengangkut.
- d) Kapal penelitian, pendidikan dan latihan adalah kapal ikan yang digunakan untuk keperluan penelitian, pendidikan dan latihan penangkapan, pada umumnya adalah kapal-kapal milik instansi atau dinas

### **2.1.1 Karakteristik Kapal Ikan**

Menurut Setianto (2007), Kapal perikanan sebagaimana layaknya kapal penumpang dan kapal niaga lainnya maupun kapal barang, harus memenuhi syarat umum sebagai kapal. Berkaitan dengan fungsinya yang sebagian besar untuk kegiatan penangkapan ikan, maka harus juga memenuhi syarat khusus untuk mendukung keberhasilan kegiatan tersebut yang meliputi: kecepatan, olah gerak/maneuver, ketahanan stabilitas, kemampuan jelajah, konstruksi, mesin penggerak, fasilitas pengawetan dan prosesing serta peralatan penangkapan.

#### **1. Kecepatan**

Kapal penangkap ikan biasanya membutuhkan kecepatan yang tinggi, karena untuk mencari dan mengejar gerombolan ikan. Disamping itu juga untuk mengangkut hasil tangkapan dalam keadaan segar sehingga dibutuhkan waktu relatif singkat.

#### **2. Olah Gerak**

Kapal perikanan memerlukan olah gerak/manuver kapal yang baik terutama pada waktu operasi penangkapan dilakukan. Misalnya pada waktu mencari, mengejar gerombolan ikan, pengoperasian alat tangkap dan sebagainya.

#### **3. Ketahanan Stabilitas**

Kapal perikanan harus mempunyai ketahanan stabilitas yang baik terutama pada waktu operasi penangkapan ikan dilakukan. Ketahanan

terhadap hempasan angin, gelombang dan sebagainya. Dalam hal ini kapal perikanan sering mengalami olengan yang cukup tinggi.

#### 4. Jarak Pelayaran/Kemampuan jelajah

Kapal perikanan harus mempunyai kemampuan jelajah, untuk menempuh jarak yang sangat tergantung pada kondisi lingkungan perikanan, seperti: pergerakan gerombolan ikan, fishing ground dan musim ikan. Sehingga jarak pelayaran bisa jauh, sebagai contoh Tuna Long Line.

#### 5. Konstruksi

Konstruksi kapal perikanan harus kuat terhadap getaran mesin utama yang biasanya mempunyai ukuran PK lebih besar dibanding kapal niaga lainnya yang seukuran, benturan gelombang dan angin akan lebih besar karena kapal perikanan sering memotong gelombang pada saat mengejar gerombolan ikan.

#### 6. Mesin Penggerak

Mesin penggerak utama kapal (mesin engine) kapal perikanan, ukurannya harus kecil tetapi mempunyai kekuatan yang besar dan ketahanan harus tetap hidup dalam kondisi olengan maupun trim dalam waktu yang lama, mudah dioperasikan maju dan mundur dimatikan maupun dihidupkan.

#### 7. Fasilitas Pengawetan dan Pengolahan

Kapal perikanan biasanya digunakan juga untuk mengangkut hasil tangkapan sampai ke pelabuhan. Dalam pengangkutan diharapkan hasil tangkapan tetap dalam keadaan segar, untuk itu kapal perikanan harus dilengkapi dengan tempat penyimpanan ikan/palka yang berinsulasi dan biasanya untuk menyimpan es tetapi ada yang dilengkapi dengan mesin pendingin tempat pembekuan ikan, bahkan ada juga yang dilengkapi dengan sarana pengolahan.

## 8. Perlengkapan Penangkapan

Kapal perikanan biasanya membutuhkan perlengkapan penangkapan, seperti: Line hauler, net hauler, trawl winch, purse winch, power block dan sebagainya.

Perlengkapan penangkapan, tergantung pada alat tangkap yang digunakan dalam operasional.

### 2.1.2 Kapal Ikan Plat Datar

Kapal ikan pelat datar seperti yang terlihat pada gambar 2.1. merupakan sebuah teknologi inovatif kapal dengan menggunakan baja sebagai material utama. Teknologi ini merupakan yang pertama di Indonesia. Kapal ini disebut kapal pelat datar karena seluruh konstruksi badan kapal dibangun dengan pelat baja datar tanpa melewati proses pelengkungan pelat (*bending process*).

Melalui teknologi ini dapat menghasilkan kapal dengan waktu yang lebih cepat dan biaya produksi lebih murah. kapal ikan pelat datar yang dirancang sebagai kapal perikanan ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

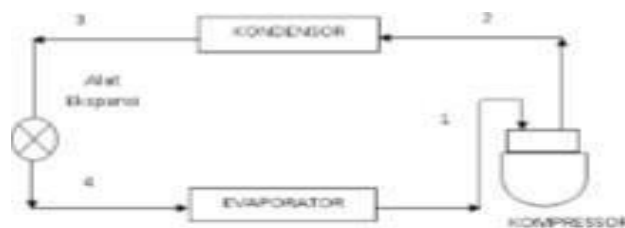
- Ukuran utama kapal: Panjang (15 m); Lebar (4,075 m); Tinggi (2,4 m); Draft (1,35 m) dan; Kecepatan (9 Knot)
- Sistem propulsi kapal dan kendali: Daya mesin utama (90 Hp); Baling-baling tunggal (diameter 63 cm dengan 4 daun); kemudi hidrolis dengan luas daun kemudi 42 cm<sup>2</sup>.
- Sistem kelistrikan dengan menggunakan solar cell dengan output 1000w
- Kapasitas muat ABK (7 orang); Muatan ikan (10 ton)



Gambar 2.2. Kapal Ikan Pelat Datar

## 2.2 Prinsip Kerja Mesin Pendingin

*Refrigerant* merupakan media pemindah kalor pada system *refrigerasi*, dimana *refrigeran* menyerap kalor pada tekanan rendah melalui evaporator dan melepaskan panas pada tekanan tinggi melalui kondensor. Evaporator menyerap panas dari ruangan yang dikondisikan sehingga temperatur ruangan menjadi dingin dan refrigeran bertekanan rendah di dalam evaporator mengalami pendidihan. Uap refrigeran tersebut kemudian dikompresikan oleh kompresor ketekanan tinggi sehingga temperatur uap refrigeran tersebut juga mengalami kenaikan sehingga panas refrigeran tersebut dapat dilepaskan ke lingkungan melalui kondensor sedangkan refrigeran mengalami kondensasi sehingga refrigeran berubah fasa menjadi cairan pada tekanan tinggi. Cairan refrigeran tersebut kemudian diekspansikan ke tekakanan evaporator untuk siklus selanjutnya oleh alat ekspansi [12]. Siklus refrigerasi dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 2.3. Siklus refrigerasi Standart Pada gambar 1 diatas menunjukkan komponenkomponen dan siklus sederhana dari sistem pendingin berdasarkan siklus kompresi uap standart.



### 2.2.1 Kompresor

Kompresor adalah jantung dari sistem kompresi uap, karena kompresor adalah pemompa bahan pendingin keseluruhan sistem. Pada sistem refrigerasi kompresor bekerja membuat perbedaan tekanan, sehingga bahan pendingin dapat mengalir dari satu bagian ke bagian yang lain dalam sistem. Karena ada perbedaan tekanan antara sisi tekanan tinggi dan sisi tekanan rendah, maka bahan pendingin dapat mengalir melalui alat pengatur bahan pendingin ke evaporator.

Kompresor dalam sistem refrigerasi berfungsi untuk:

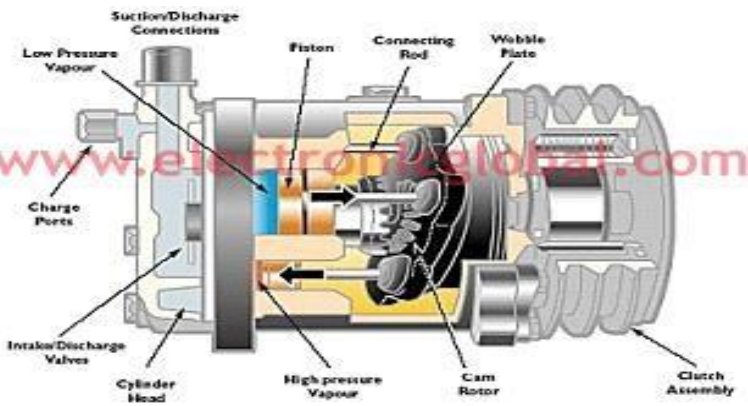
- Menurunkan tekanan di dalam evaporator, sehingga bahan pendingin cair di evaporator dapat mendidih atau menguap pada suhu yang lebih rendah dan menyerap panas lebih banyak dari ruang di dekat evaporator.
- Menghisap bahan pendingin gas dari evaporator dengan suhu rendah dan tekanan rendah lalu memampatkan gas tersebut sehingga menjadi gas suhu tinggi dan tekanan tinggi. Kemudian mengalirkan ke kondensor, sehingga gas tersebut dapat memberikan panasnya kepada zat yang mendinginkan kondensor lalu mengembun. Untuk menentukan beberapa suhu yang harus dicapai oleh evaporator, antara lain ditentukan oleh beberapa rendah suhu penguapan di evaporator.

Hal ini bergantung dari bahan pendingin dan macam kompresor yang dipakai. Kompresor yang banyak dipakai ada 2 macam yaitu:

#### 1. Kompresor torak ( Reciprocating )

Kompresor torak adalah suatu kompresor yang proses pengisapan dan penekanan terhadap refrigeran menggunakan torak. Sebagian besar unit refrigerasi berkapasitas besar menggunakan kompresor torak. Kompresor torak memiliki cara kerja yang sama dengan motor dua tak. Kompresor memiliki silinder, yang didalamnya piston bergerak turun – naik. Gerak turun – naiknya piston disebabkan oleh kerja motor listrik di dalam kompresor. Pada saat piston bergerak turun / ke bawah terjadi penurunan dalam silinder,

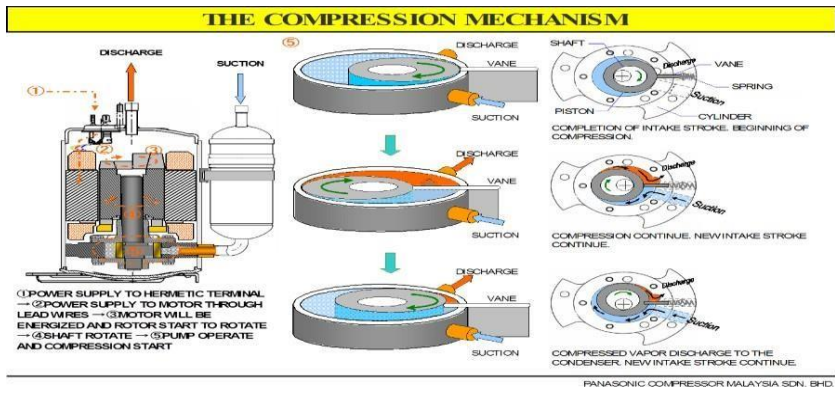
tepatnya antara piston dengan tutup silinder. Katup isap membuka dan bahan pendingin diisap masuk melalui katup isap dalam silinder. Pada saat piston bergerak ke atas / naik, gas yang ada di dalam silinder termampatkan dan ditekan ke atas. Katup tekan terbuka, gas tertekan keluar melalui katup tekan ini.



Gambar 2.4. Kompresor Torak (Reciprocating)

2. Kompresor putar (rotary)

Kompresor putar adalah kompresor yang menggunakan sepasang rotor yang berputar untuk mengisap dan menekan refrigeran. Konstruksi kompresor Rotari lebih sederhana dan suaranya lebih halus (Stoecker. et al, 1996 ).



Gambar 2.5. Kompresor Putar (Rotary)

### 2.2.2 Kondensor

Kondensor berfungsi untuk membuang kalor dan mengubah wujud bahan pendingin dari gas menjadi cair. Selain itu kondensor juga digunakan untuk membuat kondensasi bahan pendingin gas dari kompresor dengan suhu tinggi dan tekanan tinggi [12]. Kondensor ada tiga macam menurut pendinginannya yaitu

- Kondensor dengan pendinginan udara ( air cooled )
- Kondensor dengan pendinginan air ( water cooled )
- Kondensor dengan pendinginan campuran udara dan air ( evaporative )

Faktor penting yang menentukan kapasitas kondensor dengan pendinginan udara adalah :

1. Luas permukaan yang didinginkan dan sifat perpindahan kalornya.
2. Jumlah udara permenit yang dipakai untuk mendinginkan
3. Perbedaan suhu antara bahan pendingin dengan udara luar.
4. Sifat dan karakteristik bahan pendingin yang dipakai.

Laju perpindahan kalor yang dibutuhkan di dalam kondensor merupakan fungsi dari kapasitas refrigerasi, suhu penguapan serta suhu pengembunan.

Uap *refrigerant* yang bertekanan dan bertemperatur tinggi pada akhir kompresi dapat dengan mudah dicairkan dengan mendinginkannya dengan air pendingin (atau dengan udara pendingin pada system dengan pendinginan udara) yang ada pada temperature normal. Dengan kata lain, uap refrigerant menyerahkan panasnya (kalor laten pengembunan) kepada air pendingin (atau udara pendingin) di dalam kondensor, sehingga mengembun dan menjadi cair. Jadi, karena air (udara) pendingin menyerap panas dari refrigerant, maka ia akan menjadi panas pada waktu keluar dari kondensor

Selama *refrigerant* mengalami perubahan dari fase uap ke fase cair, di mana terdapat campuran *refrigerant* dalam fase uap dan cair, tekanan (tekanan pengembunan) dan temperaturnya (temperature pengembunan) konstan. Oleh

karena itu temperaturnya dapat dicari dengan mengukur tekanannya. Table 2.1 menunjukkan hubungan antara temperature pengembunan (kondensasi) dan tekanan pengembunan (kondensasi). [11]

Temperatur pengembunan (0C)	Tekanan (lebih) pengembunan (kg/cm2)			
	R12	R22	R500	R502
30	6,55	11,23	7,94	14,04
35	7,60	12,92	9,19	15,93
40	8,74	14,76	12,06	17,99

Tabel 2.1. Temperatur Pengembunan Dan Telanan Pengembunan Dari Beberapa Refrigerant.

Kalor yang dikeluarkan di dalam kondensor adalah jumlah kalor yang diperoleh dari udara yang mengalir melalui evaporator (kapasitas pendinginan), dan kerja (energi) yang diberikan oleh kompresor kepada fluida kerja. Dalam hal penyegaran udara, jumlah kalor tersebut kira –

kira sama dengan 1,2 kali kapasitas pendinginannya [5]. Uap refrigerant menjadi cair sempurna di dalam kondensor, kemudian dialirkan ke dalam pipa evaporator melalui katup ekspansi. Dalam hal ini, temperature refrigerant cair biasanya 2 – 30 C, lebih rendah dari pada temperature refrigerant cair jenuh pada tekanan kondensasinya. Temperature tersebut menyatakan besarnya derajat pendinginan lanjut (degree of subcooling).

### 2.2.3. Evaporator

Evaporator berfungsi untuk menyerap panas dari udara atau benda di dalam lemari es dan mendinginkannya. Kemudian membuang kalor tersebut melalui kondensor diruang yang tidak didinginkan. Kompresor yang sedang bekerja menghisap bahan pendingin gas dari evaporator , sehingga tekanan didalam evaporator menjadi rendah dan vakum.

Evaporator fungsinya kebalikan dari kondensor, yaitu membuang panas kepada udara sekitar tetapi untuk mengambil panas dari udara didekatnya. Perencanaan evaporator harus mencakup : penguapan yang efektif dari bahan

pendingin dengan penurunan tekanan yang minimum dan pengambilan panas dari zat yang didinginkan secara efisien. Perencanaan evaporator tergantung dalam penempatannya dan zat yang akan langsung didinginkan apakah berwujud : gas, cair atau padat. Pada semua keadaan beban, bahan pendingin akan penguap waktu mengalir sepanjang pipa evaporator atau permukaan evaporator dan diusahakan agar cairan tetap membasai semua bagian dari evaporator.

Berdasarkan prinsip kerjanya evaporator dapat dibagi menjadi 2 macam yaitu:

1. Evaporator banjir (flooded evaporator)
2. Evaporator kering (dry or direct-expansion evaporator)

Evaporator (penguap) yang dipakai berbentuk pipa bersirip pelat. Tekanan cairan refrigerant yang diturunkan pada katup ekspansi, didistribusikan secara merata ke dalam pipa evaporator, oleh distributor refrigerant. Dalam hal tersebut refrigerant akan menguap dan menyerap kalor dari udara ruangan yang dialirkan melalui permukaan luar dari pipa evaporator. Apabila udara didinginkan (di bawah titik embun), maka air yang ada dalam udara akan mengembun pada permukaan evaporator, kemudian ditampung dan dialirkan keluar. Jadi, cairan refrigerant diuapkan secara berangsur – angsur karena menerima kalor sebanyak kalor laten penguapan, selama mengalir di dalam setiap pipa dari koil evaporator. Selama proses penguapan itu, di dalam pipa akan terdapat campuran refrigerant dalam fase cair dan gas. Dalam keadaan tersebut , tekanan (tekanan penguapan) dan temperaturnya (temperature penguapan) konstan. Oleh karena itu temperaturnya dapat dicari dengan mengukur tekanan refrigerant di dalam evaporator.

Table 2.2. Menunjukkan Hubungan Antara Temperature Penguapan Dan Tekanan Penguapan. Uap refrigerant (uap jenuh kering) yang terjadi karena penguapan sempurna di dalam pipa, dikumpulkan di dalam sebuah penampung uap (header). Selanjutnya, uap tersebut diisap oleh kompresor.

Temperatur penguapan (0C)	Tekanan (lebih) pengembunan (kg/cm2)			
	R12	R22	R500	R502
5	2,67	4,97	3,31	5,75
6	2,78	5,15	3,46	5,96
7	2,91	5,35	3,61	6,17

Tabel 2. Temperatur penguapan dan tekanan penguapan dari beberapa refrigerant

#### 2.2.4. Ekspansi

Alat ekspansi mempunyai dua fungsi yaitu menurunkan tekanan refrigeran cair dan mengatur aliran refrigeran ke evaporator [12]. Jenis alat-alat ekspansi:

##### 1. Pipa kapiler

Pipa kapiler dibuat dari pipa tembaga dengan lubang dalam yang sangat kecil. Panjang dan lubang kapiler dapat mengontrol jumlah bahan pendingin yang mengalir ke evaporator.

Fungsi Pipa kapiler adalah :

- Menurunkan tekanan bahan pendingin cair yang mengalir didalamnya.
  - Mengatur jumlah bahan pendingin cair yang mengalir melaluinya.
  - Membangkitkan tekanan bahan pendingin di kondensor.
2. Katup ekspansi berpengendali superheat ( panas lanjut ) Jenis alat ekspansi yang paling populer untuk sistem refrigerasi berukuran sedang adalah katup berkendali lanjut panas atau katup ekspansi termostatik. Pengendalian tidak digerakkan oleh suhu di dalam evaporator, tetapi oleh besarnya panas lanjut gas hisap yang meninggalkan evaporator. Katup ekspansi panas-lanjut mengatur laju aliran refrigeran cair yang besarnya sebanding dengan laju penguapan didalam evaporator.
  3. Katup ekspansi tekanan konstan berfungsi mempertahankan tekanan yang konstan pada sisi keluarannya, yang merupakan masukan evaporator. Katup tersebut mengindera tekanan evaporator, dan bila tekanan tersebut turun

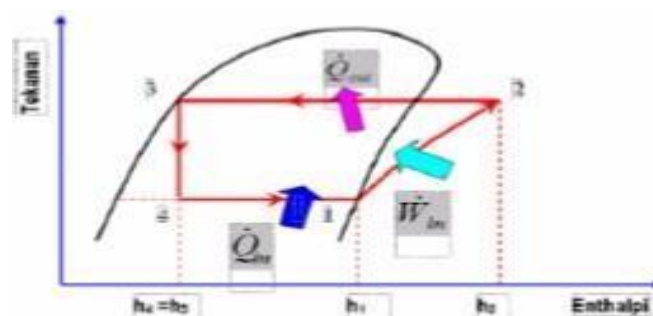
kebawah batas kendali, maka katub membuka lebih besar. Bila tekanan evaporator naik keatas batas kendali, katup tersebut menutup sebagian.

4. Katup apung ( float valve ) adalah suatu jenis katup ekspansi yang mempertahankan cairan berada pada level yang konstan didalam suatu wadah atau evaporator. Dengan mempertahankan level cairan didalam evaporator, katup apung selalu menciptakan kondisi aliran yang seimbang antara kompresor dan katup itu sendiri.

Setiap alat tersebut terakhir dirancang untuk suatu penurunan tekanan tertentu. Katup ekspansi yang biasa dipergunakan adalah katup ekspansi termostatik yang dapat mengatur laju aliran refrigerant, yaitu agar derajat super panas uap refrigerant di dalam evaporator dapat diusahakan konstan. Dalam penyegar udara yang kecil, dipergunakan pipa kapilar sebagai pengganti katup ekspansi. Diameter dalam dan panjang dari pipa kapilar tersebut ditentukan berdasarkan besarnya perbedaan tekanan yang diinginkan, antara bagian yang bertekanan tinggi dan bagian yang bertekanan rendah, dan jumlah refrigerant yang bersirkulasi. Cairan refrigerant mengalir ke dalam evaporator, tekanannya turun dan menerima kalor penguapan dari udara, sehingga menguap secara berangsur – angsur. Selanjutnya proses siklus tersebut di atas terjadi berulang – ulang.

### 2.3 Refrigeran

Siklus refrigerasi akan dapat diilustrasikan dengan mudah melalui diagram moiler secara sekematis sebagai berikut:



Gambar 2.6 Diagram P-h siklus kompresi uap

Proses-proses yang membentuk siklus kompresi uap standar adalah Proses 1-2, merupakan kompresi adiabatik dan reversibel dari uap jenuh menuju tekanan kondensor. Apabila perubahan energi kinetik dan energi potensial diabaikan, maka kerja kompresor adalah:

$$W_{in} = \dot{m}_{ref} (h_2 - h_1)$$

Proses 2-3 adalah proses pelepasan kalor reversibel pada tekanan konstan, menyebabkan penurunan panas lanjut (desuperheating) dan pengembunan refrigeran. Kapasitas laju aliran kalor kondensasi

$$Q_{out} = \dot{m}_{ref} \cdot (h_2 - h_3)$$

Proses 3-4 ialah proses ekspansi tidak Reversibel pada entalpi konstan, dari cairan jenuh menuju tekanan evaporator. Proses pencekikan (throttling process) pada sistem pendingin terjadi di dalam pipa kapiler atau katup ekspansi. Proses di sini berlangsung pada proses adiabatik, sehingga

$$h_4 = h_3$$

Proses 4-1 merupakan penambahan Kalor reversibel pada tekanan tetap, yang menyebabkan penguapan menuju uap jenuh. Kapasitas laju aliran kalor evaporasi dirumuskan.

$$Q_{in} = \dot{m}_{ref} \cdot (h_1 - h_4)$$

Istilah prestasi di dalam siklus refrigerasi disebut dengan koefisien prestasi atau COP yang didefinisikan sebagai:

$$COP = \frac{Q_{in}}{W_{in}} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

dimana :

$h_1$  = Entalpi keluar evaporator [Btu/lb]

$h_2$  = Entalpi masuk kondensor [Btu/lb]

$h_3$  = Entalpi keluar kondensor [Btu/lb]



$h_4$  = Entalpi masuk evaporator [Btu/lb]

$m_{ref}$  = Laju aliran massa refrigeran [lbm/min]

## 2.4 Prinsip Penyimpanan Ikan

Dalam kehidupan sehari-hari, teknologi refrigerasi lebih dikenal dalam bentuk produknya yang berupa es, lemari dingin (refrigerator rumah tangga), pabrik es dan lain-lain. Dalam bidang perikanan contoh penggunaan *cold storage* yaitu bangunan untuk penyimpanan ikan. Ikan tergolong pangan yang paling cepat membusuk dikarenakan oleh kegiatan bakteri di dalamnya dan teknik refrigerasilah yang sudah terbukti mampu mengawetkannya. Beberapa metode atau sistem pendingin ikan di kapal adalah :

- Pendingin Ikan dengan es (*icing*)
- Pendingin ikan dengan udara dingin (*chilling in cold air*)
- Pendinginan ikan dengan es air laut
- Pendinginan ikan dengan air yang didinginkan (*chilling in water*)
- Pendinginan ikan dengan es kering
- Pendingin ikan dengan teknologi refrigerasi

Untuk lebih jelasnya hubungan suhu dengan kegiatan bakteri dan mutu ikan dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.3. Hubungan suhu dengan kegiatan bakteri dan mutu ikan.

No	Suhu (°C)	Kegiatan Bakteri	Mutu Ikan
Suhu tinggi			
1.	• 25-10	Luar Biasa Cepat	Cepat menurun daya awet sangat pendek (3-10 jam)
	• 10-2	Pertumbuhan lebih lambat	Mutu Turun lambat, daya awet pendek (2-5 hari)
2.	Suhu rendah		

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 -1</li> </ul>	Pertumbuhan bakteri jauh berkurang	Penurunan mutu agak dihambat, daya awet wajar. (3-10 hari)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• -1</li> </ul>	Kegiatan dapat ditekan	Sebagai ikan basah penurunan minimum, daya awet ikan basah (5-20 hari)
Suhu sangat rendah			
3.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• -2 - -10</li> </ul>	Ditekan, tidak aktif	Penurunan mutu minimum ikan jadi beku, daya awet panjang (7-30hari)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• -18 dan lebih rendah</li> </ul>	Ditekan minimum, bakteri tidak tersisa tidak aktif.	Mutu ikan beku lebih baik, daya awet samoai setahun

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

Temperatur air laut untuk mendinginkan ikan memiliki kriteria tersendiri, mulai dari 5 °C yang hanya cukup untuk mengawetkan ikan selama 4 hari, dan jika sampai -1 °C maka daya awet ikan dapat diperpanjang menjadi 15 bahkan 20 hari. (Untung Budiarto, 2016)

#### **2.4.1 Isolasi Ruang Palka**

Ruang Palka merupakan bagian di sebuah kapal yang berfungsi sebagai wadah untuk menyimpan hasil tangkapan berupa ikan dan biasanya dilengkapi oleh system isolasi ruang palka yang berfungsi sebagai penghalang panas dari luar untuk masuk ke dalam ruang palka.

Pada umumnya bahan isolasi yang digunakan harus bersih, tidak menimbulkan cacat pada bahan yang tersimpan didalamnya, kuat terhadap guncangan dan benturan, tidak mengandung racun serta tidak menimbulkan bau, merubah rasa dan warna bahan yang diawetkan.

Beberapa karakteristik terpenting dari perbedaan material isolasi yaitu:

- *Cellular glass*, padat dan digunakan di lantai dimana factor berat tidak masalah dan keuntungannya kekuatan kompresinya tinggi.
- *Glass fiber*, ringan namun tidak dapat menahan berat dan tidak tahan terhadap uap air.
- *Polyurethane* dan *polyisocyanorate* adalah jenis isolasi yang memiliki konduktivitas termal paling rendah sehingga sangat baik dalam meredam panas.
- *Glass fiber* dan *molded polystyrene* adalah isolasi yang paling murah, sementara yang paling mahal yaitu *cellular glass*. (Stoecker, 1998)

## 2.5 Jenis Pendingin Ikan pada Kapal

Proses pendinginan ikan pada kapal perikanan biasanya menggunakan bahan baku berupa es balok ataupun es dengan struktur yang lebih kecil lagi. Berikut adalah beberapa cara pendinginan ikan pada umumnya.

- **Slurry Ice**

Slurry ice terdiri dari larutan air yang mempunyai kristal es. Slurry ice juga didefinisikan sebagai *Finecrystalline Ice Slurry* adalah slurry ice dengan partikel es yang memiliki ukuran diameter rata-rata sama dengan atau kurang dari 1 mm. Secara umum slurry ice mempunyai sifat dan karakteristik fisik sebagai berikut :

- Larutan dan padatan dengan temperatur sampai  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Dapat dibuat dari larutan brine yang dipakai di bawah nilai titik bekunya dengan beban pendinginan pada temperatur antara  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Slurry ice akan menjadi larutan yang mempunyai sifat dan perilaku yang sangat berbeda dengan brine yang melarutkannya.
- Merupakan fluida 2 fasa non-Newtonian pada fraksi es yang tinggi.

- Memerlukan perhitungan pemipaan, pompa, heat exchanger, dan storage tank yang berbeda.

- **Es Balok**

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

- ***Refrigerated Sea Water***

Media pendingin air yang digunakan dengan alat mekanis disebut juga dengan Refrigerated sea water (RSW). Alat mekanik yang digunakan untuk mendinginkan air laut tersebut adalah refrigerator. Evaporator yang merupakan bagian dari refrigerator disimpan pada salah satu dinding tangki. Evaporator ini berfungsi untuk mendinginkan air laut dengan menyerap panas yang dikeluarkan oleh ikan maupun air laut.

Air dingin disirkulasi ke dalam tangki penyimpanan dan selanjutnya dialirkan kembali melewati refrigerator dengan pompa. Air yang telah melewati refrigerator akan menjadi dingin dan selanjutnya disirkulasi kembali ke tangki penyimpanan.

Penggunaan ikan dengan menggunakan sistem RSW banyak digunakan oleh kapal penangkapan ikan yang berukuran besar. Pada umumnya, kapal-kapal besar tersebut dalam melakukan penangkapan ikan sampai berbulan-bulan lamanya sehingga media pendingin yang digunakan harus mampu mempertahankan hasil tangkapannya sampai kapal tersebut berlabuh.

- **Es Curai**

Es curai merupakan es yang berbentuk butiran-butiran yang sangat halus dengan diameter 2 mm dan tekstur lembek, umumnya sedikit berair. Mesin yang digunakan berukuran kecil dan produksinya sedikit, hanya untuk ikan di sekitar pabrik. Es ini lebih cepat meleleh sehingga proses pendinginan lebih cepat terjadi. Tetapi, di lain pihak akan banyak jumlah es yang hilang sehingga lebih banyak jumlah es yang diperlukan. Hal sama juga terjadi dengan es yang berukuran kecil. Ukuran es yang semakin kecil menyebabkan ikan akan lebih cepat dalam proses pendinginannya.

Es curai (small ice atau fragmentary ice) adalah istilah yang diberikan pada banyak es yang dibuat dalam bentuk kepingan kecil, yang dalam perdagangan dikenal dengan nama es keeping (flake ice).

## 2.6 Kapasitas Beban Pendingin

Berikut ini merupakan beberapa tinjauan pustaka yang dapat digunakan untuk menghitung kapasitas total beban pendingin.

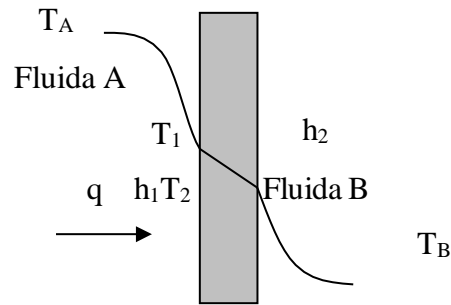
### 2.6.1 Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh (U)

Dalam proses perpindahan kalor, tidak menutup kemungkinan laju perpindahan kalor konduksi, konveksi dan radiasi terjadi dalam waktu yang bersamaan. Untuk itu perlu diketahui besarnya koefisien perpindahan kalor total. Pada dinding datar seperti pada gambar (2.5), dimana pada satu sisinya terdapat fluida panas A dan pada sisi lainnya terdapat fluida B yang lebih dingin, perpindahan kalor dinyatakan : (Holman J.P., 1994:32)

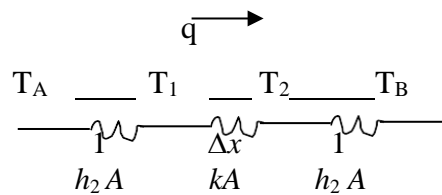
$$q = h_A \cdot A \cdot (T_1 - T_A) = \frac{kA}{\Delta x} (T_1 - T_2) = h_B \cdot A \cdot (T_2 - T_B)$$

Proses perpindahan kalor ini dapat digambarkan dengan jaringan tahanan *thermal* seperti pada gambar 2.5 dan 2.6. Dengan demikian perpindahan kalor menyeluruh dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$q = \frac{T_A - T_B}{\frac{1}{h_1 A} + \frac{\Delta x}{k A} + \frac{1}{h_2 A}}$$



Gambar 2.7. Perpindahan kalor menyeluruh melalui dinding datar



Gambar 2.6. Jaringan tahanan *thermal*

Dengan demikian, koefisien perpindahan kalor menyeluruh dapat dihitung dengan menggunakan persamaan : (Holman J.P., 1994:33)

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{\Delta x}{k} + \frac{1}{h_2}} \quad 2.5$$

### 2.6.2 Beban Pendingin

Beban pendingin meliputi:

- Panas mengalir ke dalam ruang pendingin dari konduksi luar melalui dinding yang diisolasi.
- Panas masuk ke ruang secara langsung oleh sinar matahari melalui kaca atau material lain yang transparan.
- Panas mengalir ke dalam ruang pendingin oleh udara panas masuk melalui bukaan pintu atau melalui keretakan pada jendela atau pintu.

- Panas dari produk ketika temperatur produk diturunkan ke tingkat yang diinginkan.
- Panas dari orang pada saat beraktivitas didalam ruang pendingin.
- Panas dari peralatan yang terletak didalam ruang produk, seperti motor elektrik, lampu, peralatan elektronik, tabel uap, material handling equipment. (Dossat)

Beberapa persamaan untuk menghitung beban pendingin:

- Beban Transmisi (Q1)

$$Q1 = U \times A \times Td$$

Dimana:

$Q1$  = Aliran panas melalui boundary (Btu/24hr)

$A$  = Luas permukaan dinding (ft<sup>2</sup>)

$Td$  = Perbedaan temperatur (°F)

Dengan persamaan koefisien pengaliran panas seperti berikut :

$$U = \frac{1}{\left( \frac{1}{f_o} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3} + \dots + \frac{x_n}{k_n} + \frac{1}{f_1} \right)}$$

Dimana :

$U$  = Koefisien perpindahan panas (W/m<sup>2</sup>°C)

$F_o$  = faktor film udara luar

$f_1$  = faktor film udara dalam

$x$  = Tebal setiap lapisan material (m)

$k$  = Konduktivitas *thermal* (kkal/m s°C)

- Beban solar atau radiasi (Q2)

$$Q2 = U \times A \times (Te - Ti)$$

Dimana:

$Q2$  = Aliran panas radiasi (kW)

$U$  = Koefisien perpindahan panas (W/m<sup>2</sup>°C)

$A$  = Luas permukaan dinding atap (m<sup>2</sup>)

$T_e$  = Temperatur efektif ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_i$  = Temperatur didalam ruang pendingin ( $^{\circ}\text{C}$ )

- Beban personel atau orang (Q3)

$$Q3 = \text{faktor} \times P_n \times \text{hr}$$

Dimana:

Q3 = Panas orang (kW)

Faktor = Lihat Tabel atau Grafik Faktor panas per orang

$P_n$  = Jumlah orang

hr = Lama orang didalam ruang palka (jam)

- Beban infiltrasi (Q4)

$$Q4 = V * \text{airchanges} * 0,075(h_o - h_i)r$$

Dimana:

Q4 = Panas infiltrasi (kW)

V = Volume udara di ruang palka ( $\text{m}^3$ )

$h_o$  = Enthalpy pada temperatur udara luar (kJ/kg)

$h_i$  = Enthalpy pada temperatur udara dalam (kJ/kg)

Air changes = per 24hr

- Beban Produk (Ikan) (Q5)

$$Q5a = m \times c \times \Delta T$$

Dimana:

Q5 = Jumlah panas produk (kW)

m = Massa produk (kg)

c = Panas spesifik sebelum pembekuan (kJ/kg $^{\circ}\text{C}$ )

$\Delta T$  = Perubahan temperatur produk awal ( $^{\circ}\text{C}$ )

## 2.7 Komponen Pendukung

Komponen pendukung yang sangat penting dalam RSW ialah pompa. Pompa pada RSW berfungsi untuk mengalirkan atau mensirkulasikan air pendingin



kedalam kondensor guna mendinginkan *refrigerant*. Selain itu pompa pada sistem RSW juga berguna untuk mengisi palka dengan media pendingin ikan dalam hal ini air laut.

Untuk menghitung daya pompa yang dibutuhkan digunakan rumus sebagai berikut:

$$N = \frac{Q \times H \times \rho \times g}{\eta}$$

Dimana :

- N = Daya pompa
- Q = Laju aliran fluida (m<sup>3</sup>/s)
- H = Head Total(m)
- $\rho$  = Massa Jenis air (kg/m<sup>3</sup>)
- g = gravitasi (m/s<sup>2</sup>)
- $\eta$  = efisiensi

## 2.8 Metode Autodesk *Computational Fluid Dynamics* (CFD)

*Computational Fluid Dynamics* (CFD) adalah salah satu cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk menyelesaikan dan menganalisa masalah yang terjadi pada aliran fluida. Dalam CFD penggunaan komputer sangat vital karena harus melakukan jutaan perhitungan untuk mensimulasikan interaksi fluida dan gas yang digunakan pada bidang *engineering*. Ketika kita menggunakan CFD dengan dukungan perangkat keras yang canggih sekalipun maka yang didapatkan hanya berupa pendekatan. Inilah salah satu aspek yang terus dibenahi dalam pengembangan metode CFD. Secara ringkas CFD adalah memprediksi secara kuantitatif apa yang akan terjadi ketika terjadi aliran fluida dan seringkali terjadi kombinasi dengan hal-hal berikut:

- Aliran perpindahan kalor

- *Mass transfer*
- Perubahan fase benda, seperti : peleburan, pembekuan, pendidihan
- Reaksi kimia, seperti : pembakaran,
- Pergerakan komponen mekanik, seperti : pergerakan piston, kipas mesin, dll.
- Tegangan dan perpindahan yang terjadi di dalam struktur benda solid atau yang terjadi di sekitarnya.

Berdasarkan metode yang digunakan Autodesk CFD, maka metode solusi yang digunakan sebagai berikut:

#### 1. Finite Element Method (FEM)

Finite Element Method (FEM) atau Elemen Hingga Metode adalah digunakan dalam analisis struktural dari padatan, tetapi juga berlaku untuk cairan. Namun, formulasi fem membutuhkan perawatan khusus untuk memastikan solusi konservatif. Perumusan FEM telah diadaptasi untuk digunakan dengan dinamika fluida yang mengatur persamaan. Meskipun fem harus hati-hati dirumuskan untuk menjadi konservatif, jauh lebih stabil dibandingkan dengan pendekatan volume terbatas. Namun, FEM dapat memerlukan memori lebih dari FVM. Dalam metode ini, sebuah persamaan tertimbang sisa terbentuk:

$$R_i = \iiint W_i Q dV^e$$

Dimana  $R_i$  adalah persamaan sisa pada elemen simpul  $i$ ,  $Q$  adalah persamaan konservasi dinyatakan atas dasar elemen,  $W_i$  adalah faktor berat badan, dan  $V_e$  adalah volume elemen.

#### 2. Finite Difference Method (FDM)

Finite Difference Method (FDM) atau Metode Beda Hingga, memiliki sejarah penting dan sederhana untuk program. Hal ini saat ini hanya digunakan dalam kode khusus beberapa. Modern Kode beda hingga menggunakan sebuah batas tertanam untuk menangani geometri yang kompleks, membuat kode-kode yang sangat efisien dan akurat. Cara lain untuk menangani geometri termasuk penggunaan tumpang tindih grid, dimana solusinya adalah interpolated di jaringan masing-masing.

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial F}{\partial x} + \frac{\partial G}{\partial y} + \frac{\partial H}{\partial z} = 0$$

dimana Q adalah vektor variabel dilestarikan, dan F, G, dan H adalah fluks dalam x, y, dan z masing-masing arah.

### 3. Metode Elemen Batas

Dalam metode elemen batas, batas ditempati oleh fluida dibagi menjadi mesh permukaan.

### 4. Resolusi tinggi skema

Resolusi tinggi yang digunakan di mana skema guncangan atau diskontinuitas yang hadir. Menangkap perubahan yang tajam dalam larutan membutuhkan penggunaan skema numerik kedua atau lebih tinggi agar tidak memperkenalkan osilasi palsu. Hal ini biasanya memerlukan penerapan limiter fluks untuk memastikan bahwa solusi yang variasi total berkurang.

## 2.8.1 Proses Simulasi Autodesk CFD

Pada umumnya terdapat tiga tahapan yang harus dilakukan ketika melakukan simulasi CFD, yaitu : Preprocessor, Processor dan Postprocessor.

### 1. Preprocessor

Preprocessor adalah tahap dimana data diinput mulai dari pendefinisian domain serta pendefinisian kondisi batas atau boundary condition. Ditahap itu juga sebuah benda atau ruangan yang akan analisa dibagi-bagi dengan jumlah grid tertentu atau sering disebut juga dengan meshing.

## 2. Processor

Processor, pada tahap ini dilakukan proses penghitungan data-data input dengan persamaan yang terlibat secara iteratif. Artinya penghitungan dilakukan hingga hasil menuju error terkecil atau hingga mencapai nilai yang konvergen. Penghitungan dilakukan secara menyeluruh terhadap volume kontrol dengan proses integrasi persamaan diskrit.

## 3. Postprocessor

Postprocessor dimana hasil perhitungan diinterpretasikan ke dalam gambar, grafik bahkan animasi dengan pola-pola warna tertentu.

Hal yang paling mendasar mengapa konsep CFD (software CFD) banyak sekali digunakan dalam dunia industri adalah dengan CFD dapat dilakukan analisa terhadap suatu sistem dengan mengurangi biaya eksperimen dan tentunya waktu yang panjang dalam melakukan eksperimen tersebut. Atau dalam proses design engineering tahap yang harus dilakukan menjadi lebih pendek. Hal lain yang mendasari pemakaian konsep CFD adalah pemahaman lebih dalam akan suatu masalah yang akan diselesaikan atau dalam hal ini pemahaman lebih dalam mengenai karakteristik aliran fluida dengan melihat hasil berupa grafik, vektor, kontur dan bahkan animasi. Ditinjau dari istilahnya, Computational Fluid Dynamics (CFD) bisa berarti suatu teknologi komputasi yang memungkinkan kita untuk mempelajari dinamika dari benda-benda atau zat-zat yang mengalir.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Waktu dan Tempat**

Tahapan-tahapan penelitian ini akan dilakukan di Labo Permesinan Kapal Departemen Teknik Sistem Perkapalan Universitas Hasanuddin pada bulan November – Desember 2020.

#### **3.2. Jenis Data**

Data yang digunakan pada penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari penelitian sebelumnya berupa data kapal, data sistem pendingin, kapasitas ruang muat dan lain-lain. Adapun data primer yang digunakan pada penelitian ini berupa data volume refrigerant yang akan digunakan pada sistem pendingin ruang muat kapal pelat datar.

#### **3.3. Tahap Penelitian**

Penelitian ini dikategorikan menjadi 2 (dua) tahap, yaitu:

1. Studi literatur

Studi literatur yang dilakukan pada penelitian ini mencakup pengumpulan data-data primer dan sekunder, pencarian referensi yang relevan, serta sketsa awal jaringan sistem pendingin ruang muat kapal pelat datar. Referensi diperoleh dari beberapa sumber antara lain, artikel di internet, buku, jurnal, skripsi dan tesis.

2. Perencanaan sistem pendingin RSW dan simulasi

Setelah studi literatur selesai dilakukan, kemudian dilanjutkan dengan Perencanaan sistem pendingin RSW yang telah diteliti pada kapal ikan plat datar, dan kemudian dilakukan simulasi menggunakan pemodelan CFD.

### 3.4. Prosedur Penelitian

Agar penelitian ini dapat terarah, maka disusun prosedur yang akan dilakukan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Studi Literatur  
Mengumpulkan informasi dan referensi terkait judul penelitian.
2. Pengumpulan Data  
Mengumpulkan data primer dan data sekunder sebagai data utama dalam penelitian.
3. Sketsa Instalasi Sistem Pendingin  
Menggambar instalasi sistem pendingin yang akan digunakan pada penelitian ini dengan merujuk pada penelitian sebelumnya.
4. Perhitungan Kebutuhan Refrigerant  
Kebutuhan yang diperhitungkan berupa volume, kapasitas pendingin, kecepatan aliran.
5. Pemodelan CFD  
Pemodelan pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan software Autodesk CFD.
6. Simulasi  
Model yang telah selesai dibuat pada langkah sebelumnya kemudian disimulasi dengan memberikan input berupa variabel kecepatan aliran, kekentalan, massa jenis dan lain-lain. Kegiatan ini dilakukan berulang sesuai variasi refrigerant yang digunakan.
7. Analisa  
Hasil simulasi kemudian dianalisa terkait sirkulasi suhu dalam mendinginkan ruang muat.
8. Hasil  
Hasil analisa dari simulasi CFD kemudian dituangkan dalam kesimpulan pada akhir penelitian ini.

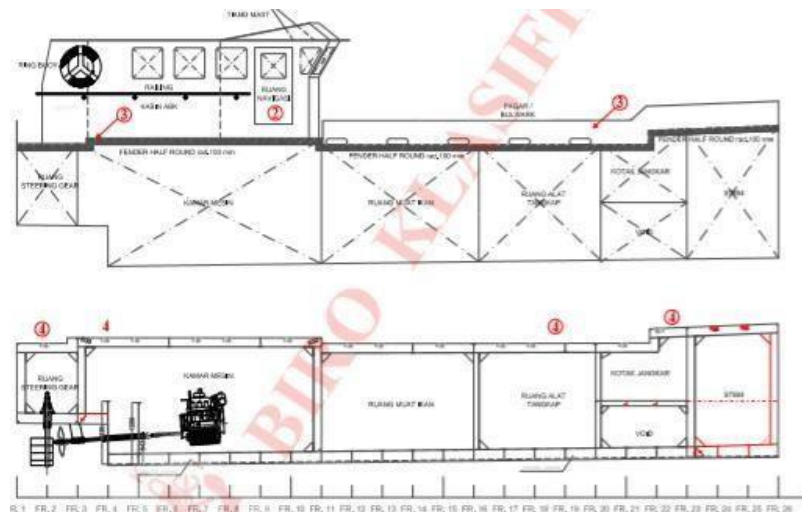
### 3.5. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

#### A. Alat

##### 1. Kapal ikan Pelat datar

Kapal Ikan Pelat Datar yang digunakan ialah kapal ikan pelat datar yang dibuat di PT. IKI Makassar berlisensi 10 GT. Gambar kapal ikan pelat datar tersebut dapat dilihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Kapal Ikan Pelat datar  
(Biro Klasifikasi Indonesia)

##### 2. Kompresor

Kompresor yang digunakan merupakan kompresor jenis semi-hermetic (DORIN H32 H743CC) dengan *displacement* 26.4 m<sup>3</sup>/h. Gambar kompresor tersebut dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Kompresor Dorin H32 H743CC

### 3. Kondensor

Kondensor yang digunakan adalah kondensor air laut jenis shell and Tube (Bluecold 06164H) yang dapat dilihat pada gambar 3.3. Adapun sedikit mengenai *General Technical Terms* dari kondensor tersebut dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. *General Technical Terms* BlueCold 06164H

<i>Load Condition</i>	<i>Tube Side</i>	<i>Shell Side</i>
<i>Fluid</i>	<i>Water</i>	R22/R134/R404A
<i>Inlet Temp.</i>	32 °C	85 °C
<i>Outlet Temp.</i>	36 °C	40 °C
<i>Fouling Factor</i>	0.000043	<i>Sub Cooling</i> (1K)



Gambar 3.3. Kondensor Blue Cold 06164H

### 4. Pipa

Pipa yang digunakan adalah pipa dengan material Nickel Steel, serta ukuran standar pipa yang direkomendasikan oleh ANSI. Berikut properties dari bahan *Nickel Steel* dengan perbandingan Baja 60% dan Nikel 40%. Karakteristik lain dari pipa *Nickel Steel* ini dapat dilihat pada tabel 3.2.



Tabel 3.2. Karakteristik Pipa dengan Material *Nickel Steel*

<b>Massa Jenis</b>	<b>Panas Jenis</b>	<b>Konduktivitas <i>Thermal</i></b>
8.169 kg/m <sup>3</sup>	0.46 kJ/kg °C	10 W/m °C

*Sumber: Heat Transfer, 1994*

### 5. Aplikasih autodesk CFD

CFD adalah memprediksi secara kuantitatif apa yang akan terjadi ketika terjadi aliran fluida dan seringkali terjadi kombinasi dengan hal-hal berikut:

- Aliran perpindahan kalor
- *Mass transfer*
- Perubahan fase benda, seperti : peleburan, pembekuan, pendidihan
- Reaksi kimia, seperti : pembakaran,
- Pergerakan komponen mekanik, seperti : pergerakan piston, kipas mesin, dll.

### B. Bahan

#### 1. *Refrigerant*

*Refrigerant* adalah sebuah komponen atau zat yang penting dalam sistem pendingin berbasis kompresi uap. *Refrigerant* ini digunakan untuk mendinginkan atau menurunkan suhu media pendingin, dalam hal ini adalah air laut. Adapun *refrigerant* yang digunakan ialah *refrigerant* R22 seperti yang terlihat pada gambar 3.4. *Refrigerant* ini biasa digunakan untuk sistem pendingin di pasaran. Adapun karakteristik dari *refrigerant* R22 ialah sebagai berikut. Untuk lebih mengetahui mengenai karakteristik *refrigerant* R22 dapat dilihat pada tabel 3.3 dan 3.4.

Tabel 3.3 Karakteristik *Refrigerant* R22

<b>Chemical Formula</b>	<b>Molecular Mass</b>	<b>Boiling Point</b>	<b>Critical temp.</b>	<b>Critical Pressure</b>	<b>Critical density</b>
CHClF <sub>2</sub>	86.47	-40.81 °C	96.15 °C	4990 kPa	523.8 kg/m <sup>3</sup>

Tabel 3.4 Suhu Refrigerant terhadap berat jenis Refrigerant R-22 (liquid)

Temperature	Berat Jenis (liquid)
0 °C	1282 kg/m <sup>3</sup>
1 °C	1278 kg/m <sup>3</sup>
2 °C	1275 kg/m <sup>3</sup>
3 °C	1271 kg/m <sup>3</sup>
4 °C	1268 kg/m <sup>3</sup>
5 °C	1264 kg/m <sup>3</sup>



Gambar 3.4. Refrigerant R22

## 2. Air laut

Pada sistem RSW ini air laut dijadikan sebagai media pendingin yang berfungsi untuk menurunkan suhu palka agar ikan (produk) menjadi lebih awet. Air laut yang dimaksudkan ialah air laut yang berada di perairan Indonesia. dikarenakan

kapal pelat datar 10GT ini diasumsikan akan beroperasi di daerah tersebut. Karakteristik air laut adalah keadaan air laut tiap suhunya. Suhu yang diambil adalah suhu 0 °C samapai dengan 5°C. untuk lebih detailnya karakteristik air laut dapat dilihat pada tabel 3.5 dan 3.6.

Tabel 3.5. Karakteristik Air Laut Perairan Indonesia

<b>Suhu</b>	<b>Kadar garam (Salinitas)</b>
28 °C	3.5 %

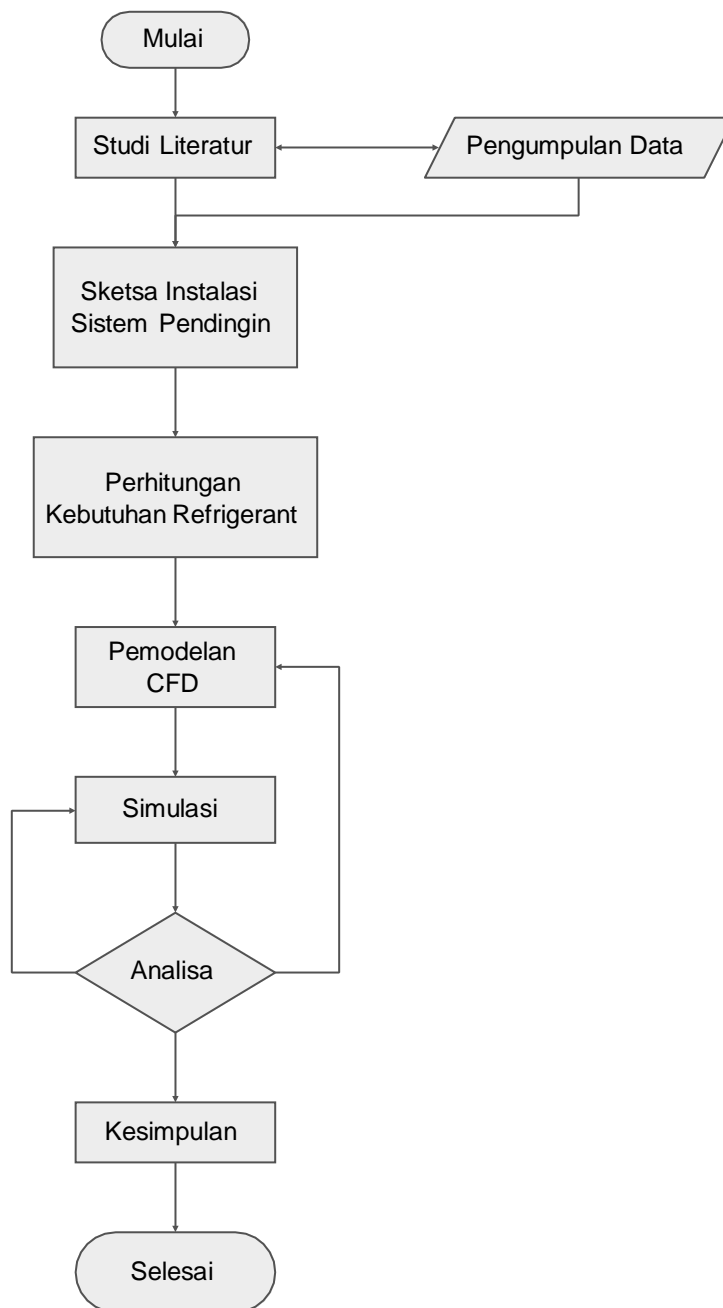
Tabel 3.6. Panas Jenis dan Berat Jenis air laut tiap suhunya.

<b>Suhu</b> (°C)	<b>Panas Jenis</b> (kJ/kg °C)	<b>Berat jenis</b> (kg/m <sup>3</sup> )
0	3.9940	1028.052
1	3.9944	1027.616
2	3.9948	1027.965
3	3.9952	1027.878
4	3.9956	1027.790
5	3.9960	1027.703

*Sumber: Thermophysical properties of seawater (2010);*

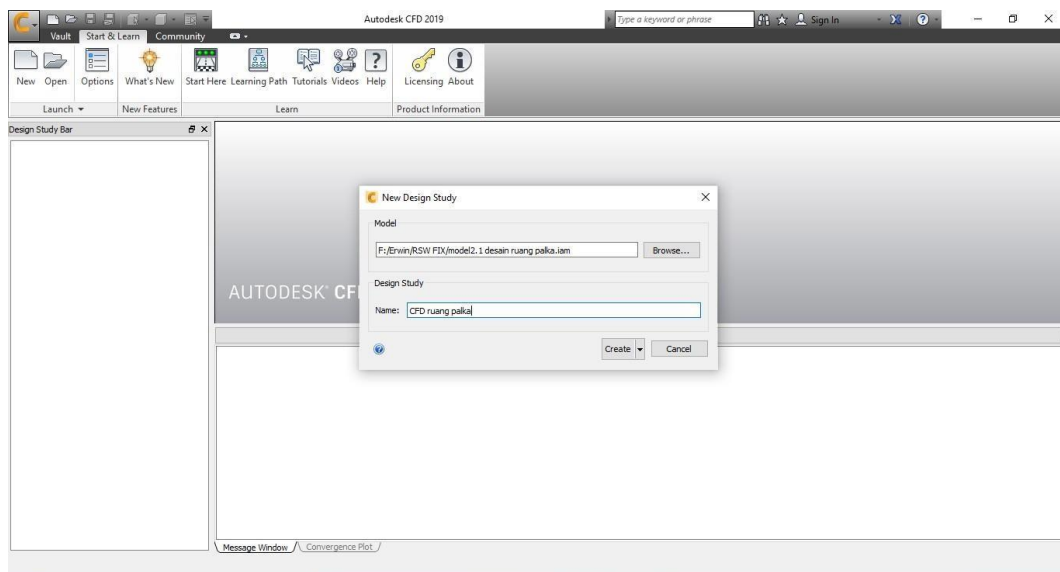
*<http://linkingweatherandclimate.com>*

### 3.6. Diagram Alur Penelitian



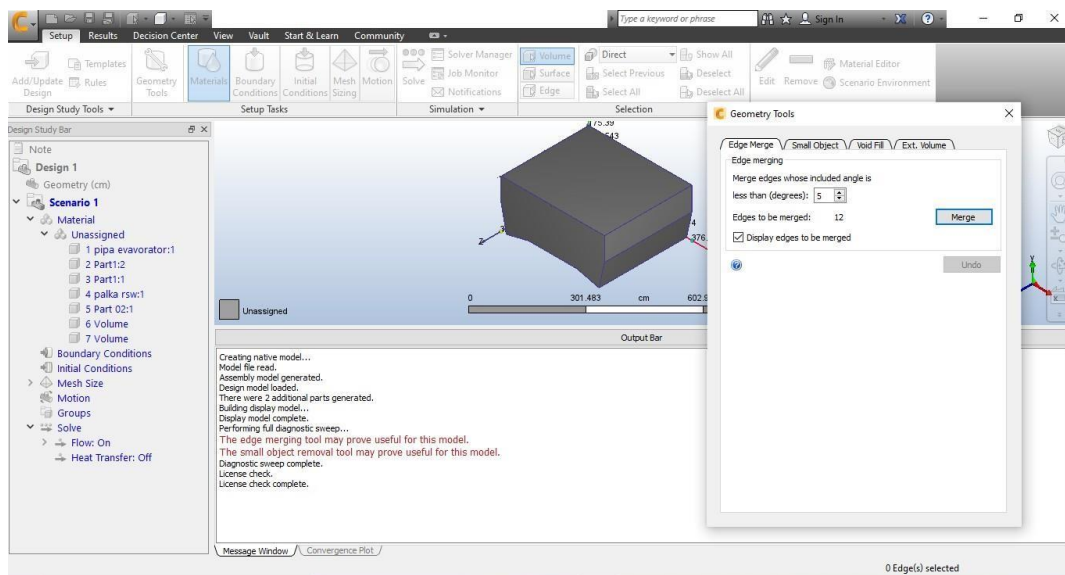
### 3.7. Proses Memindahkan Desain Ke Aplikasi Autodesk CFD

Setelah mendesain ruang isolasi pada kapal ikan di autodesk inventor langkah selanjutnya memindahkan gambar ke autodesk CFD dengan cara membuka aplikasi autodesk CFD kemudian muncul gambar seperti dibawah ini. Lalu klik Toolbox new kemudian klik browser untuk mencari desain yang akan disimulasikan dan memberikan nama pada simulasi yang akan di jalankan.



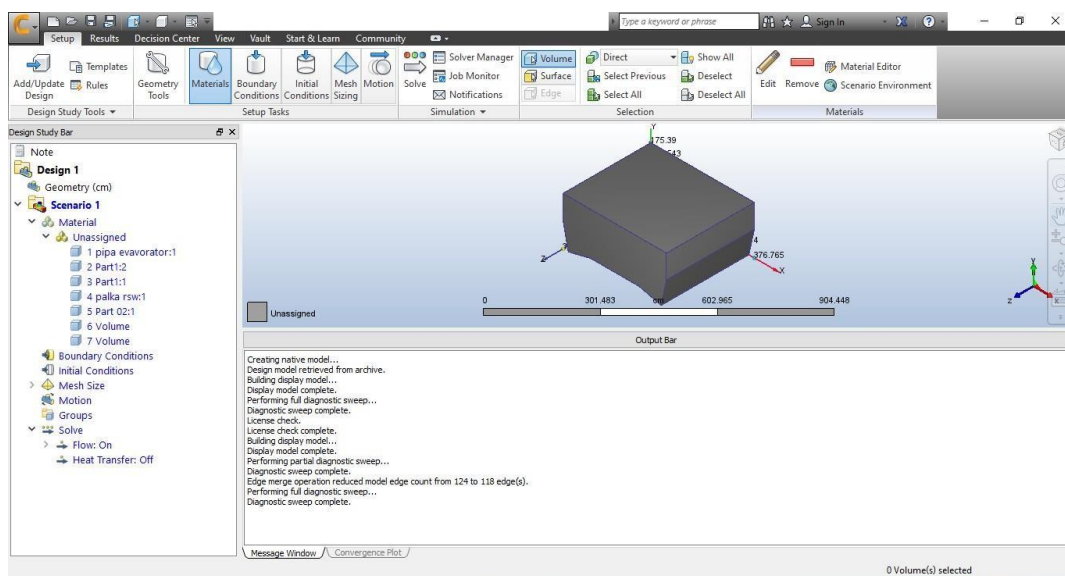
Gambar 3.5. Proses Memasukan Model Ke Aplikasi Autodesk CFD

Setelah langkah – langkah diatas terlaksana maka muncul seperti gambar di bawah ini..



Gambar 3.6 Penentuan Geometri

Setelah itu muncul data di geometri tools Autodesk CFD dan untuk memaksimalkan perse simulasi klik merge pada toolbar geometri tools. Fungsinya untuk menyatukan titik sudut yang tdk bersentuhan, karena pada saat proses meshing dapat mempermudah. Setelah itu maka akan muncul desain seperti dibawah ini.



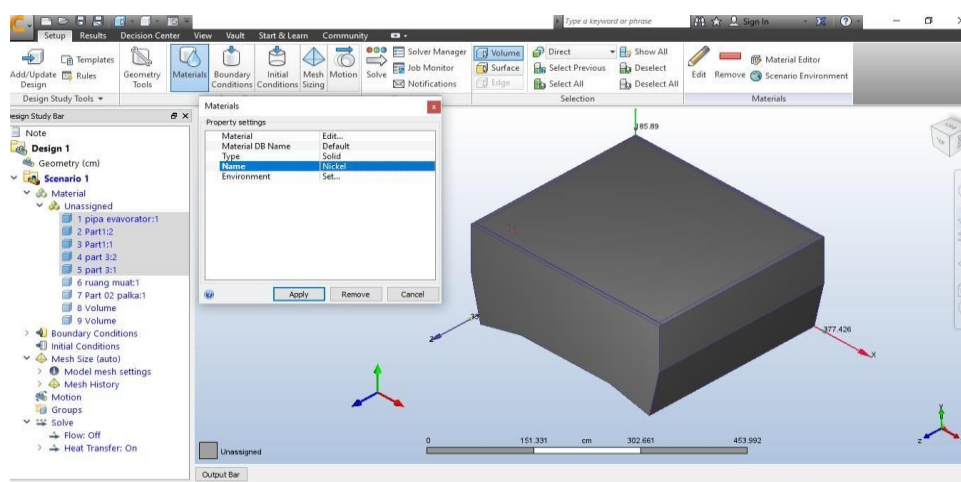
Gambar 3.7. Model Di Aplikasi Di Autodesk CFD

### 3.8. Simulasi Model Ruang Isolasi Autodesk Cfd

Pada bagian ini memiliki tahap-tahap yang dimana proses ini memiliki peranan masing-masing, urutan pada proses untuk running yaitu Preprocessor, Processor dan Postprocessor.

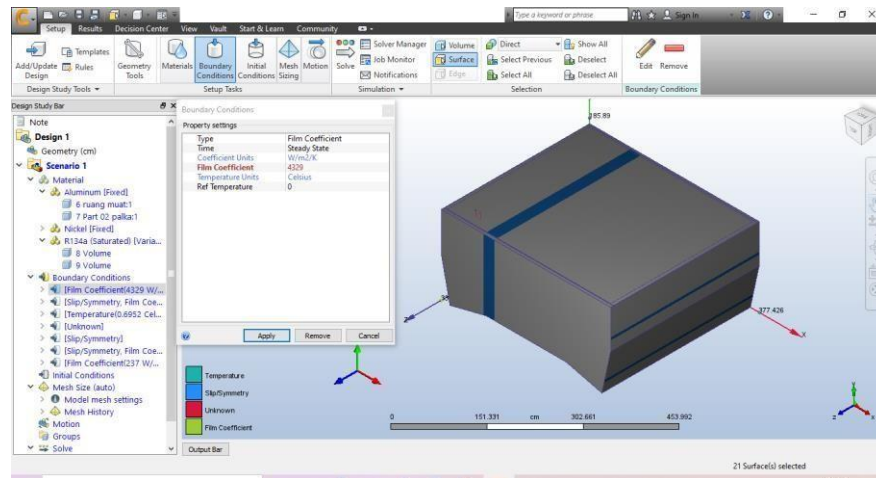
#### 3.8.1. Preprocessor

Preprocessor adalah tahap dimana data diinput mulai dari pendefinisian domain, material, serta pendefinisian kondisi batas atau boundary condition. Ditahap itu juga sebuah benda atau ruangan yang akan analisa dibagi-bagi dengan jumlah grid tertentu atau sering disebut juga dengan meshing. Proses pertama menginput data material yang di gunakan seperti gambar di bawah ini.



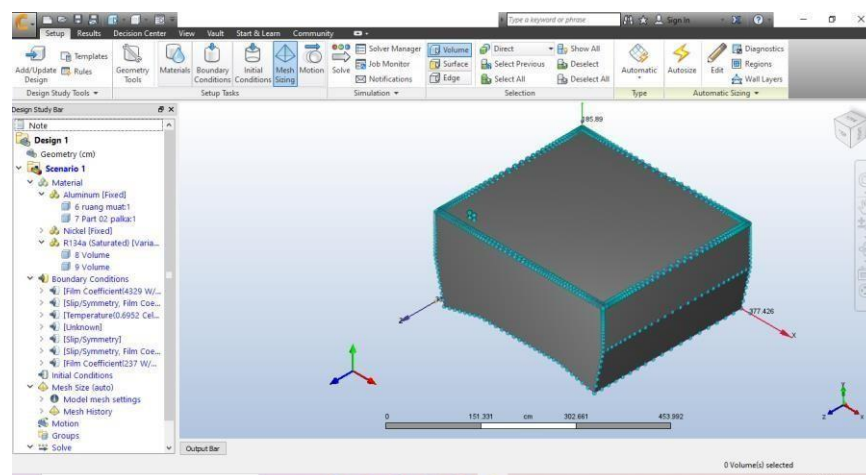
Gambar 3.8. Proses Penginputan Data Material

Ketika data material telah dimasukkan semua maka proses selanjutnya menentukan kondisi batas atau boundary condition. kondisi batas atau boundary condition adalah kondisi dari batas sebuah control volume yang dimana batas yaitu sebuah nilai yang telah diketahui lalu di input. Proses ini sangatlah penting karena dapat mempengaruhi hasil yang akan terjadi pada proses simulasi.



Gambar 3.9. Proses Penginputan Data *Boundary Conditional*

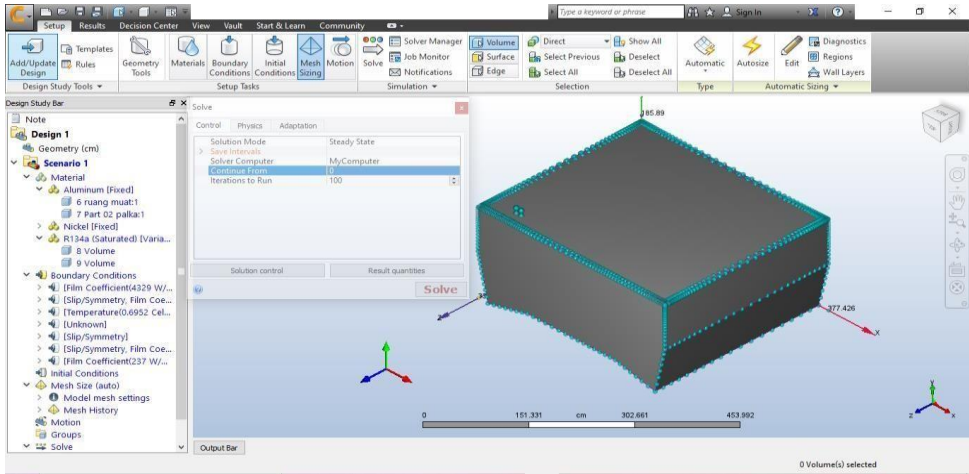
Setelah data semua telah di input seperti gambar dia atas maka proses selanjutnya yaitu proses meshing, proses meshing itu merupakan pembagian objek menjadi bagian – bagian yang lebih kecil, semakin kecil meshing yang dibuat maka hasil perhitungan akan semakin teliti namun membutuhkan daya komputasi yang besar. Pada prosesnya klik mesh sizing lalu pilih autosize pada toolbar bagian kanan seperti gambar dibawah.



Gambar 3.10. Proses *Meshing*



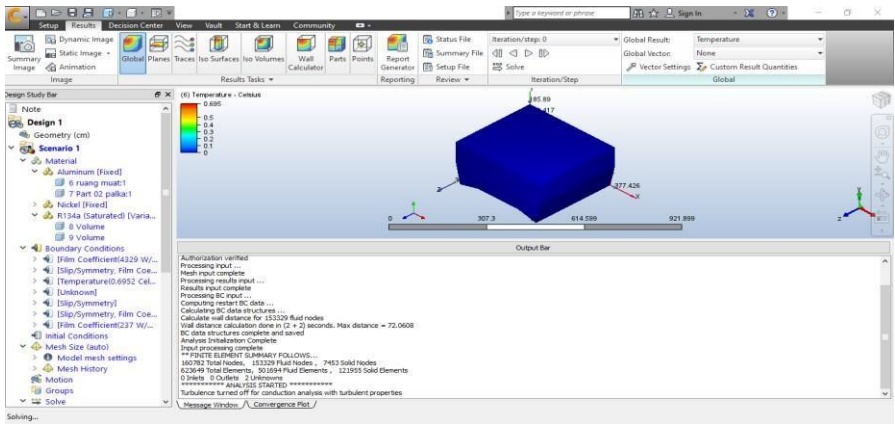
Setelah melakukan meshing maka selanjutnya klik solver pada toolbar, solver fungsinya untuk menjalankan program atau skenario yang telah kita buat.



Gambar 3.11. Proses Solver Atau Running

3.8.2 Processor

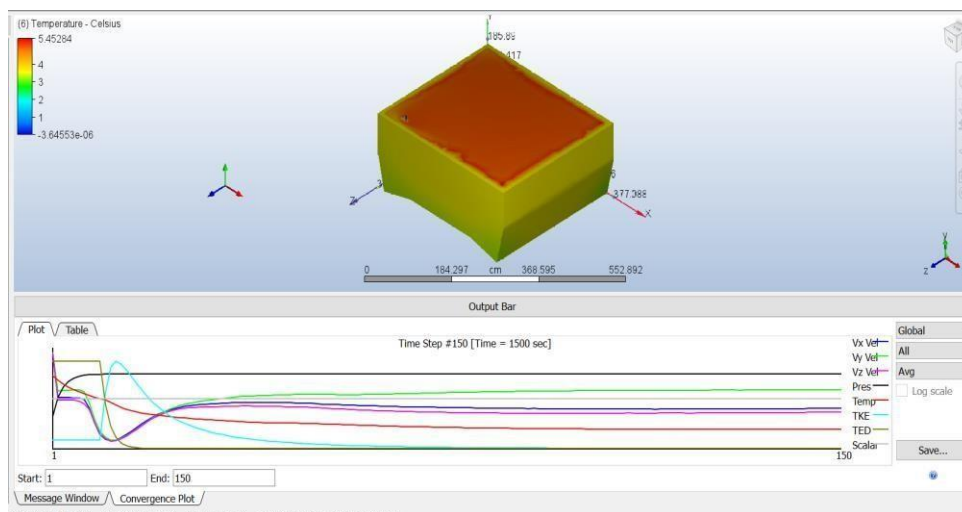
Processor, pada tahap ini dilakukan proses penghitungan data-data input dengan persamaan yang terlibat secara iteratif. Artinya penghitungan dilakukan hingga hasil menuju error terkecil atau hingga mencapai nilai yang konvergen. Penghitungan dilakukan secara menyeluruh terhadap volume kontrol dengan proses integrasi persamaan diskrit.



Gambar 3.12.. Processor

### 3.8.3 Postprocessor

Postprocessor dimana hasil perhitungan diinterpretasikan ke dalam gambar, grafik bahkan animasi dengan pola-pola warna tertentu.



Gambar 3.13. Hasil Simulasi

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Gambaran Umum Penelitian**

Pada bab ini, Pembahasan yang dilakukan pada pemodelan palka *refrigerated sea water system* yang akan dirancang berdasarkan perhitungan beban pendingin pada kapal ikan pelat datar 10 GT. penyebaran temperatur yang terjadi pada palka *refrigerated sea water system* yang akan ditampilkan dalam bentuk kontur, dan perpindahan panas yang terjadi pada palka *refrigerated sea water system*. Kapal ini diasumsikan akan berlayar di sekitaran perairan laut Sulawesi dan selat makassar sejauh 50-60 mil dari garis pantai. Waktu pelayaran ialah satu malam dua hari.

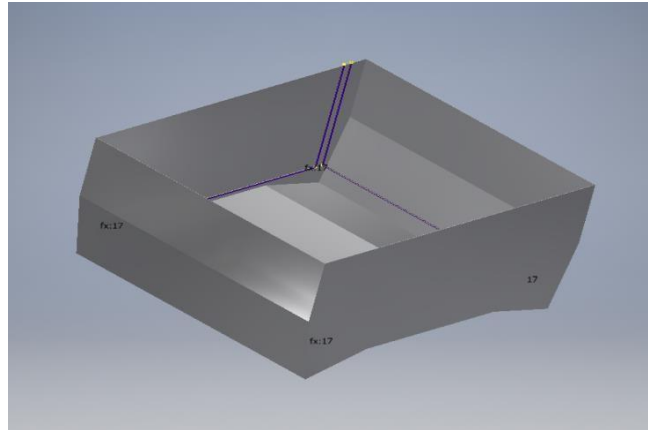
Penggunaan RSW pada sistem pendingin palka tentunya akan menggunakan air laut yang akan diambil melalui sea chest sebagai media pendinginnya. Air laut ini akan didinginkan hingga 5°C sehingga ikan dapat bertahan 2-4 hari. Proses ini tentunya akan melalui beberapa rangkaian refrigerasi yang menggunakan beberapa komponen utama seperti kompresor, evaporator, kondensor, katup ekspansi dan juga *refrigerant*.

Hal mendasar yang perlu diperhatikan ialah analisis beban pendingin yang harus dipenuhi oleh sistem pendingin tersebut. Setelah itu dilakukanlah penentuan parameter penting dari perhitungan setiap komponen serta pemilihan spesifikasi dari tiap komponen.

#### **4.2. Pemodelan Sistem Isolasi RSW Kapal Ikan Plat Datar**

*Inventor* adalah salah satu *software* yang digunakan untuk merancang part permesinan atau susunan part pemesinan yang berupa assembling dengan tampilan 3 dimensi untuk mempresentasikan part sebelum real partnya dibuat atau tampilan 2 dimensi untuk gambar proses simulasi model simulasi model sistem isolasi RSW kapal ikan plat datar. Karena model yang akan dibuat 3 dimensi maka sebelumnya harus membuat sketsa gambar dalam bentuk 2 dimensi kemudian di *extrude* untuk menjadi 3 dimensi di *autodesk inventor*. Pada tahapan ini proses pembuatan yang

pertama dilakukan yaitu pembuatan part tiap komponen yang terdapat pada model sistem isolasi RSW kapal ikan plat datar. Part yang akan dibuat yaitu, pipa evaporator dan ruang muat kapal ikan palat datar, berdasarkan data yang telah didapatkan sebelumnya. Proses pembuatan part - part ini harus dibuat sketsa 2 dimensi kemudian diubah 3 dimensi dengan menggunakan *toolbox extrude*.

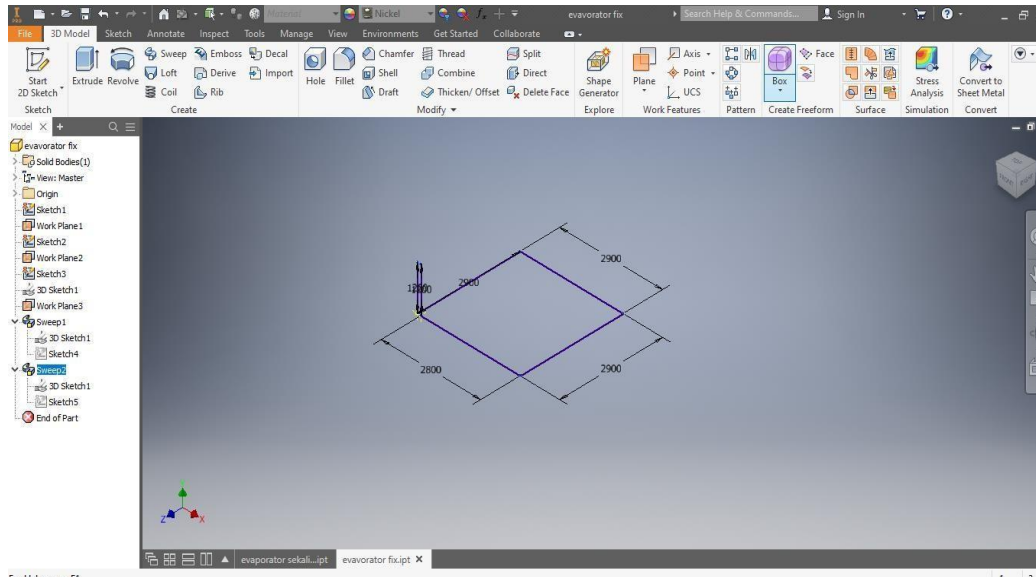


Gambar 4.1. Gambar Sistem RSW Pada Ruang Muat Kapal Ikan Plat Datar.

#### 4.2.1. Pemodelan Pipa Evaporator

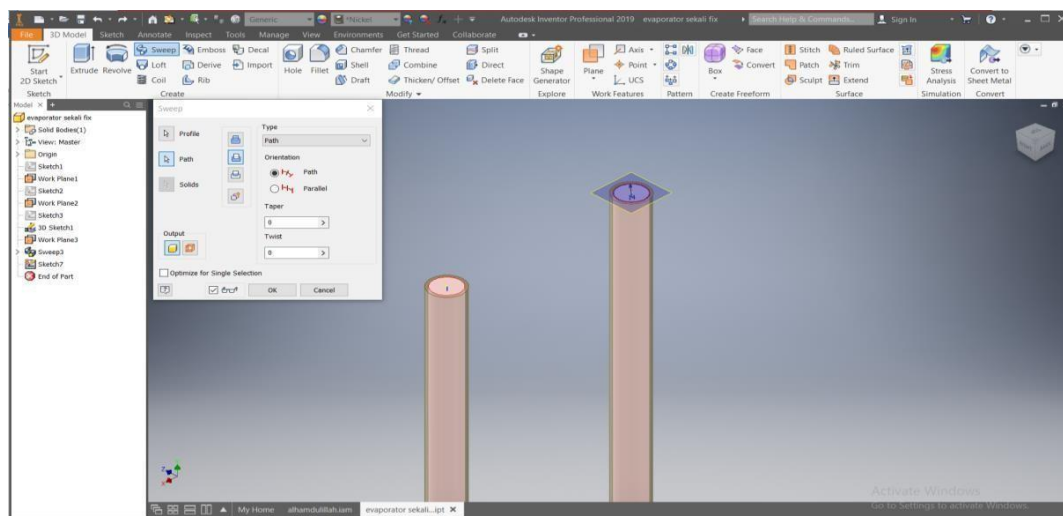
Pada penggambaran sistem RSW pada ruang muat kapal ikan plat datar langkah pertama yang harus dilakukan yaitu membuka software *autodesk inventor*, klik *toolbar sketch* untuk memulai penggambaran 2 dimensi kemudian membuat sketsa gambar berdasarkan data utama yang sudah ditentukan sebelumnya.

Hal yang perlu diperhatikan dalam proses pembuatan part body ini adalah ukuran dan satuan yang digunakan, karena hal ini sebagai dasar dalam pembuatan sketsa .



Gambar 4.2. Desain Desain Sketsa Pipa *Evaporator*

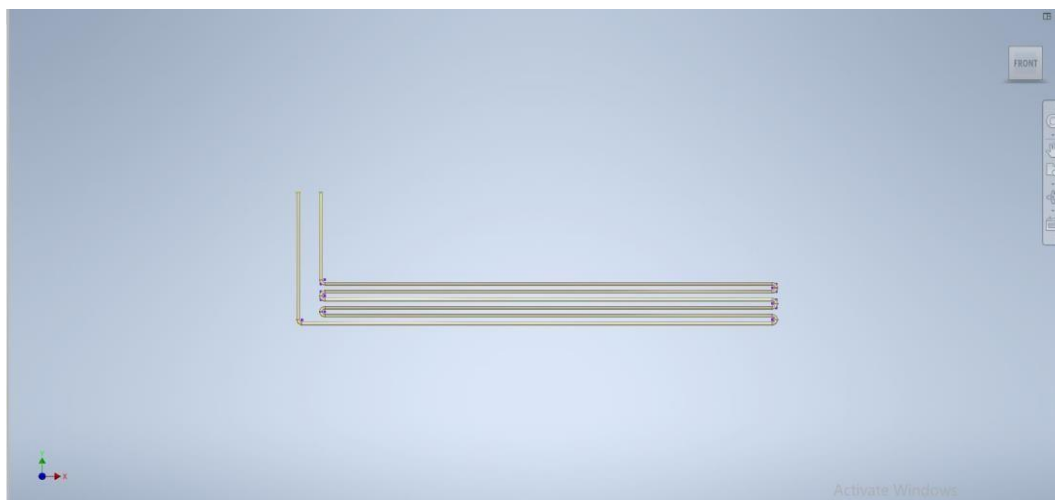
Untuk mengubah gambar sketsa 2 dimensi tadi ke 3 dimensi dengan menggunakan *tool sweep*. *Tool* ini merupakan sebuah perintah di inventor yang dapat digunakan untuk membentuk objek ke mode 3D menggunakan fungsi *path*. Perintah ini sering sekali digunakan pada mode 2D sketch agar mudah ketika megubahnya dalam bentuk 3D.



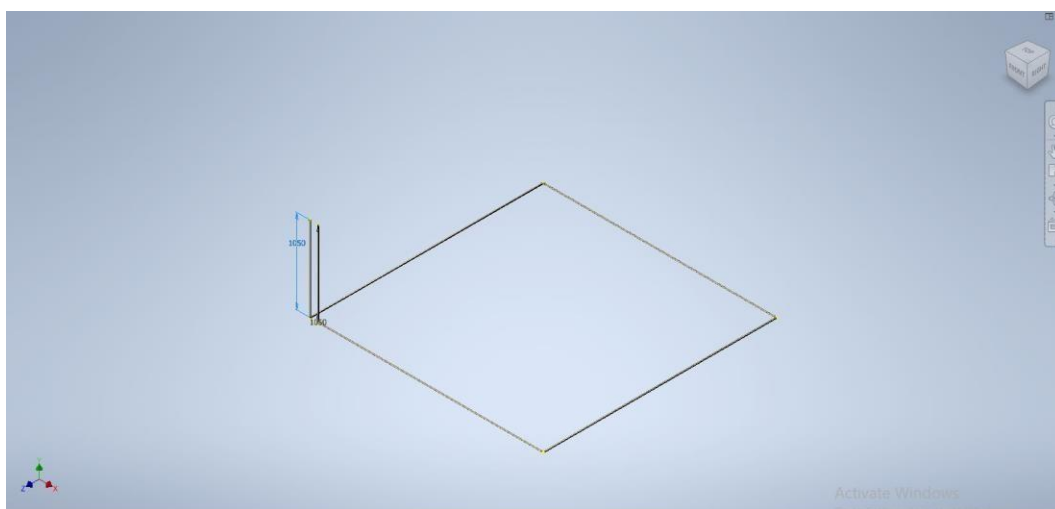
Gambar 4.3. Desain Model 3 Demesin Pipa *Evaporator*.

Pada simulasi yang akan dijalankan pada penelitian ini terdapat 2 model yang dimana model 1 adalah model yang telah dibuat sesuai dengan penelitian sebelumnya. Sedangkan model ke 2 adalah model yang di optimalkan sesuai

perhitungan yang model pertama dengan model yang berbedah , berikut gambar ke 2 model tersebut.



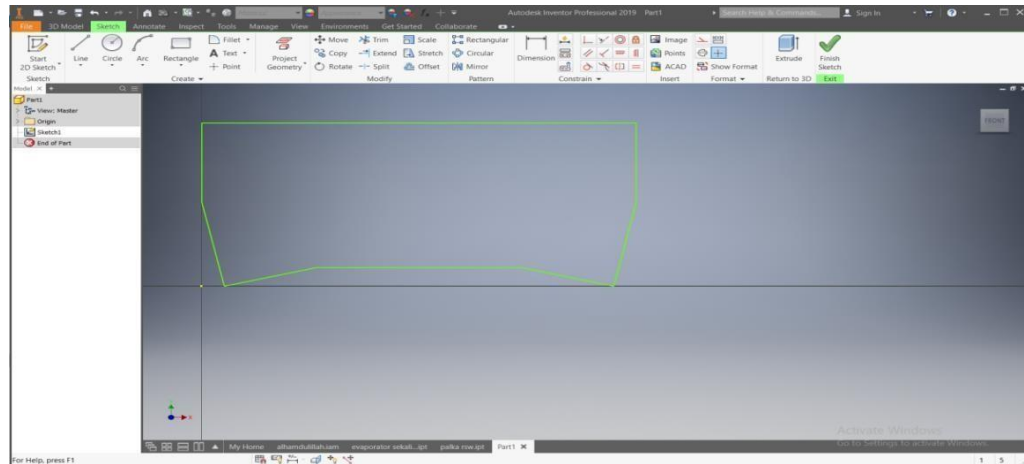
Gambar 4.4. Model Evaporator 1



Gambar 4.5. Model Evaporator 2

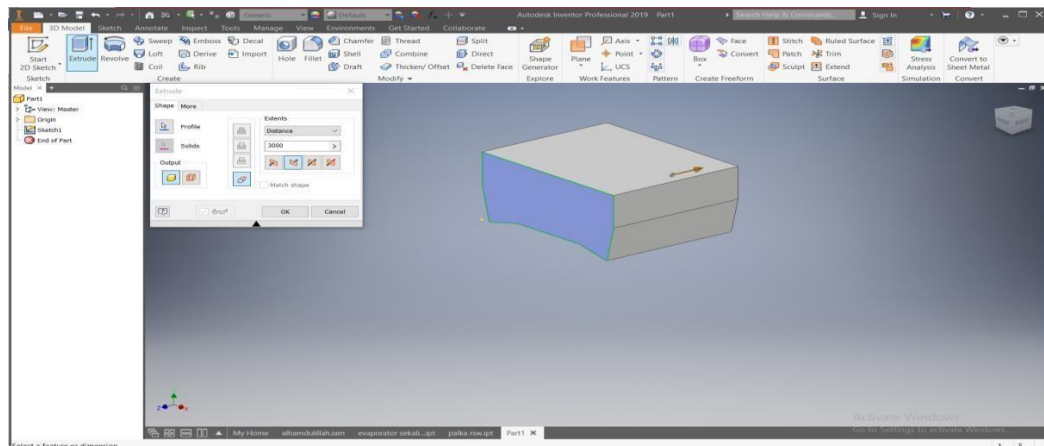
#### 4.2.2. Pemodelan Ruang Kapal Ikan Plat Datar

Selanjutnya pada pembuatan desain ruang muat kapal ikan yang harus dilakukan yaitu memilih *toolbox sketch* pada *inventor*, setelah jendela terbuka maka sudah bisa memulai membuat sketsa gambar berdasarkan data utama yang sudah ditentukan sebelumnya.



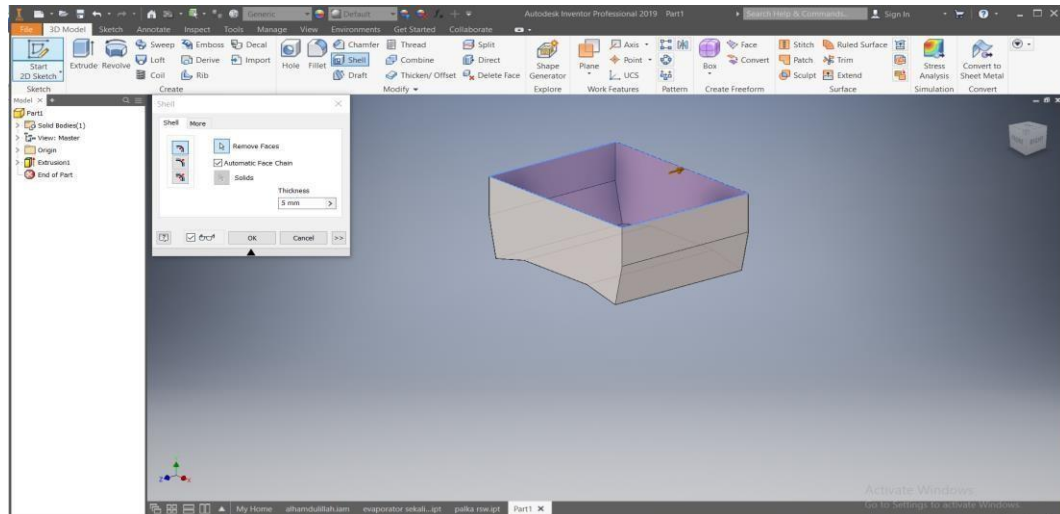
Gambar 4.6. Sketsa Desain Ruang Muat Kapal Ikan.

Untuk mengubah gambar sketsa 2 dimensi tadi ke 3 dimensi dengan menggunakan *tool extruded*. *Tool* ini juga berfungsi untuk mengatur ketebalan *part*, panjang *part*, dan *cut material part* yang akan didesain.



Gambar 4.7. *Extrude* Desain Ruang Muat Kapal Ikan.

Setelah *extrude* pada desain ruang muat kapal ikan maka langkah selanjutnya pilih *tool shell*, dengan memilih *tool shell* akan melubangi gambar 3D solid dan hanya menyisakan kulit. kemudian masukkan data yang telah ditentukan dan klik *ok* untuk membentuk desain ruang muat kapal ikan plat datar.

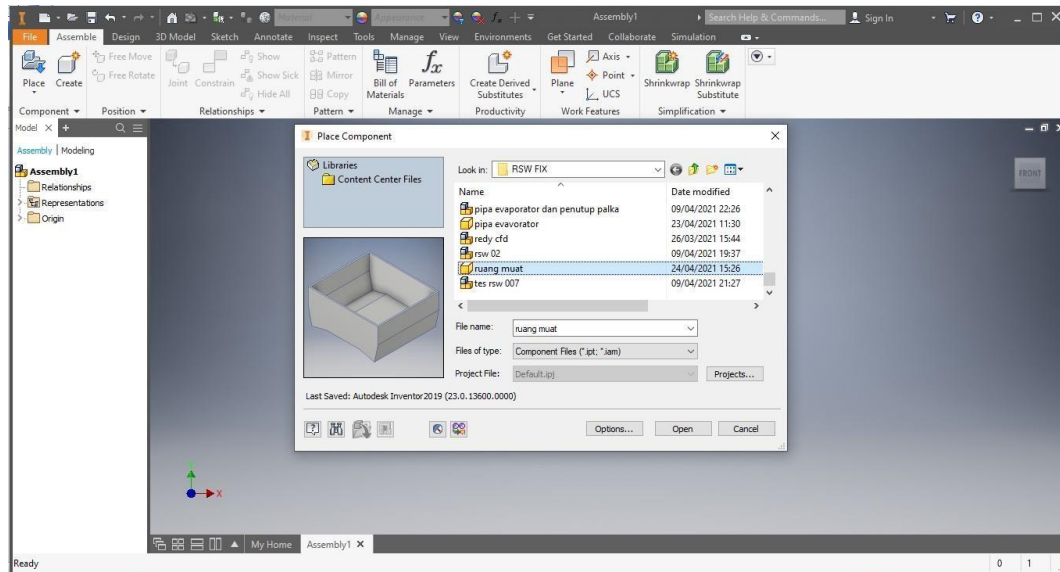


Gambar 4.8. Desain Ruang Muat Kapal Ikan Plat Datar.

#### 4.2.3. Proses Assambly Model.

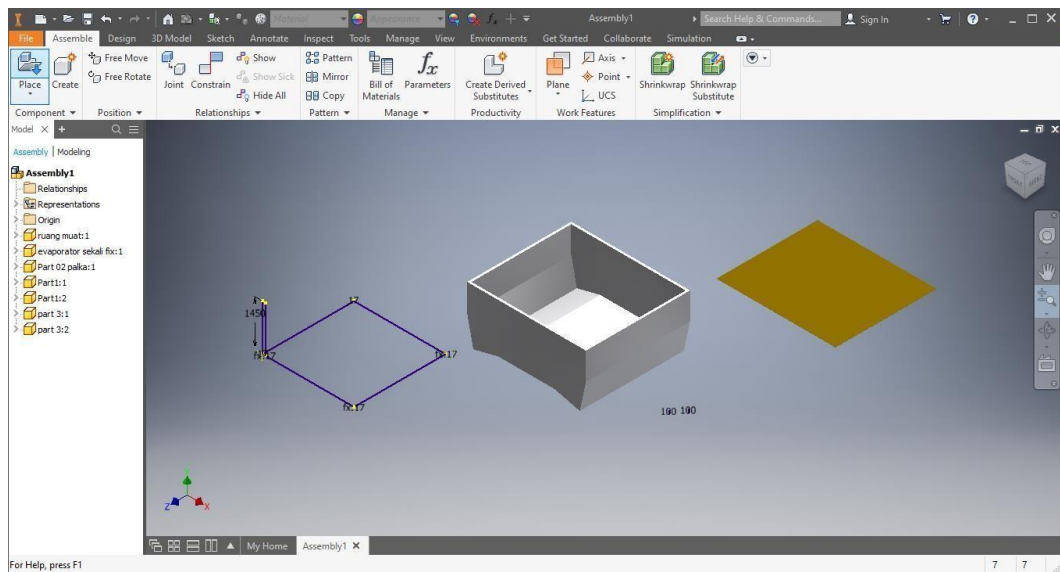
*Proses assambly* merupakan proses penggabungan part-part yang telah dibuat pada langkah-langkah sebelumnya dan disatukan. Pada tahap pertama mengambil part-part yang kita telah buat dengan klik place component pada toolbar assembly panel *Place component*. Fungsinya untuk memasukkan File komponen ke dalam File *Assembly*. Kita dapat memasukkan beberapa komponen sekaligus ke dalam *Assembly*. Komponen pertama yang diletakan dalam lingkungan *assembly* secara otomatis akan ditempatkan pada origin point(0,0,0) dalam keadaan grounded. Kita dapat menaruh lebih dari satu komponen yang sama dengan mengklik dilokasi yang berbeda dalam graphic window.





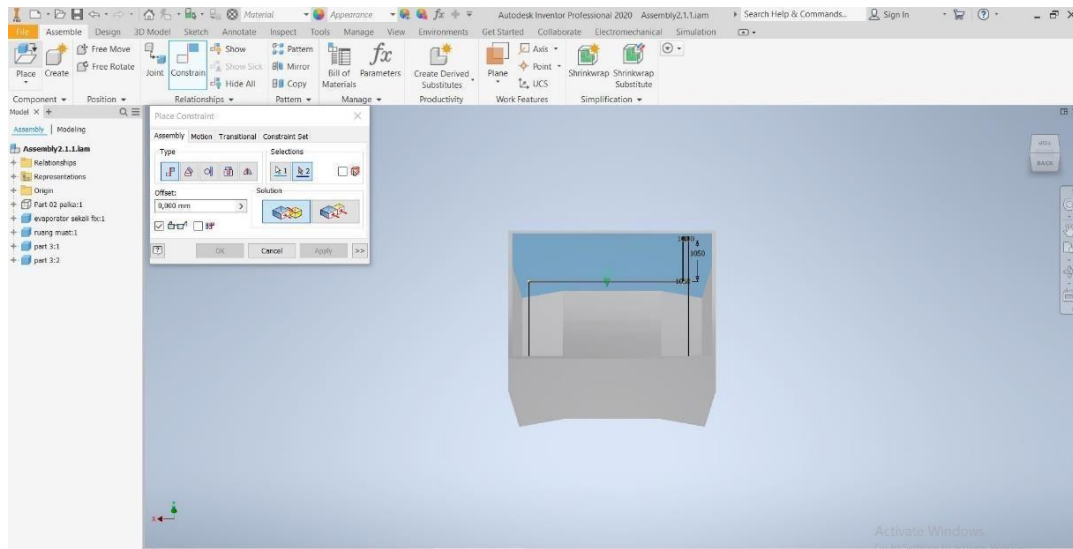
Gambar 4.9. *Control Place Component*

Kemudian dengan cara yang sama mengambil komponen yang lain yang telah dibuat sehingga akan terkumpul seperti gambar di bawah ini.



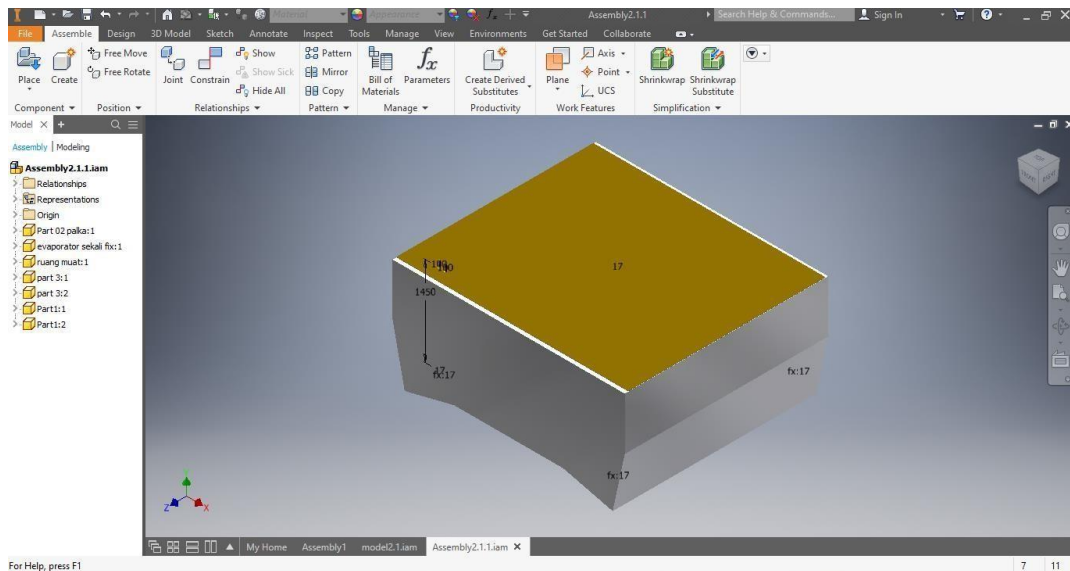
Gambar 4.10. *Part-Part Pada Model*

Langkah selanjutnya adalah menggunakan *Constraint* dan akan muncul kotak dialog *Place Constraint*. Pada bagian type pilih *Mate* dan pada bagian *Solution* pilih *Mate*. Kemudian klik nomer 1 dan klik nomer 2.



Gambar 4.11. Proses Penggabungan

Ulangilah dengan cara yang sama untuk dirangkaikan pada sisi yang satunya sehingga diperoleh benda yang telah dirakit seperti gambar di bawah ini.



Gambar 4.12. Model Ruang Isolasi Kapal Plat Datar

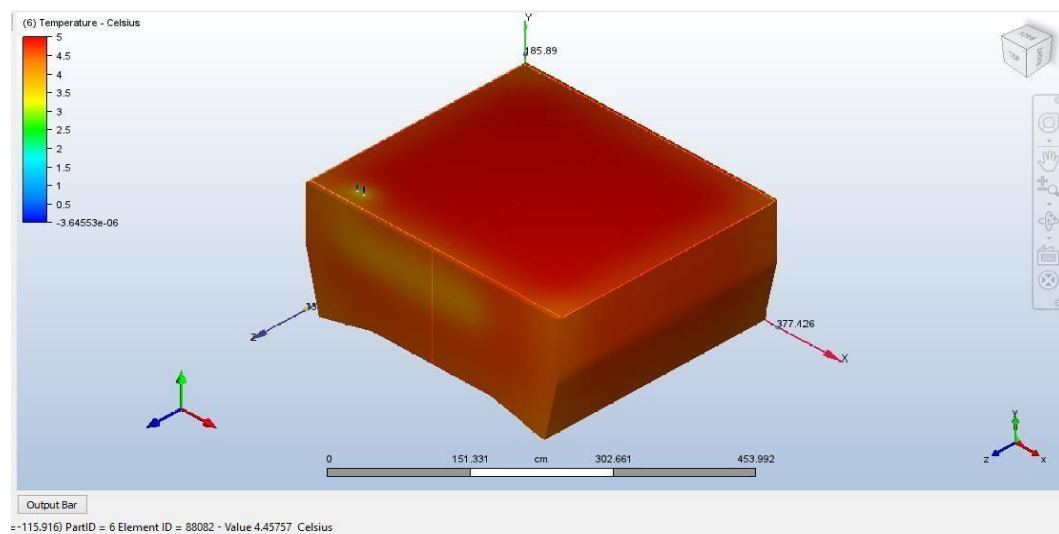
### 4.3 Hasil Simulasi

Dari hasil simulasi Autodesk CFD diperoleh kontur tekanan, kontur kecepatan, dan kontur temperatur yang berbeda untuk tiap model evaporator pada ruang isolasi kapal ikan plat data. Pada simulasi ini, bentuk kontur tekanan tersebut

relatif pada desain pipa evaporator, begitu juga dengan kontur kecepatan dan kontur temperatur yang membedakan hanya nilai maksimum dan minimum dari kontur tersebut. Nilai kecepatan inlet pada penelitian ini yaitu 3.6 cm/s. Untuk masing-masing panjang pipa evaporator yaitu 11,5 m sampai dengan 14 m. Sedangkan untuk ukuran pipa evaporator 3/8” atau sebesar 0,01715 m dengan ketebalan 0,00231 m, sehingga diameter dalamnya 0,01484.

#### 4.3.1. Model Pipa Evaporator Dengan Satu Sisi

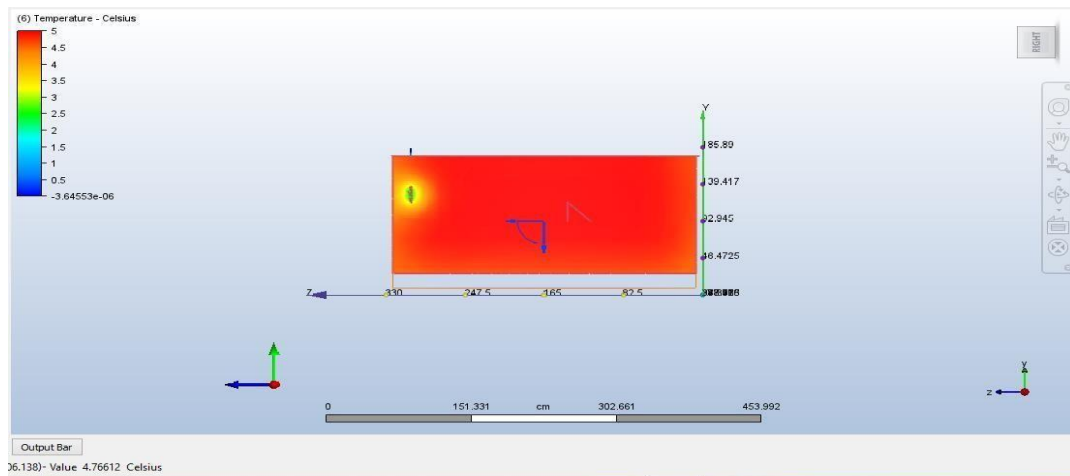
Dari hasil simulasi menampilkan hasil perhitungan yang telah dilakukan pada tahap Solver Manager, hasil perhitungan dapat dilihat berupa data numerik dan data visualisasi aliran fluida pada model. Data numerik yang diambil adalah data nilai temperature rata rata fluida, data fluida yang dapat di ambil adalah sebagai berikut:



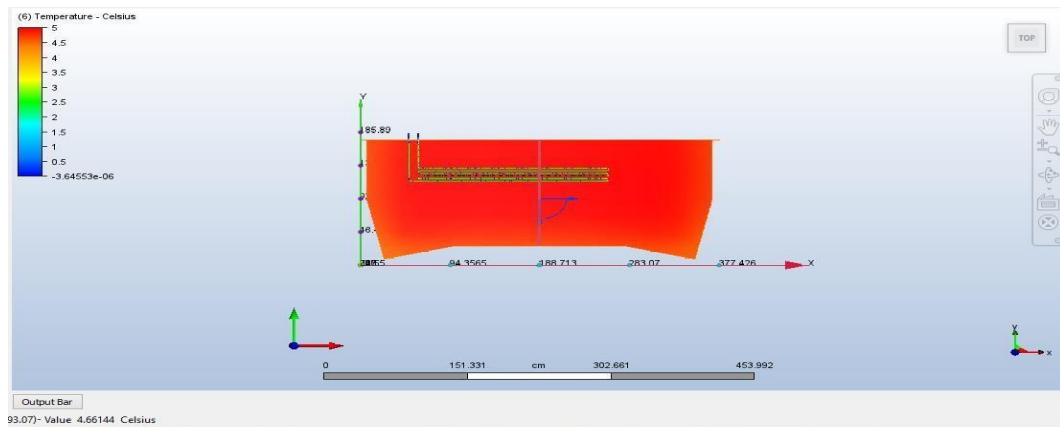
Gambar 4.13. Hasil simulasi

Pada gambar 4.13. merupakan tampilan kontur temperatur pada sistem pendingin, terlihat bahwa terjadi perbedaan temperatur. Pada daerah sistem evaporator memiliki keadaan suhu yang lebih dingin, yang dimana kita lihat suhu bersekitar 3,7 °C. dari kontur temperatur pada bagian-bagian ruang isolasi suhu tertinggi terdapat pada bagian atas dimana suhunya sekitar 5 °C. pada bagian

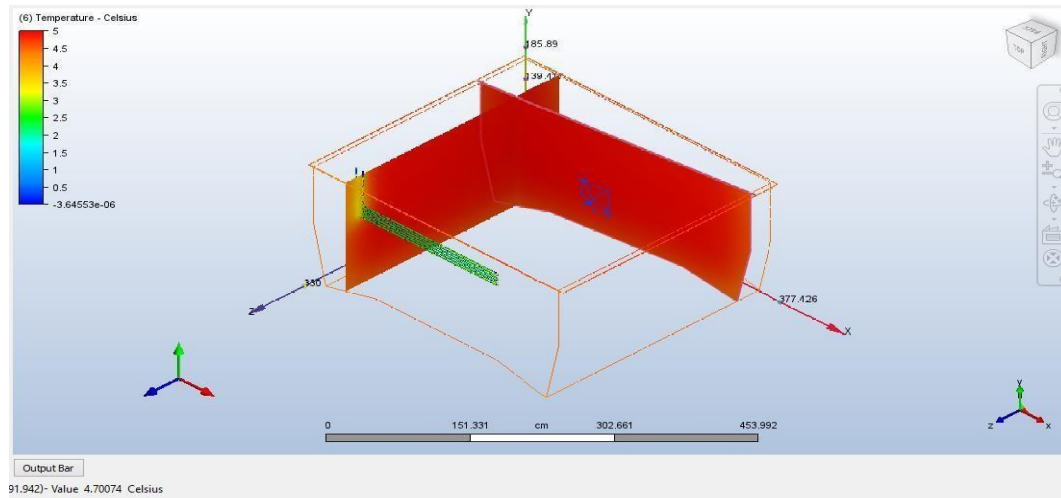
selanjutnya kita akan melihat perubahan suhu yang terjadi pada bagian dalam sistem isolasi kapal ikan plat datar pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.14. Tampak Bagian Samping

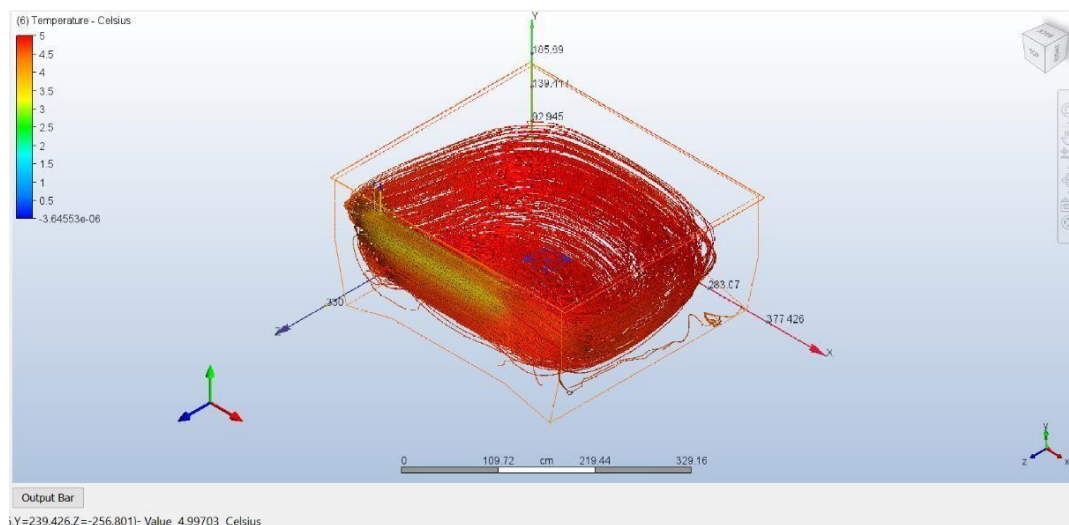


Gambar 4.15. Tampak Bagian Depan



Gambar 4.16. Tampak Bagian Dalam

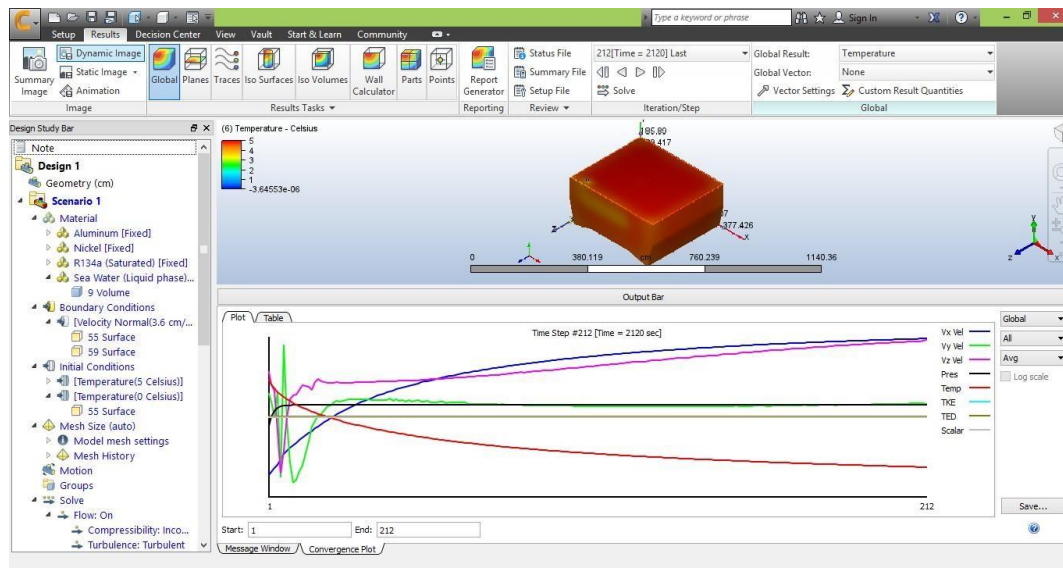
Gambar diatas adalah tampilan kontur temperatur yang terjadi pada ruang isolasi sistem pendingin, dari kontur dan nilai yang ditampilkan pada gambar terlihat bahwa terjadi penurunan suhu pada yang awalnya 23 °C ke 5 °C. pada daerah sistem evaporator keadaan suhunya lebih rendah dari pada sekitarnya ini menandakan bahwa aliran suhu mengalir pada daerah sistem evaporator. Berikut gambar aliran suhu pada evaporator.



Gambar 4.17. Gambar Aliran Suhu Didalam Ruang Isolasi Palka

Pada gamabar diatas menunjukana bagaimana aliaran suhu yang mengalir ke tempat yang besuhu tinggi ke suhu yang rendah. Aliran dari suhu ini berpusat

pada bagian yang terdapat sistem evaporator yang memiliki suhu rendah. Sehingga bentuk aliran pada model ini berbentuk sebuah cekungan yang mempunyai satu arah saja.

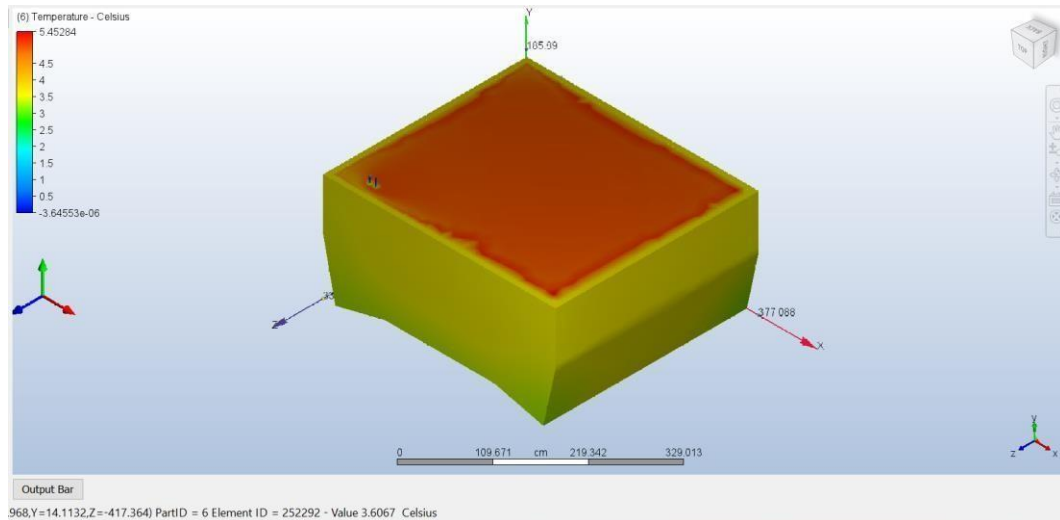


Gambar 4.18. Grafik Simulasi

Pada gambar grafik diatas menunjukkan bagaimana perubahan suhu yang terjadi, dimana suhu yang semakin rendah. Pada awalnya suhu yang ada pada ruang isolasi 23 °C mengalami penurunan pada titik terendahnya sekitar 4 °C. sehingga memungkinkan dapat di isi dengan muatan ikan yang sesuai fungsinya.

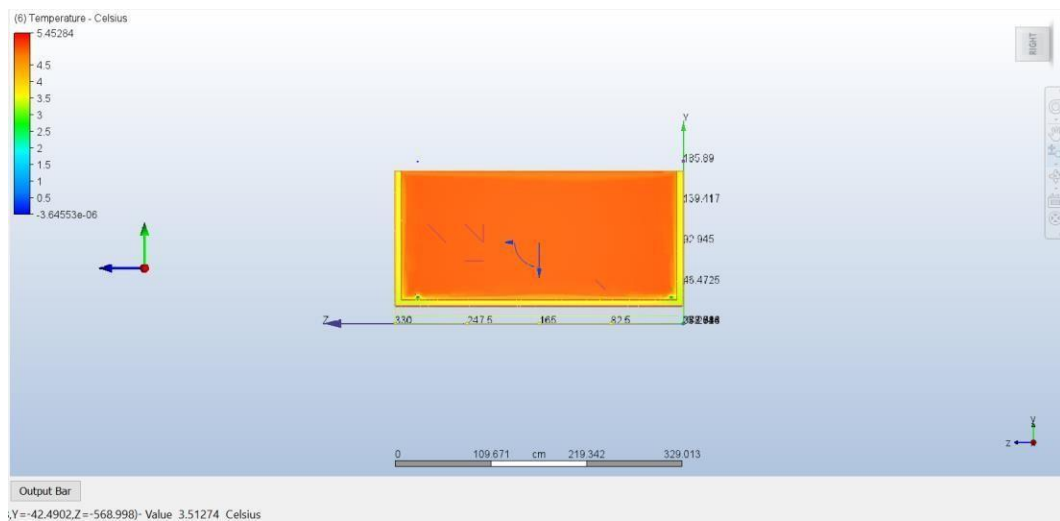
#### 4.3.2. Model Sistem Evaporator Keliling

Sama halnya hasil simulasi yang diatas menampilkan hasil perhitungan yang telah dilakukan pada tahap Solver Manager, hasil perhitungan dapat dilihat berupa data numerik dan data visualisasi aliran fluida pada model. Data numerik yang diambil adalah data nilai temperature rata rata fluida, data fluida yang dapat di ambil adalah sebagai berikut:

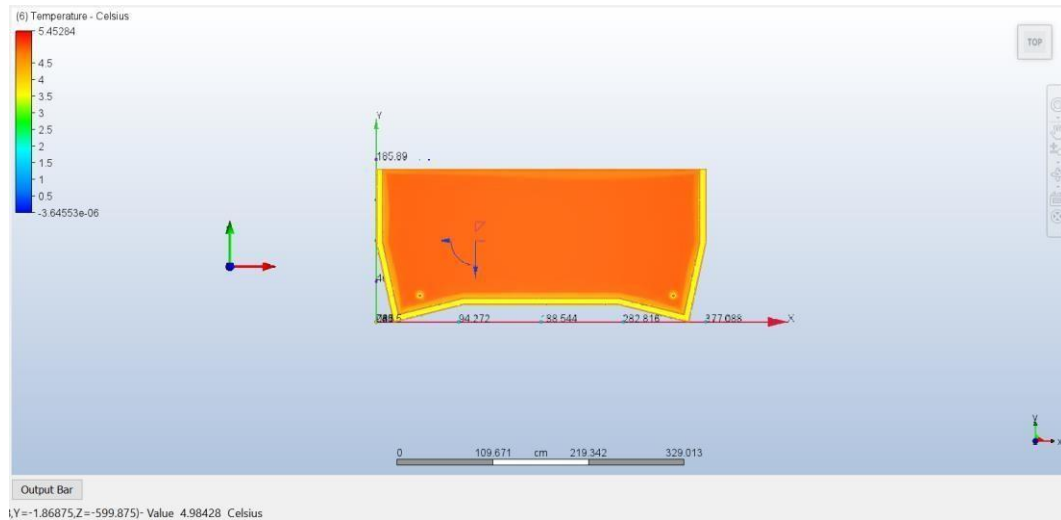


Gambar 4.19. Model Simulasi

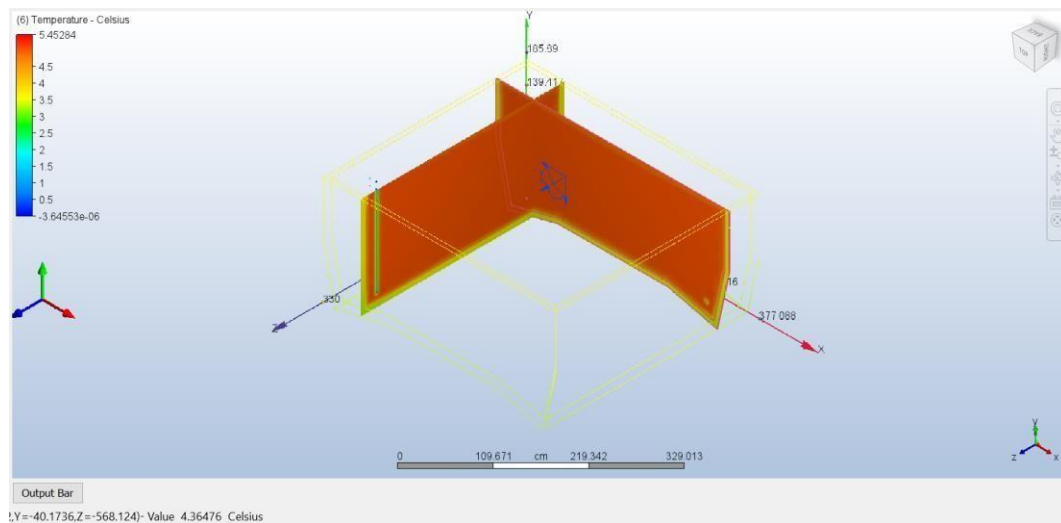
Pada gambar 4.15. merupakan tampilan kontur temperatur pada sistem pendingin, terlihat bahwa terjadi perbedaan temperatur. dari simulasi kontur temperatur pada bagian tepi memiliki suhu 3 °C yang menandakan suhu tersebut ialah suhu terendah pada ruang isolasi kapal ikan. Dan pada bagian atas menunjukkan suhunya kira-kira berada pada 4,5 °C.



Gambar 4.20. Tampak Samping



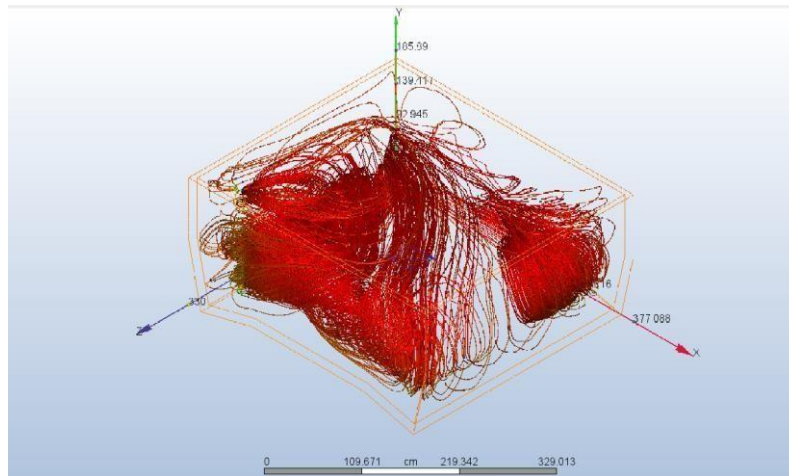
Gambar 4.21. Tampak Depan



Gambar 4.22. Tampak Dalam Ruang Isolasi

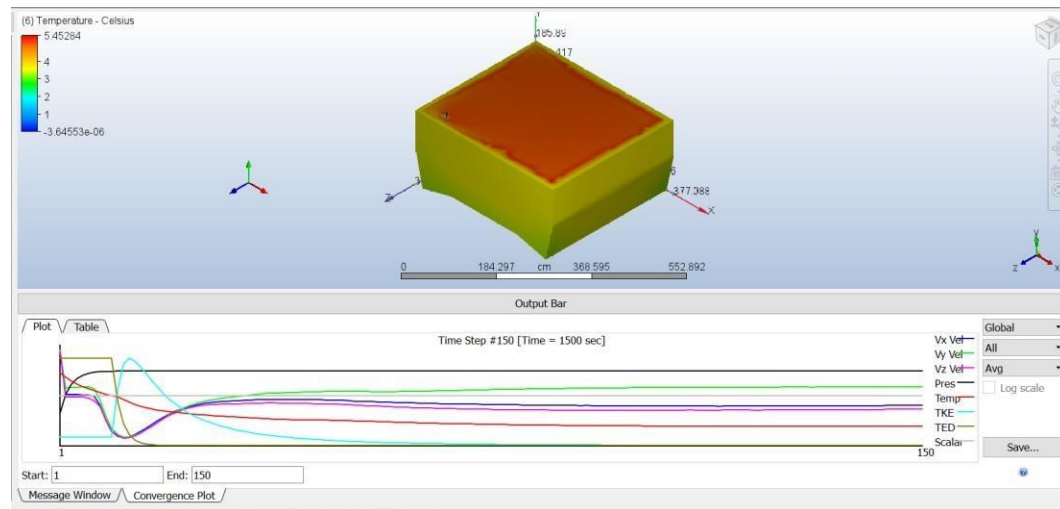
Dari hasil simulasi pada ruang isolasi sistem pendingin menunjukkan perubahan suhu yang signifikan. Dimana suhu air laut pada ruang isolasi berada pada 4 °C, yang menandakan sistem evaporator yang bekerja sangat efektif untuk di aplikasikan. untuk melihat bagain aliran pada model ini dapat kita lihat pada gambar dibawah ini.





Gambar 4.23. Aliran Suhu

Pada bagian ini menunjukkan kinerja aliran suhu yang alirannya memiliki beberapa arah karena diakibatkan pada pipa sistem evaporator yang terdapat pada ruang isolasi mengelilingi. Sehingga distribusinya mengarah ke beberapa tempat yang terdapat pipa evaporator yang bersuhu rendah.



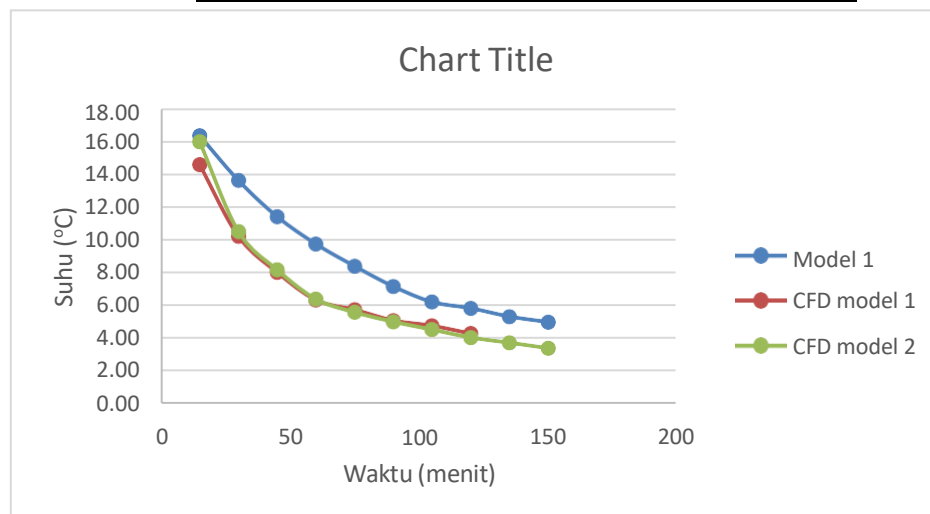
Gamabr 4.24. Grafik Hasil Simulasi

Pada gambar hasil simulasi diatas, didapatkan plot grafik yang menunjukkan perubahan yang terjadi pada model yang di simulasikan. Yang mana plot suhunya menunjukkan penuruna suhu sama halnya dengan model yang pertama. Yang berarti suhu yang awalnya 23 °C mengalami penurunan suhu 4 °C yang bearti model ini juga baik digunakan untuk ruang muat ikan.

#### 4.4 Perbandingan Waktu Dan Suhu

Berikut ini adalah tabel dan grafik perbandingan wktu dan suhu:

Waktu	Suhu		
	Model 1 Perhitungan	CFD model 1	CFD model 2
15	16.38	14.61	16.01
30	13.65	10.24	10.54
45	11.44	8.04	8.2
60	9.77	6.35	6.408
75	8.42	5.76	5.6
90	7.18	5.1	5.022
105	6.23	4.78	4.54
120	5.85	4.3	4.06
135	5.34		3.74
150	5.00		3.41



Pada data di atas, adalah tabel dan grafik temperatur vs waktu hasil simulasi yang dilakukan selama 2,5 jam yang terjadi pada saat proses pendinginan berlangsung pada evaporator. Terlihat pada grafik bahwa di menit pertama temperatur suhu pada ruang isolasi untuk CFD model 1 berada pada nilai yang sama yaitu 14,61 °C. Yang menandakan bahwa pada menit ini CFD model 1 penurunan suhunya lebih rendah dari pada model 1 perhitungan dan CFD model 2 dengan nilainya yaitu 16,38 °C untuk model 1 perhitungan dan 16,01 °C untuk CFD model 2. Kemudian pada menit 75 terjadi penurunan temperatur suhu yang

membuat CFD model 2 lebih dingin dari pada ke 2 model tersebut yang menghasilkan suhu 5,6 °C untuk CFD model 2. Dan untuk CFD model 1 memiliki selisih yang tipis, yang nilainya sebesar 5,76 °C, sedangkan untuk model 1 perhitungan memiliki nilai sebesar 8,42 °C. Pada menit 150 atau 2,5 jam suhu yang paling dingin terdapat pada CFD model 2 yang dimana model ini adalah model yang di optimalkan pada penelitian ini yaitu memiliki suhu 3,41 dan model 1 perhitungan memiliki suhu 5.00 °C. sedangkan CFD model 1 simulasinya tidak sampai pada menit 150 karena simulasi yang telah di jalankan berhenti pada menit 120 yang menghasilkan suhu 4.3 °C. Sehingga CFD model 2 pada penelitian ini lebih optimal yang memiliki suhu paling rendah. Hal ini diasumsikan terjadi karena aliran suhu yang meyebar pada seisi ruangan isolasi pada ikan plat datar merata yang membuat penurunan temperatu suhu pada model ini lebih efisien.

#### 4.5 Pembahasan

Pada tahap analisa ini, data yang diperoleh dari proses simulasi diambil untuk menentukan proses validasi dan perhitungan dari percobaan yang dilakukan. Data yang akan digunakan untuk validasi ialah data evaporator karena disini terjadi perubahan suhu air laut, dengan kata lain evaporator ini adalah alat penukar panas pada sistem RSW. Pada evaporator ini air laut masuk ke dalam tabung evaporator dan melewati pipa *refrigerant* yang berada dalam pipa kapiler yang terdapat di dalamnya.

Dalam perancangan evaporator ini, dibuat sesuai dengan besar beban pendingin yang harus dipenuhi oleh evaporator. Sedangkan untuk pipa yang mengalirkan *refrigerant* menggunakan pipa nickel steel.

Selain itu diperhitungkan pula koefisien perpindahan panas menyeluruh pada pipa evaporator, yang nantinya akan di bandikan dengan perhitungan dan hasil simulasi. Untuk Q evaporator, suhu yang akan dicapai divariasikan dari 5 °C sampai dengan 0 °C. Q evaporator dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q_{\text{evaporator}} = M_{\text{sw}} \cdot C_{p\text{sw}} \cdot (T_{\text{awal}} - T_{\text{akhir}})$$

Dengan menggunakan rumus diatas maka didapatkan  $Q_{\text{evaporator}}$  dengan variasi suhu yang dicapai sebesar  $0^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $5^{\circ}\text{C}$  sebesar 107.35 kW sampai dengan 130.62 kW. Dimana nilai  $Q$  evaporator dalam penelitian sebelumnya adalah 107.8 kW, sehingga untuk menentukan nilai  $Q$  evaporator dari masing-masing simulasi dengan menggunakan rumus yang sama juga. Yang mana untuk nilai pada model pertama ialah 108.2 kW dan nilai untuk model yang ke dua sebesar 120.7 kW. Maka dari hasil simulasi dapat kita tau bahwa hasil yang ada menandakan data perhitungan dan data hasil simulasi dapat di buktikan dengan rumus diatas.

Selanjutnya menghitung koefisien beban panas menyeluruh ( $U_o$ ) dari pipa evaporator dengan menggunakan rumus koefisien beban panas. Sehingga didapatkan beban panas menyeluruh pada pipa menggunakan rumus sebagai berikut:

$$U_o = \frac{Q_{\text{evaporator}}}{L \cdot LMTD \cdot \rho \cdot d_o}$$

Dimana:

- $L$  = Panjang Tabung yang dibutuhkan (m)
- $Q_{\text{eva}}$  = kapasitas pendingin evaporator (W)
- $U_o$  = koefisien perpindahan panas total ( $\text{W}/\text{m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )
- $d_o$  = diameter luar tabung

Sehingga koefisien perpindahan panas total evaporator ialah sebagai berikut,

$$U_o = \frac{107.8}{(14.008)(40)(3.14)(0.01715)}$$

$$= 3557.74 \text{ W}/\text{m}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Data diatas adalah data yang di ambil dari hasil perhitungan dari penelitian sebelumnya yang dimana data tersebut akan di validasikan dari data hasil dari perhitungan dengan simulasi yang sesuai dari rumus tersebut. Sehingga kita akan tau persentase kecocokan dengan data yang telah di hitung dan data dari hasil

simulasi yang telah dilakukan. Jadi untuk nilai dari model pertama dihasilkan  $3585.79 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ , dan untuk nilai model yang ke dua yaitu  $4000.4 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Nilai-nilai yang diperoleh di atas menunjukkan bahwa sistem pendingin RSW yang di rencanakan pada kapal pelat datar dapat berfungsi dengan baik untuk mendinginkan muatan yang ditampung di dalam palka dan terjaga pada suhu  $5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Dengan persentase untuk model pertama  $0.28 \%$  dan untuk model yang ke dua sebesar  $4.42 \%$ .

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari hasil pembahasan pada bab IV dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perancangan sistem *refrigerated sea water* (RSW) pada kapal ikan pelat datar 10GT menghasilkan pada tiap-tiap memiliki perbedaan aliran yang berbedah sehingga dapat mempengaruhi waktu untuk mendinginkan dan untuk penyebarannya juga sama yang dimana model yang kedua aliran suhunya bergerak bebrapa yang memungkinkan untuk suhu yang tersebar dapat merata.
2. Adapun nilai untuk koefisien perpindahan panas untuk keduanya menghasilkan  $3585.79 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$  untuk model pertama dan  $4000.4 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$  untuk model ke dua. Dengan persentase 0.28 % untuk model pertama dan 4.42 % untuk model ke dua.

#### **5.2. Saran**

Adapun saran untuk mengembangkan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlunya perhitungan yang lebih spesifik terhadap beban kalor pada palka..
2. Perlunya analisa lebih tentang pendingin sistem RSW pada kapal ikan pelat datar 10GT.
3. Perlunya penambahan daya untuk mengoptimalkan kerja sistem pendingin.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ari Wibawa. BS, Analisa Devinisi Kapal Ikan *Purse Seine* 109 Gt Km. Surya Redjeki, Universitas Dipenogoro.
- Heroe Poernomo, Analisis Karakteristik Unjuk Kerja Sistem Pendingin (Air Conditioning) Yang Menggunakan Freon R-22 Berdasarkan Pada Variasi Putaran Kipas Pendingin Kondensor. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, 1 Februari 2015
- Kiryanto & Supriyanto H, Analisa Teknis dan Ekonomis Perencanaan Sistem Pendingin Ruang Palkah Ikan dengan Sistem Kompresi Uap Menggunakan Refrigeran R22 (Monokloro Difluoro Metana), Jurnal KAPAL - Vol. 8, No.1, Februari 2018.
- Muhammad Farid, Andi Husni Sitepu, ST, MT, dan Baharuddin, ST, MT, Perancangan Sistem *Refrigerated Sea Water* Pada Kapal Ikan Pelat Datar 10 Gt. Universitas Hasanuddin, 2018.
- Muhsin Z, Djuanda, A. Ramli Rasyid & Munandar, Analisis Unjuk Kerja (COP) Mesin Pendingin Hibrid dengan Menggunakan Refrigeran R-22, Jurnal TEKNOLOGI Volume 17 No. 1 Oktober 2017
- Nugroho, Ali, Analisa Kinerja *Refrigerasi Water Chiller* pada PT GMF Aeroasia, Jurnal JTM, Vol. 04, No. 1 Februari 2015