

Optimasi Perancangan Sistem Pendingin RSW pada Kapal Ikan Plat Datar dengan Simulasi CFD

Erwin^a, Baharuddin^{a,*}, Zulkifli^a

^aDepartemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Indonesia

*Email: baharmarine@yahoo.com

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 $3585.79 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ 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. 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), Computational Fluid Dynamics (CFD)

1. Pendahuluan

Jumlah komoditi ikan di Indonesia merupakan salah satu yang terkaya di dunia. 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, dikhawatirkan 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.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sistem kerja RSW yang digunakan pada kapal ikan dan memastikan sirkulasi pada kinerja RSW dapat menyebar di seluruh bagian palka di kapal ikan dengan menyebarnya seluruh pada bagian pendingin diharapkan dapat membuat kualitas ikan menjadi lebih baik.

2. Studi Literatur

2.1. 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.

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

2.2. 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 hampasan 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.

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.

2.3. Kapal Ikan Plat Datar

Kapal ikan pelat datar 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).

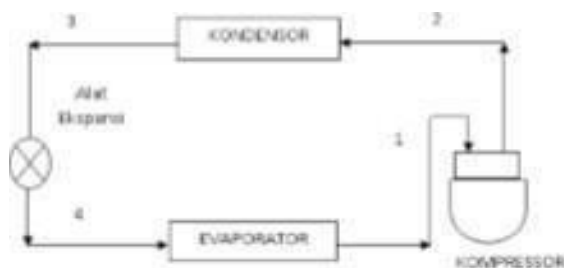
Melalui teknologi ini dapat menghasilkan kapal dengan waktu yang lebih cepat dan biaya produksi

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 hidrolik dengan luas daun kemudi 42 cm².
- Sistem kelistrikan dengan menggunakan solar cell dengan output 1000w.
- Kapasitas muat ABK (7 orang); Muatan ikan (10 ton).

2.4. 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 1. Siklus refrigerasi Standart

Pada Gambar 1 diatas menunjukkan komponen-komponen dan siklus sederhana dari sistem pendingin berdasarkan siklus kompresi uap standar.

2.4.1 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.

2.4.2. Kondensor

Kondensor berfungsi untuk membuang kalor dan mengubah wujud bahan pendingin dari 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.

2.4.3. 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.

2.4.4. Ekspansi

Alat ekspansi mempunyai dua fungsi yaitu menurunkan tekanan refrigeran cair dan mengatur aliran refrigeran ke evaporator [12]. Jenis alat-alat ekspansi yakni pipa kapiler, katup ekspansi berpenendali superheat (panas lanjut), katup ekspansi tekanan konstan, katup apung (float valve).

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 kapiler sebagai pengganti katup ekspansi. Diameter dalam dan panjang dari pipa kapiler 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.

2.5. 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

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 -10°C maka daya awet ikan dapat diperpanjang menjadi 15 bahkan 20 hari. (Untung Budiarto, 2016).

2.6. 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.

2.7. 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.
- **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.
- **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.
- **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.

2.8. 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.

2.9. 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.

2.10. 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

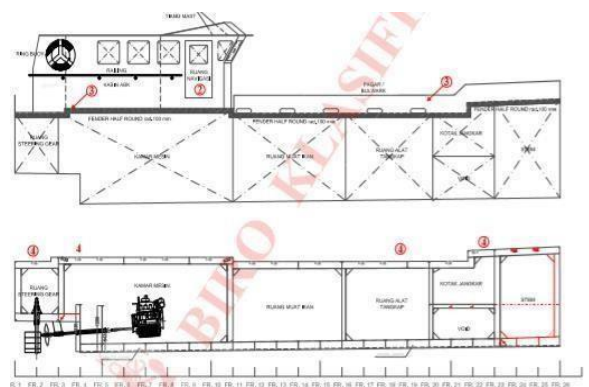
Postprocessor dimana hasil perhitungan diinterpretasikan ke dalam gambar, grafik bahkan animasi dengan pola-pola warna tertentu.

3. Metode

3.1. Alat

3.1.1. 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 2.



Gambar 2. Kapal Ikan Pelat datar (Biro Klasifikasi Indonesia)

3.1.2. Kompresor

Kompresor yang digunakan merupakan kompresor jenis semi-hermetic (DORIN H32 H743CC) dengan displacement 26.4 m³/h. Gambar kompresor tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kompresor Dorin H32 H743CC

3.1.3. Kondensor

Kondensor yang digunakan adalah kondensor air laut jenis shell and Tube (Bluecold 06164H) yang dapat dilihat pada Gambar 4. Adapun sedikit mengenai General Technical Terms dari kondensor tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. General technical terms BlueCold 06164H

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



Gambar 4. Kondensor Blue Cold 06164H

3.1.4. 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 2.

Tabel 2. Karakteristik pipa dengan material nickel steel

Massa Jenis	Panas Jenis	Konduktivitas Thermal
8.169 kg/m ³	0.46 kJ/Kg °C	10 W/M °C

Sumber: Heat Transfer,1994

3.1.5. Aplikasi 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.

3.2. Bahan

3.2.1. 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 5. 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 dan 4.

Tabel 3. Karakteristik Refrigerant R22

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

Tabel 4. Suhu Refrigerant terhadap berat jenis Refrigerant R-22 (liquid)

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



Gambar 5. Refrigerant R22

3.2.2. 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 oC samapai dengan 5oC. untuk lebih detailnya karakteristik air laut dapat dilihat pada Tabel 5 dan 6.

Tabel 5. Karakteristik air laut perairan indonesia

Suhu	Kadar garam (Salinitas)
28 °C	3.5 %

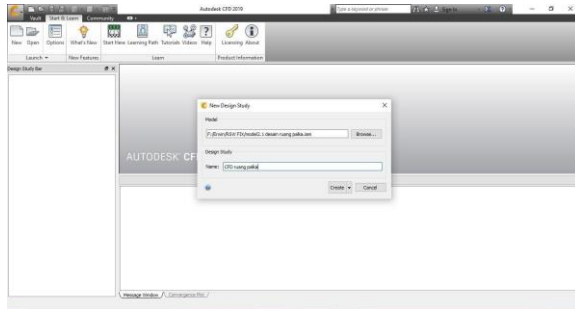
Tabel 6. Panas jenis dan berat jenis air laut tiap suhunya

Suhu (°C)	Panas Jenis (kJ/kg °C)	Berat jenis (kg/m ³)
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: <http://linkingweatherandclimate.com>

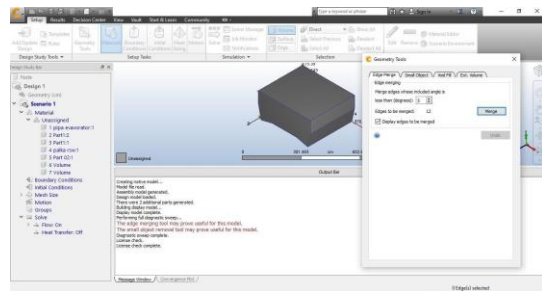
3.3. Proses Memindahkan Desain ke Aplikasi Autodesk CFD

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.



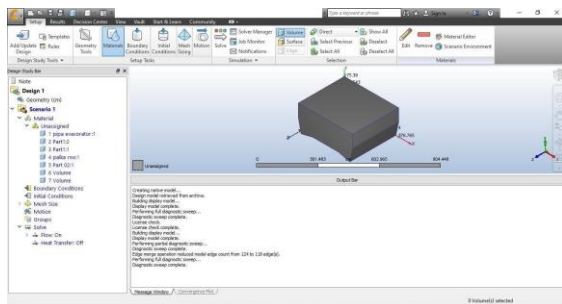
Gambar 6. Proses memasukan model ke aplikasi Autodesk CFD

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



Gambar 7. Penentuan geometri

Setelah itu muncul data di geometri tools Autodesk CFD dan untuk memasimalkan perse simulasi klik merge pada toolbar geometri tools. Funsinya untuk menyatukan titik sudut yang tdk bersentuhan, karena pada saat proses meshing dapat mempermudah. Setelah itu maka akan muncul desain seperti di Gambar 8.



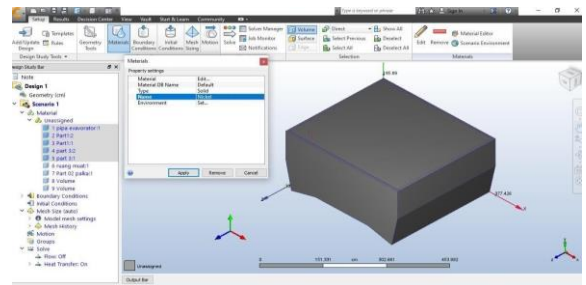
Gambar 8. Model di aplikasi di Autodesk CFD

3.4. 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.

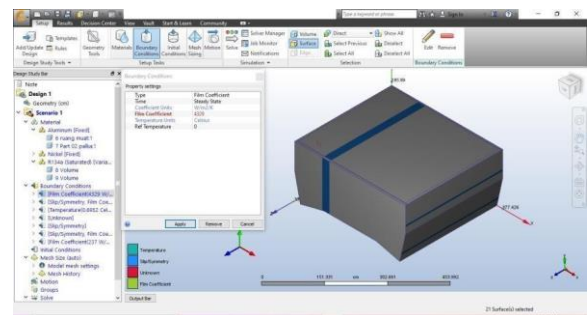
3.4.1. Preprocessor

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 9. Proses penginputan data material

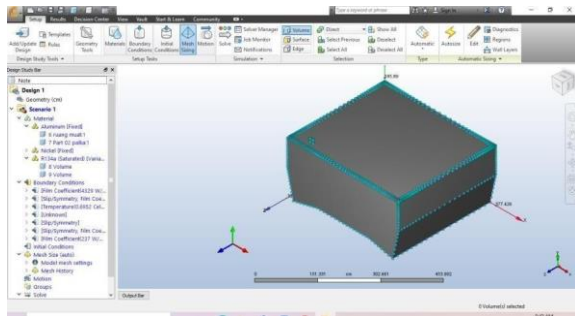
Ketika data material telah dimasukan semua maka proses selanjutnya menentukan kondisi batas atau boundary condition. kondisi batas atau boundary condition adalah kondisi dari batas sebuah control volume yang dimana batas yaitu sebuah nilai yang telah diketahui lalu di input. Proses ini sangatlah penting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



Gambar 10. Proses penginputan data boundary conditional

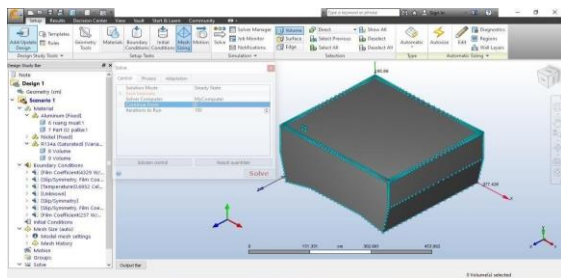
Setelah data semua telah di input seperti gambar dia atas maka proses selanjutnya yaitu proses meshing, proses meshing itu merupakan pembagian objek menjadi bagian – bagian yang lebih kecil, semakin kecil meshing yang dibuat maka hasil perhitungan akan semakin teliti namun membutuhkan daya komputasi yang besar.

Pada prosesnya klik mesh sizing lalu pilih autosize pada toolbar bagian kanan seperti gambar dibawah.



Gambar 11. Proses meshing

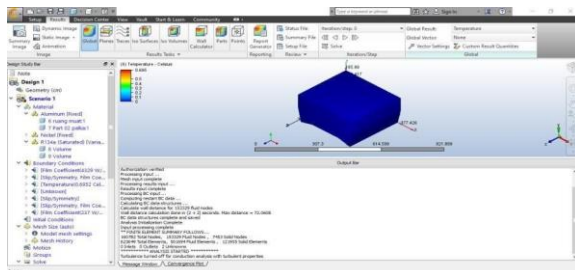
Setelah melakukan meshing makala selanjutnya klik solver pada toolbar, solver fungsinya untuk menjalankan program atau scenario yang telah kita buat.



Gambar 12. Proses solver atau running

3.4.2. Processor

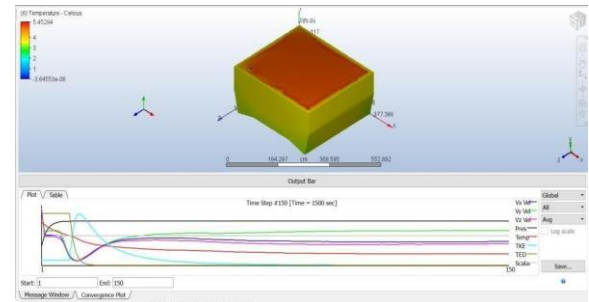
Processor, pada tahap ini dilakukan proses penghitungan data-data input dengan persamaan yang terlibat secara iteratif. Artinya penghitungan dilakukan hingga hasil menuju error terkecil atau hingga mencapai nilai yang konvergen. Penghitungan dilakukan secara menyeluruh terhadap volume kontrol dengan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



Gambar 13. Processor

3.4.3. Postprocessor

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



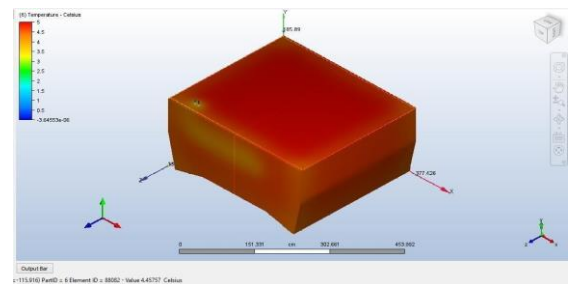
Gambar 14. Hasil simulasi

4. Hasil dan Pembahasan

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.

4.1. Hasil

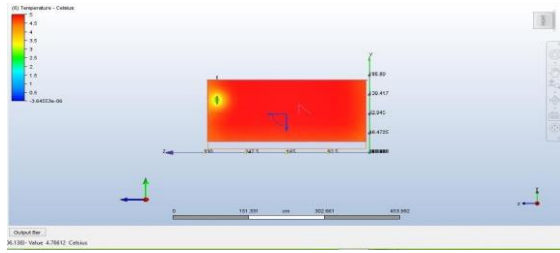
Pada model pipa evaporator dengan satu sisi dari hasil simulasi menampilkan hasil perhitungan yang telah dilakukan pada tahap Solver Manager. Hasil perhitungan dapat dilihat berupa data numerik dan data visualisasi aliran fluida pada model. Data numerik nilai temperature rata-rata fluida yang dapat diambil adalah sebagai berikut:



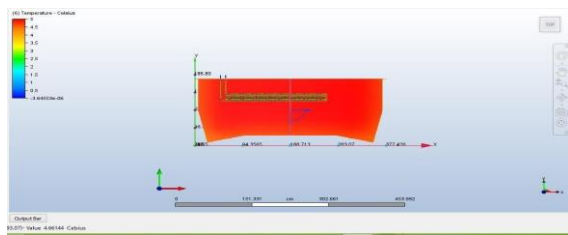
Gambar 15. Hasil simulasi

Pada Gambar 15 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 berkisar 3,7 °C. dari kontur temperatur pada bagian-bagian ruang isolasi suhu tertinggi terdapat pada bagian atas dimana suhunya sekitar 5 °C. Selanjutnya kita akan melihat

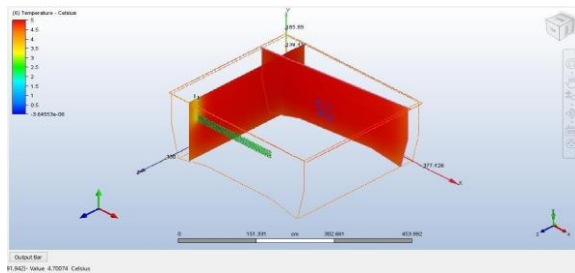
perubahan suhu yang terjadi pada bagian dalam sistem isolasi kapal ikan plat datar pada Gambar 16.



Gambar 16. Tampak bagian samping

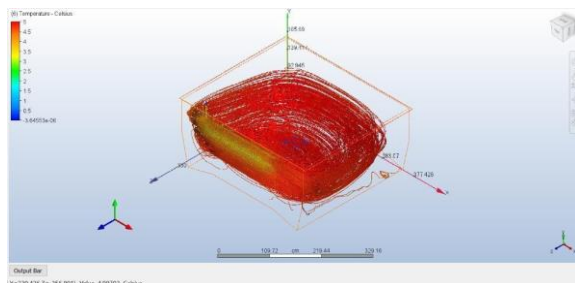


Gambar 17. Tampak bagian depan



Gambar 18. Tampak bagian dalam

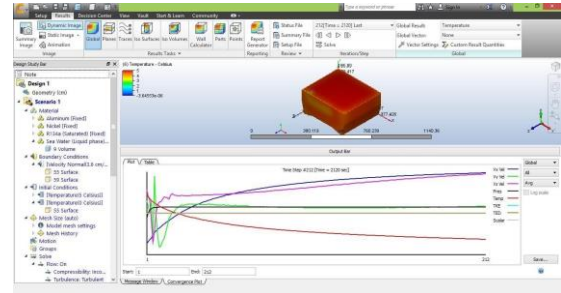
Gambar diatas adalah tampilan kontur temperatur yang terjadi pada ruang isolasi sistem pendingin, dari kontur dan nilai yang ditampilkan pada gambar terlihat bahwa terjadi penurunan suhu pada yang awalnya 23 °C ke 5 °C. Pada daerah sistem evaporator keadaan suhunya lebih rendah dari pada sekitarnya menandakan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



Gambar 19. Aliran suhu didalam ruangan isolasi palka

Pada gambar diatas menunjukkan bagaimana aliran suhu yang mengalir ke tempat yang besuhu tinggi ke suhu yang rendah. Aliran dari suhu ini berpusat pada bagian yang terdapat sistem evaporator

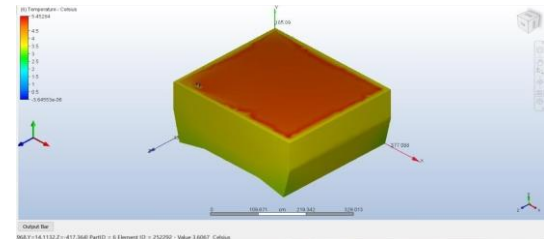
yang memiliki suhu rendah sehingga bentuk aliran berbentuk cekungan yang mempunyai satu arah saja.



Gambar 20. Grafik simulasi

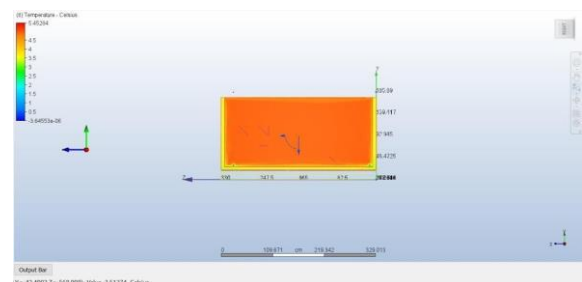
Pada gambar grafik diatas menunjukkan bagaimana perubahan suhu yang terjadi, dimana suhu yang semakin rendah. Pada awalnya suhu yang ada pada ruang isolasi 23°C mengalami penurunan pada titik terendahnya sekitar 4°C. sehingga memungkinkan dapat di isi dengan muatan ikan yang sesuai fungsinya.

Pada 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:

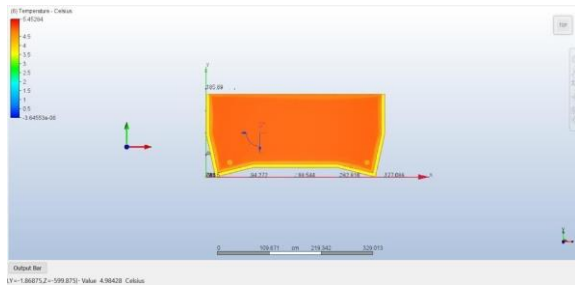


Gambar 21. Model simulasi

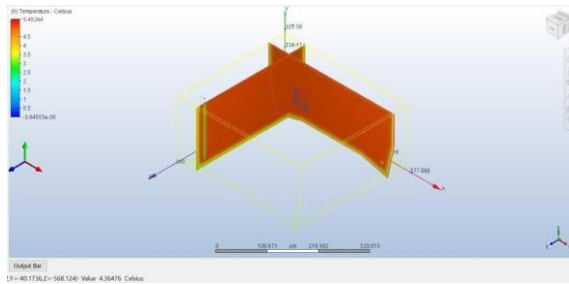
Pada Gambar 21 merupakan tampilan kontur temperatur pada sistem pendingin, terlihat bahwa terjadi perbedaan temperatur. dari simulasi kontur temperatur pada bagian tepi memiliki suhu 3 °C yang menandakan suhu tersebut iyalah suhu terendah pada ruang isolasi kapal ikan. Dan pada bagian atas menunjukkan suhunya kira-kira berada pada 4,5 °C.



Gambar 22. Tampak samping

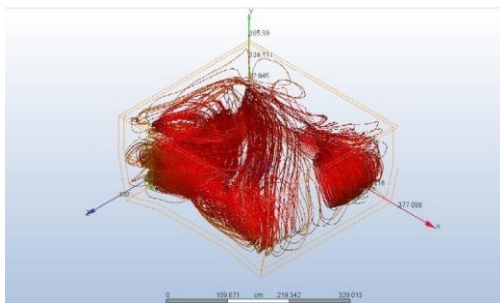


Gambar 23. Tampak depan



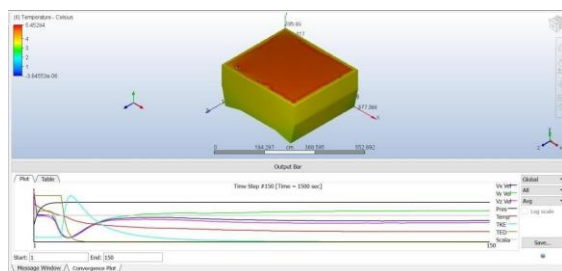
Gambar 24. Tampak dalam ruang isolasi

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 bagai aliran pada model ini dapat kita lihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 25. 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 distribusi suhunya mengarah ke beberapa tempat yang terdapat pipa evaporator yang bersuhu rendah.



Gambar 26. 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.

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.

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.

4.2. 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:

$$Q_{evaporator} = M_{sw} \cdot C_{psw} \cdot (T_{awal} - T_{akhir}) \quad (1)$$

Dengan menggunakan rumus diatas maka didapatkan $Q_{evaporator}$ dengan variasi suhu yang dicapai sebesar 0oC sampai dengan 5oC 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:

$$U_o = \frac{Q_{evaporator}}{L \cdot LMTD \cdot \rho \cdot d_o} \quad (2)$$

dimana,

L = Panjang Tabung yang dibutuhkan (m)
 Q_{eva} = kapasitas pendingin evaporator (W)
 U_o = koefisien perpindahan panas total (W/m²°C)
 d_o = diameter luar tabung

Sehingga koefisien perpindahan panas total evaporator ialah sebagai berikut,

$$= 3557.74 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

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 W/m²°C, dan untuk nilai model yang ke dua yaitu 4000.4 W/m²°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 oC. Dengan persentase untuk model pertama 0.28 % dan untuk model yang ke dua sebesar 4.42 %.

5. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan, 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 mengahasilkan 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.

Referensi

- [1] Ari Wibawa, BS, Analisa Devinisi Kapal Ikan *Purse Seine* 109 Gt Km. Surya Redjeki, Universitas Dipenogoro.
- [2] Heroe Poemomo, 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
- [3] Kiryanto & Supriyanto H, Analisa Teknis dan Ekonomis Perencanaan Sistem Pendingin Ruang Palkah Ikan dengan Sistem Kompresi Uap Menggunakan Refrigeran R22 (Monokloro Difluro Metana), Jurnal KAPAL - Vol. 8, No.1, Februari 2018.
- [4] Muhammad Farid, Andi Husni Sitepu, dan Baharuddin, Perancangan Sistem *Refrigerated Sea Water* Pada Kapal Ikan Pelat Datar 10Gt. Universitas Hasanuddin, 2018.
- [5] 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.
- [6] Nugroho, Ali, Analisa Kinerja Refrigerasi Water Chiller pada PT GMF Aeroasia, Jurnal JTM, Vol. 04, No. 1 Februari 2015.