

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

SKRIPSI

*Ditujukan Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Serjana 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 melangkah 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, MT¹, Ir. Zulkifli MT¹
Muhammad Farid²

¹Dosen Teknik Perkapalan, Universitas Hasanuddin

²Mahasiswa 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/m² °C untuk model pertama dan 4000.4 W/m² °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
BAB III. METODE PENELITIAN	30
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. Diagram 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
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	44
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
BAB V PENUTUP	63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	Xiv

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
<i>C_p</i>	Panas Jenis	kJ/kg °C
D	Diameter	m
G	Gravitasi	m/s ²
H	Head pompa	m
h	Entalpi	Kj/kg
K	Konduktivitas Thermal	kKal/m s °C
L	Panjang	m
M	Massa	kg
<i>m</i>	Laju Aliran massa	Kg/s
N	Daya Pompa	kW
η	Efisiensi	
P	Daya kompresor	kW
<i>P</i>	Tekanan	bar
<i>P</i>	Massa Jenis	Kg
<i>Q</i>	Kalor	kW
<i>T_d</i>	Perbedaan Suhu	°C
<i>U</i>	Koefisien Perpindahan Panas	56
<i>V</i>	Kecepatan	m/s
<i>X</i>	Ketebalan	m

W	Kerja	kW
ΔT	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:

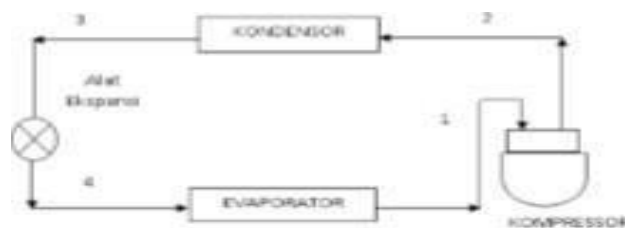
- Ukuran utama kapal: Panjang (15 m); Lebar (4,075 m); Tinggi (2,4 m); Draft (1,35 m) dan; Kecepatan (9 Knot)
- Sistem propulsi kapal dan kendali: Daya mesin utama (90 Hp); Baling-baling tunggal (diameter 63 cm dengan 4 daun); kemudi hidrolis dengan luas daun kemudi 42 cm².
- Sistem kelistrikan dengan 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:

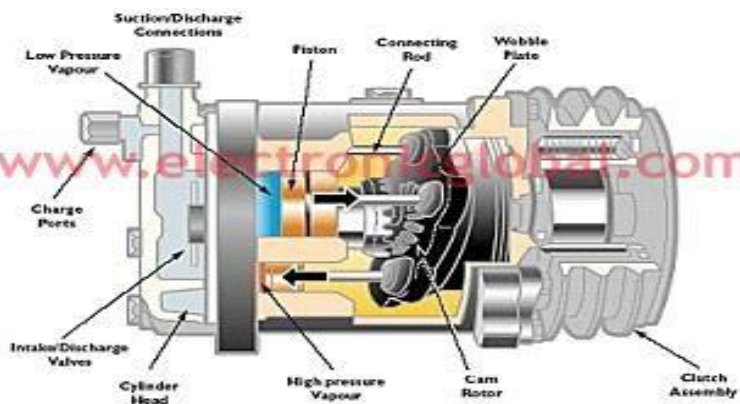
- Menurunkan tekanan di dalam evaporator, sehingga bahan pendingin cair di evaporator dapat mendidih atau menguap pada suhu yang lebih rendah dan menyerap panas lebih banyak dari ruang di dekat evaporator.
- Menghisap bahan pendingin gas dari evaporator dengan suhu rendah dan tekanan rendah lalu memampatkan 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,

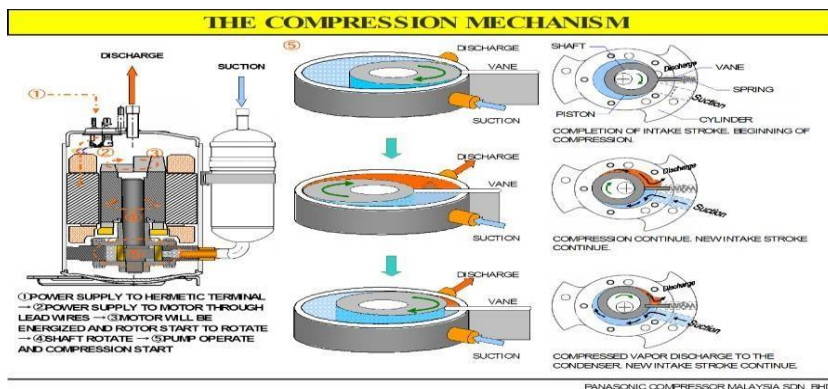
tepatnya antara piston dengan tutup silinder. Katup isap membuka dan bahan pendingin diisap masuk melalui katup isap dalam silinder. Pada saat piston bergerak ke atas / naik, gas yang ada di dalam silinder termampatkan dan ditekan ke atas. Katup tekan terbuka, gas tertekan keluar melalui katup tekan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

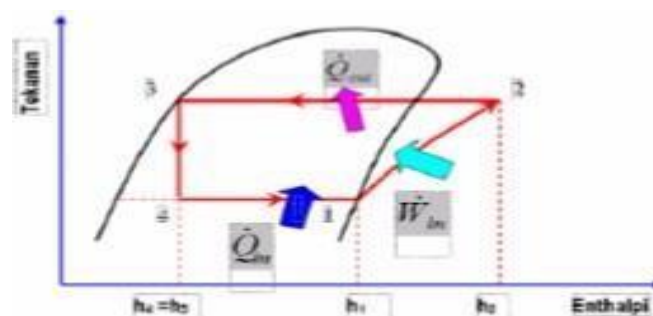
kebawah batas kendali, maka katub membuka lebih besar. Bila tekanan evaporator naik keatas batas kendali, katup tersebut menutup sebagian.

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"> • 2 -1 	Pertumbuhan bakteri jauh berkurang	Penurunan mutu agak dihambat, daya awet wajar. (3-10 hari)
	<ul style="list-style-type: none"> • -1 	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"> • -2 - -10 	Ditekan, tidak aktif	Penurunan mutu minimum ikan jadi beku, daya awet panjang (7-30hari)
	<ul style="list-style-type: none"> • -18 dan lebih rendah 	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.

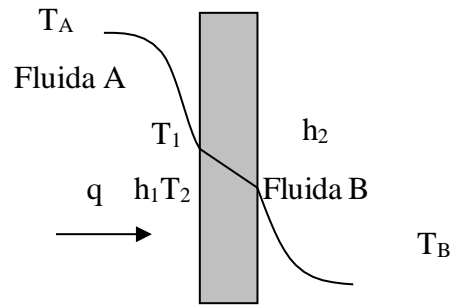
2.6.1 Koefisien Perpindahan Panas Menyeluruh (U)

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)

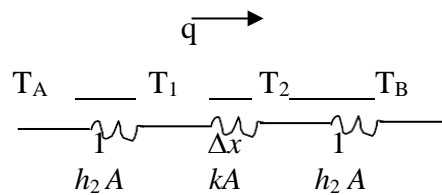
$$q = h_A \cdot A \cdot (T_1 - T_A) = \frac{kA}{\Delta x} (T_1 - T_2) = h_B \cdot A \cdot (T_2 - T_B)$$

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 (ft²)

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/m²°C)

Fo = faktor film udara luar

f1 = 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/m²°C)

A = Luas permukaan dinding atap (m²)

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 (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 $^{\circ}\text{C}$)

ΔT = 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 (m³/s)
- H = Head Total(m)
- ρ = Massa Jenis air (kg/m³)
- g = gravitasi (m/s²)
- η = 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.