

**EFISIENSI POLYURETHANE DAN POLYSTYRENE  
SEBAGAI INSULASI PALKA KAPAL IKAN**

**SKRIPSI**

*Diajukan sebagai syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik  
Pada Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik  
Universitas Hasanuddin*



**DISUSUN OLEH:**

**MUHAMMAD FARID  
D331 16 508**

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

**EFISIENSI POLYURETHANE DAN POLYSTYRENE  
SEBAGAI INSULASI PALKA KAPAL IKAN**



**MUHAMMAD FARID  
D331 16 508**

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2022**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**"EFISIENSI POLYURETHANE DAN POLYSTYRENE SEBAGAI INSULASI PALKA  
KAPAL IKAN"**

Disusun dan diajukan oleh

**MUHAMMAD FARID**

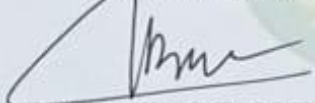
**D33116508**

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian studi Program Sarjana Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Pada tanggal 28 April 2022  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui

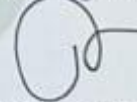
Pembimbing Utama,



**Baharudiin, S.T., M.T.**

**NIP. 19750221 199802 1 001**

Pembimbing Pendamping,



**M. Iqbal Nikmatullah, S.T., MT.**

**NIP. 19870131 201903 1 007**



**Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, S.T., M.Inf.Tech., M.Eng.**

**NIP. 19810211 200501 1 003**

## LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Skripsi : Efisiensi Polyurethane Dan Polystyrene Sebagai Insulasi Palka Kapal Ikan  
Nama Mahasiswa : MUHAMMAD FARID  
NIM : D33116508

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh Panitia Ujian Sarjana Program Strata Satu (S1) Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin pada tanggal 28 April 2022.

Panitia Ujian Sarjana

Ketua : Baharuddin, S.T., M.T.

Sekretaris : Muhammad Iqbal Nikmatullah, S.T, MT

Anggota : Ir. Zulkifli, MT.

Anggota : Ir. Syerli Klara, MT.

Ketua Departemen,  
Fakultas Teknik,  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
Dr. Eng. Faisal Mahmuddin, S.T., M. Inf. Tech., M. Eng.  
NIP. 498405112005011003



## PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

**Nama** : Muhammad Farid

**NIM** : D33116508

**Departemen** : Teknik Sistem Perkapalan

dengan ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi yang berjudul :

### EFISIENSI POLYURETHANE DAN POLYSTYRENE SEBAGAI INSULASI PALKA KAPAL IKAN

Adalah karya ilmiah saya sendiri dan sepanjang pengetahuan saya di dalam naskah skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu perguruan tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila di kemudian hari ternyata di dalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut dan diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Gowa, 28 April 2022

Yang membuat pernyataan,

  
Muhammad Farid

## ABSTARCT

*Fishing boats are ships that are specifically used to catch fish and the cargo space for fishing vessels plays a very important role during the process of catching, storing, preserving, freezing and transporting fish, so that the quality and freshness of fish is maintained until it reaches consumers. The use and selection of 30 GT fishing vessel hatch insulation material in Toa Galesong Village, Takalar Regency which still uses polystyrene is still less efficient in maintaining room temperature in the hold, so that the cooling and preservation process of fish is not effective and has an impact on the quality and freshness of the fish. So in this study the previous hatch insulation material will be replaced with polyurethane to analyze and prove the efficiency of the material. Polyurethane was chosen because this material has good insulating properties, including low thermal conductivity and the ability to maintain good temperature as an insulation material, so that the fish preservation process is maximized. This study focuses on calculating the cooling load using polyurethane and polystyrene materials which will be analyzed using the Cooling Load Temperature Difference (CLTD) method and Computational Fluid Dynamics (CFD) simulation using Ansys R2 2021 software with different thickness of insulation material in each hatch model. From the results of this analysis, it will be known the difference in the rate of heat transfer and the amount of ice required in each hatch model. Polyurethane and polystyrene insulation materials with a hatch capacity and material thickness of 9 cm as the optimal insulation system only have a heat load difference of 1,303 KJ.*

*Keywords: Hatch Insulation, Polyurethane, Polystyrene, Cooling Load Temperature Difference (CLTD), Computational Fluid Dynamics (CFD)*

## ABSTRAK

Kapal ikan merupakan kapal yang secara khusus digunakan untuk menangkap ikan dan palka kapal ikan sebagai ruang muat sangat berperan penting selama proses penangkapan, penampungan, pengawetan, pembekuan dan pengangkutan ikan, agar mutu dan kesegaran ikan tetap terjaga hingga ke tangan konsumen. Penggunaan dan pemilihan material insulasi palka kapal ikan 30 GT di Kampung Toa Galesong Kabupaten Takalar yang masih menggunakan *polystyrene* masih kurang efisien dalam mempertahankan suhu ruangan pada palka, sehingga proses pendinginan dan pengawetan ikan tidak efektif dan berdampak pada mutu dan kesegaran ikan. Maka pada penelitian ini material insulasi palka sebelumnya akan diganti dengan *polyurethane* untuk menganalisis dan membuktikan efisiensi dari material tersebut. *Polyurethane* dipilih karena material ini memiliki sifat-sifat isolasi yang baik, diantaranya memiliki konduktivitas termal yang rendah dan memiliki kemampuan mempertahankan suhu yang baik sebagai material insulasi, sehingga proses pengawetan ikan menjadi maksimal. Penelitian ini memfokuskan pada perhitungan beban pendingin menggunakan material *polyurethane* dan *polystyrene* yang akan di analisis menggunakan metode *Cooling Load Temperature Difference* (CLTD) dan simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) menggunakan software *Ansys R2 2021* dengan ketebalan material insulasi yang berbeda-beda pada setiap model palka. Dari hasil analisis tersebut akan diketahui perbedaan beban pendingin dan jumlah kebutuhan es pada masing-masing model palka. Material insulasi *polyurethane* dan *polystyrene* dengan kapasitas palka dan ketebalan material 9 cm sebagai sistem insulasi yang optimal hanya memiliki selisih beban kalor sebesar 2.004 KJ.

Kata kunci : Insulasi Palka, *Polyurethane*, *Polystyrene*, *Cooling Load Temperature Difference* (CLTD), *Computational Fluid Dynamics* (CFD)

## **KATA PENGANTAR**

Alhamdulillah, Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan limpahan nikmat dan rahmat yang sangat luar biasa kepada penulis, tidak lupa pula sholawat dan salam kita berikan kepada Nabi Besar Muhammad SAW yang telah menuntun kita semua menuju peradaban manusia yang lebih baik. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan strata satu Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Selesainya Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui ini penulis memberikan ucapan terima kasih setinggi-tingginya kepada :

1. Kedua Orang Tua, Ibu Tercinta Siti Rahma AB dan Ayah Tercinta Anwar Mote yang senantiasa memberikan doa, motivasi, dan dukungan materi demi keberlangsungan selama berkuliah di Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
2. Bapak Baharuddin, ST. MT, dan Bapak Muhammad Iqbal Nikmatullah S.T. MT, selaku pembimbing I dan Pembimbing II yang telah meluangkan banyak waktu untuk memberikan pengarahan, bimbingan dan motivasi dari awal penelitian hingga terselesaikannya tugas akhir ini.
3. Bapak Ir. Zulkifli, MT. dan Ibu Ir. Syerli Klara, MT. selaku dosen penguji yang juga banyak memberikan saran dalam proses penyusunan tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Eng. Faisal Mahmudin ST.,M.Inf.Tech.,M.Eng selaku ketua Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
5. Dosen-Dosen Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu, motivasi serta bimbingannya selama proses perkuliahan.



6. Staff tata usaha Departemen Teknik Sistem Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah membantu segala aktivitas administrasi baik selama perkuliahan serta dalam penyelesaian tugas akhir ini.
7. Andi Riska Islamiyati Amalia Arsyad yang telah senantiasa memberikan doa, dukungan dan bantuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
8. Saudara Miftahuddin yang senantiasa menerima penulis untuk menginap di tempat tinggalnya di Gowa.
9. Saudara-saudara Teknik 2016, Khususnya CRUIZER 2016 yang telah memberikan banyak motivasi, dukungan serta waktu yang telah dilalui bersama.
10. Saudara-saudara Aquaman 09 terima kasih atas waktu yang telah dilalui bersama.
11. Saudara-saudara SKM SMFT-UH yang telah memberikan banyak dukungan serta motivasi.
12. Kanda-kanda dan adik-adik yang telah memacu saya sampai akhir dalam menyelesaikan masa perkuliahan ini.
13. Pihak-pihak yang tidak sempat penulis sebutkan pada kesempatan ini.

Penulis menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis berharap adanya kritik dan saran sebagai bahan untuk memenuhi kekurangan dari penulisan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan khususnya penulis.

Gowa, Januari 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR SIMBOL .....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kapal Ikan .....	5
2.2 Palka Kapal Ikan .....	7
2.3 Ikan Tuna .....	8
2.4 Sistem Pengawetan Produk Perikanan .....	9
2.5 Material Insulasi .....	11
2.6 Perhitungan Beban Pendingin .....	17
2.7 Perhitungan Jumlah Kebutuhan Es .....	20
2.8 Metode Computational Fluid Dynamics .....	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	24
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian .....	24
3.2 Pengumpulan data .....	24
3.3 Data Penelitian .....	24
3.4 Studi Literatur .....	26

3.5 Perhitungan Beban Pendingin .....	26
3.6 Perhitungan Jumlah Kebutuhan Es .....	27
3.7 Simulasi <i>computational fluid dynamics</i> .....	26
3.8 Kesimpulan .....	27
3.9 Bagan Alir Tahapan Penelitian .....	28
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>29</b>
4.1 Penentuan Kapasitas Ruang Muat .....	29
4.2 Pemilihan Material Insulasi Palka.....	30
4.3 Susunan Material Insulasi Palka .....	31
4.4 Perhitungan Beban Pendingin .....	34
4.5 Perhitungan Jumlah Kebutuhan Es .....	54
4.6 Simulasi Computational Fluid Dynamics .....	55
4.7 Validasi .....	65
4.8 Pembahasan.....	65
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>67</b>
5.1 Kesimpulan .....	67
5.2 Saran .....	67
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>68</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>70</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kapal Ikan .....	6
Gambar 2.2 Ikan Tuna .....	8
Gambar 2.3 Polyurethane .....	12
Gambar 2.4 Polystyrene .....	14
Gambar 2.5 Ansys R2 2021 .....	21
Gambar 3.1 Kapal Ikan 30 GT .....	25
Gambar 4.1 Desain Kapal Ikan .....	30
Gambar 4.2 Ketebalan Palka dengan Material Polyurethane .....	32
Gambar 4.3 Ketebalan Palka dengan Material Polystyrene .....	33
Gambar 4.4 Beban Transmisi Tutup Palka .....	34
Gambar 4.5 Beban Transmisi Pada Dinding Palka .....	38
Gambar 4.6 Beban Transmisi Depan dan Belakang Palka .....	41
Gambar 4.7 Beban Transmisi Pada Alas Palka .....	45
Gambar 4.8 Grafik Koefisien Perpindahan Panas Palka.....	51
Gambar 4.9 Grafik Laju Perpindahan Panas Palka .....	52
Gambar 4.10 Grafik Beban Kalor Palka .....	53
Gambar 4.11Tampilan Engineering Data Material Insulasi .....	55
Gambar 4.12 Tampilan Geometri .....	56
Gambar 4.13 Tampilan Mesh.....	57
Gambar 4.14 Tampilan Setup .....	57
Gambar 4.15 Hasil Simulasi Temperature Polyurethane 5cm.....	58
Gambar 4.16 Hasil Simulasi Total Heat Flux Polyurethane 5 cm.....	59
Gambar 4.17 Hasil Simulasi Temperature Polystyrene 5 cm .....	59
Gambar 4.18 Hasil Simulasi Total Heat Flux Polstyrene 5 cm .....	59
Gambar 4.19 Hasil Simulasi Temperature Polyurethane 7 cm.....	60
Gambar 4.20 Hasil Simulasi Total Heat Flux Polyurethane 7 cm.....	60
Gambar 4.21 Hasil Simulasi Temperature Polystyrene 7 cm .....	60

Gambar 4.22 Hasil Simulasi Total Heat Flux Polystyrene 7 cm .....	61
Gambar 4.23 Hasil Simulasi Temperature Polyurethane 9 cm .....	61
Gambar 4.24 Hasil Simulasi Total Heat Flux Polyurethane 9 cm .....	61
Gambar 4.25 Hasil Simulasi Temperature Polystyrene 9 cm .....	62
Gambar 4.26 Hasil Simulasi Total Heat Flux Polystyrene 9cm .....	62
Gambar 4.27 Grafik Hasil Simulasi Temperatur Luar .....	63
Gambar 4.28 Grafik Hasil Simulasi Temperatur Dalam .....	63
Gambar 4.29 Grafik Hasil Simulasi Total Heat Flux .....	64

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat-Sifat Material Insulasi .....	11
Tabel 2.2 Karakteristik Polyurethane .....	13
Tabel 2.3 Karakteristik Polystyrene .....	16
Tabel 3.1 Ukuran Utama Kapal Ikan .....	25
Tabel 3.2 Ukuran Utama Palka Kapal Ikan .....	25
Tabel 3.3 Data Klasifikasi Ikan Tuna .....	26
Tabel 4.1 Volume Dan Kapasitas Palka Kapal Ikan.....	29
Tabel 4.2 Karakteristik Bahan Insulasi .....	30
Tabel 4.3 Konduktivitas Termal Material Insulasi Palka .....	31
Tabel 4.4 Susunan Ketebalan Material Polyurethane .....	32
Tabel 4.5 Susunan Ketebalan Material Polystyrene .....	32
Tabel 4.6 Kebutuhan Material Insulasi.....	33
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Beban Transmisi Pada Bagian Sisi Dinding Palka Yang Terkena Panas Air Laut.....	40
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Beban Transmisi Pada Bagian Sisi Palka Yang Terkena Panas Sinar Matahari Secara Langsung .....	40
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Beban Transmisi Pada Bagian Sisi Depan Palka Yang Terkena Panas Air Laut .....	43
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Beban Transmisi Pada Bagian Sisi Depan Palka Yang Terkena Panas Sinar Matahari Secara Langsung...	43
Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Beban Transmisi Pada Bagian Sisi Belakang Palka Yang Terkena Panas Air Laut .....	44
Tabel 4.12 Hasil Perhitungan Beban Transmisi Pada Bagian Sisi Belakang Palka Yang Terkena Panas Dari Kamar Mesin.....	44
Tabel 4.13 Hasil Perhitungan Beban Transmisi Pada Bagian Sisi Alas Palka Yang Terkena Panas Air Laut .....	47
Tabel 4.14 Koefisien Perpindahan Panas .....	51
Tabel 4.15 Laju Perpindahan Panas .....	52
Tabel 4.16 Beban Pendingin Pada Palka Kapal Ikan .....	53

Tabel 4.17 Jumlah Kebutuhan Es Pada Palka .....	54
Tabel 4.18 Hasil Simulasi Temperature Palka .....	62
Tabel 4.19 Hasil Simulasi Total Heat Flux Palka .....	64
Tabel 4.20 Validasi Motode CLTD dan Metode CFD.....	65

## DAFTAR SIMBOL

- $Q$  = Laju perpindahan panas (Watt)
- $U$  = Koefisien perpindahan panas ( $W/m^2\text{°C}$ )
- $A$  = Luas dinding, alas, depan, belakang, tutup ( $m^2$ )
- $\Delta T$  = Selisih antara temperatur udara luar dan udara dalam ( $\text{°C}$ )
- $x$  = Ketebalan material (m)
- $k$  = Konduktivitas termal ( $W/m\text{°C}$ )
- $h_{in}$  = Koefisien konveksi dalam ( $W/m^2\text{°C}$ )
- $h_{out}$  = Koefisien konveksi luar ( $W/m^2\text{°C}$ )
- $V$  = Volume ruangan ( $m^3$ )
- $f$  = Frekuensi pembukaan palka dalam setiap jam
- $\rho_{ud}$  = Massa jenis udara ( $Kg/m^3$ )
- $c_{ud}$  = Kalor spesifik udara ( $Kj/Kg\text{°C}$ )
- $n$  = Jumlah orang (orang)
- $t$  = Jam kerja (jam)
- $m$  = Massa Produk (Kg)
- $c_v$  = Panas spesifik produk ( $Kj/KgK$ )
- $t_i$  = Temperatur produk sesuai suhu penyimpanan (K)
- $t_o$  = Temperatur awal produk sebelum masuk ke dalam ruangan (K)



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kapal perikanan adalah kapal yang digunakan dalam kegiatan perikanan yang mencakup penggunaan atau aktivitas penangkapan atau mengumpulkan sumber daya di perairan laut, serta penggunaan dalam beberapa aktivitas seperti riset, training dan inspeksi sumber daya perairan. Beragam sistem pendinginan pada ruang muat kapal ikan kerap dijumpai mulai dari sistem tradisional yakni menggunakan campuran es balok sampai pendinginan yang lebih modern. Tujuan diadakan sistem pendingin pada ruang muat kapal ikan untuk menjaga mutu ikan selama proses penangkapan maupun proses transportasi ikan hasil tangkapan menuju ke darat. Harapan nelayan dalam operasi penangkapan dan pengolahan ikan yaitu mendapatkan hasil yang banyak dan berkualitas. Semakin segar ikan yang sampai ke tangan konsumen maka semakin tinggi pula nilai jualnya. Kesegaran tersebut dinilai berdasarkan bau, cita rasa dan mutu ikan yang akan dijual kepada konsumen. Karena kondisi seperti ini akan meningkatkan nilai ekonomis ikan tersebut. Namun untuk memperoleh hasil yang berkualitas, diperlukan penanganan hasil tangkap yang baik.

Pada pengoperasian kapal ikan sebagai sarana untuk menangkap ikan, kondisi kapal yang dikehendaki tidak hanya semata-mata layak dalam sisi keselamatan kapal saat beroperasi, tetapi sistem pemuatan oleh kapal harus dapat menjamin tentang kebutuhan sistem penyimpanan yang baik bagi muatan yang diangkut. Terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan terkait dengan desain konstruksi ruang muat kapal ikan. Yakni tentang penggunaan insulasi palka dengan sistem pendingin atau pembekuan ikan dan tata ruang dari ruang muat yang berpengaruh terhadap rasio volume ruang muat dengan displasment kapalnya. Faktor tersebut berkaitan dengan efisiensi dan karakteristik bentuk kapal secara umum.

Hasil tangkapan melimpah nelayan seringkali tak berharga apabila ikan yang ditangkap kualitasnya sudah menurun sebelum sampai ke tangan konsumen. Pada dasarnya mutu ikan hanya dapat dipertahankan. Salah satu metode untuk menjaga mutu dan kesegaran ikan harus dijaga dalam suhu 0°C. Dalam proses pendinginan sampai lebih rendah saat pembekuan. Pada proses pendinginan, idealnya ikan dijaga dalam rentang suhu -2°C sampai 0°C.

Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk menjaga agar ikan tetap dalam kondisi segar, adalah pengawetan dengan sistem pendinginan. Sistem pendinginan pada palka kapal ikan umumnya dilakukan dengan menggunakan es atau air yang didinginkan menggunakan mesin refrigerasi. Pada sistem pendinginan tersebut, lama penyimpanan dalam ruang muat akan ditentukan antara lain oleh kualitas insulasinya. Pada kenyataannya diperoleh fakta bahwa penggunaan sistem isolasi atau insulasi oleh nelayan tidak efektif. Hal ini terindikasi dari es yang relatif cepat mencair di dalam ruang muat. Kemampuan insulasi yang kurang baik dalam menahan penetrasi panas dari luar, antara lain disebabkan karena rapat massa (densitas,  $\rho$ ) dari material dinding sistem isolasi atau insulasinya berada dibawah standar yang ditetapkan. Menurut Dellino (1997), insulasi yang baik harus memiliki kerapatan material  $\rho > 30 \text{ kg/m}^3$ .

Terdapat beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan material insulasi. Pertimbangan yang dimaksud mencakup faktor-faktor yang berkaitan dengan persoalan spesifikasi dan karakteristik bahan, nilai ekonomis, dan lingkungan. Karakteristik bahan insulasi adalah faktor yang memberikan keunggulan khusus terkait dengan sifat fisika-kimia bahan insulasi, antara lain sifat konduktivitas termal, daya serap terhadap air, daya tahan terhadap api dan sebagainya. Sifat fisika-kimia tersebut pada umumnya digunakan sebagai acuan utama dalam menentukan pemilihan material sistem insulasi pada kapal ikan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana menghitung beban pendingin palka kapal ikan menggunakan material *polyurethane* dan *polystyrene*?
2. Berapakah perbedaan kebutuhan es palka dengan menggunakan material *polyurethane* dan *polystyrene*?
3. Bagaimana menghitung perbedaan temperatur material *polyurethane* dan *polystyrene* sebagai insulasi pada palka kapal ikan?

## 1.3 Batasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup penelitian ini diperlukan batasan-batasan sebagai berikut:

1. Analisis perbedaan beban pendingin dari bahan *polyurethane* dan *polystyrene* pada kapal ikan.
2. Analisis dilakukan untuk mengetahui kebutuhan es yang diperlukan pada palka kapal ikan dengan menggunakan bahan *polystyrene* dan *polyurethane*.
3. Analisis perbedaan temperatur pada masing-masing material *polyurethane* dan *polystyrene* dengan menggunakan metode *Computational Fluid Dynamics*.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perbedaan beban pendingin pada material *polyurethane* dan *polystyrene*.
2. Mengetahui kapasitas kebutuhan es yang diperlukan pada palka kapal ikan dengan bahan *polyurethane* dan *polystyrene* sebagai insulasi.
3. Mengetahui perbedaan temperatur pada setiap model palka dengan material *polyurethane* dan *polystyrene*

## **1.5 Manfaat Penelitian**

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

1. Dapat menentukan perbedaan beban pendingin pada palka kapal ikan dari bahan polyurethane dan polystyrene.
2. Dengan penelitian ini mampu membantu para nelayan dalam memilih bahan insulasi pada kapal ikan.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika penulisan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini menguraikan latar belakang penelitian “Efisiensi Polyurethane Dan Polystyrene Sebagai Insulasi Palka Kapal Ikan” rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan pada penelitian.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi tentang teori-teori dari berbagai literatur yang menunjang pembahasan yang digunakan sebagai dasar pemikiran dari penelitian ini.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

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

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisikan penyajian data yang telah diperoleh dan pengolahan data.

### **BAB V PENUTUP**

Bab ini merupakan penutup dari keseluruhan isi penelitian, menyajikan secara singkat kesimpulan dan saran atas permasalahan yang telah dibahas pada bab sebelumnya.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kapal Ikan**

Kapal perikanan adalah kapal, perahu atau alat apung lain yang digunakan untuk melakukan penangkapan ikan, mendukung operasi penangkapan ikan, pembudidayaan ikan, pengangkutan ikan, pelatihan perikanan dan penelitian atau eksplorasi perikanan. Di dalam perancangan dan pengoperasiannya, karakteristik kapal ikan harus disesuaikan dengan misi, metode penangkapan, dan beban operasi kapal, seperti kecepatan kapal, kemampuan olah gerak kapal dan mesin penggerak kapal, tahanan kapal, jarak jangkauan pelayaran untuk operasi penangkapan, konstruksi kapal, daya dorong yang dihasilkan mesin penggerak, fasilitas pengawetan dan pengolahan ikan hasil tangkapan diatas kapal dan mesin-mesin bantu penangkapan (Daud, 2020)

Kapal-kapal ikan menurut Nomura dan Yamazaki 1997, secara garis besar kapal ikan dikelompokkan kedalam empat jenis, yaitu:

1. Kapal penangkap ikan yang khusus digunakan dalam operasi penangkapan ikan atau mengumpulkan sumber daya hayati perairan, antara lain kapal pukot udang, perahu pukot cincin, perahu jaring insang, perahu payang, perahu pancing tonda, kapal rawai, kapal huhate, dan sampan yang dipakai dalam mengumpulkan rumput laut, memancing dan lain-lain.
2. Kapal induk merupakan kapal yang digunakan untuk mengumpulkan ikan hasil tangkapan kapal penangkap ikan dan mengolahnya. Kapal induk juga berfungsi sebagai kapal pengangkut ikan. Hal ini berkaitan dengan pertimbangan efisiensi biaya operasional kapal ikan.
3. Kapal pengangkut ikan merupakan kapal yang digunakan untuk mengangkut hasil perikanan dari kapal induk atau kapal penangkap ikan dari daerah penangkapan ke pelabuhan yang dikategorikan kapal pengangkut.

4. Kapal penelitian, pendidikan dan latihan merupakan kapal ikan yang digunakan untuk keperluan penelitian, pendidikan dan latihan penangkapan ikan, pada umumnya kapal-kapal ini milik instansi atau dinas.

Sedangkan menurut Fryson tahun 1985, kapal perikanan secara umum terdiri dari kapal penangkap ikan, kapal pengangkut hasil tangkapan, kapal survei, kapal latih dan kapal pengawas perikanan.

1. Kapal penangkap ikan merupakan kapal yang dikonstruksi dan digunakan secara khusus untuk menangkap ikan sesuai dengan alat penangkap dan teknik penangkapan ikan yang digunakan termasuk menampung, menyimpan dan mengawetkan ikan.
2. Kapal pengangkut hasil tangkapan merupakan kapal yang dikonstruksi secara khusus, dilengkapi dengan palka khusus yang digunakan untuk menampung, menyimpan, mengawetkan dan mengangkut hasil ikan.
3. Kapal survey merupakan kapal yang di konstruksi khusus untuk melakukan kegiatan survei perikanan dan kelautan.
4. Kapal latih merupakan kapal yang dikonstruksi khusus untuk pelatihan penangkapan ikan.
5. Kapal pengawas perikanan adalah kapal yang dikonstruksi khusus untuk kegiatan pengawasan kapal-kapal perikanan.



Gambar 2.1 Kapal ikan

## **2.2 Palka Kapal Ikan**

Palka merupakan ruang muat yang berfungsi untuk menampung, menyimpan, mendinginkan dan mengawetkan ikan agar tetap dalam keadaan segar serta mencegah pembusukan pada ikan. Masalah yang utama dalam penanganan ikan adalah penurunan mutu ikan yang cepat akibat penanganan yang tidak tepat. Keadaan ini diperburuk oleh sifat ikan yang umumnya memiliki tekstur dan kulit yang halus, kadar lemak yang relatif tinggi serta kondisi suhu dan kelembaban udara tropis yang rata-rata tinggi (Amiruddin, 2012)

Suhu merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses pembusukan. Pembusukan terjadi dengan cepat pada suhu tinggi, tetapi proses pembusukan dapat dihambat pada suhu rendah. Salah satu wadah yang dapat digunakan dalam penanganan ikan segar pada kapal nelayan penangkap ikan adalah dengan sistem pendinginan menggunakan palka atau peti berinsulasi.

Material palka berinsulasi yang digunakan harus bersih, tidak menimbulkan cacat pada bahan yang tersimpan didalamnya, kuat terhadap guncangan, tahan terhadap benturan, tidak mengandung racun, tidak menimbulkan bau, tidak mengubah rasa, tidak mengubah tekstur dan tidak mengubah warna pada ikan yang diawetkan (Amiruddin, 2012)

Material insulasi mempunyai konduktivitas termal berbeda-beda tergantung bahan materialnya, yang mana jika material tersebut memiliki daya hantar kalor yang rendah maka kemampuan untuk menyerap panas pun akan rendah, sehingga bahan tersebut dapat dijadikan pertimbangan dalam memilih material insulasi yang akan digunakan dan mempertimbangkan kemudahan untuk mendapatkan material insulasi tersebut.

Untuk menjaga temperatur ruang muat atau palka maka perlu adanya sistem insulasi yang baik pada palka tersebut, agar udara dingin yang ada pada ruang palka kapal ikan tetap terjaga, selain itu agar udara panas yang mengalir melalui dinding palka dapat terhambat.

### 2.3 Ikan Tuna

Ikan tuna termasuk salah satu spesies ikan yang melakukan migrasi jarak jauh dan menempati perairan tropis dan sub tropis. Salah satu sumber daya ikan di perairan teluk bone yang potensinya cukup besar adalah ikan tuna, dimana diperkirakan ikan tuna menjadikan perairan teluk bone sebagai tempat mencari makan, tempat pembesaran, serta wilayah lintasan migrasinya.

Ikan tuna merupakan salah satu sumber daya perikanan pelagis yang banyak dijadikan objek dalam usaha perikanan tangkap, baik di Indonesia maupun di negara-negara lainnya. Dewasa ini, usaha perikanan ikan tuna sudah mengarah pada usaha komersial untuk mendapatkan keuntungan sebesar-besarnya, yaitu dengan memperbesar cakupan daerah penangkapan dan pemanfaatan dengan berbagai jenis alat tangkap (Zainuddin dkk, 2013)

Kegiatan penangkapan ikan atau fishing ground mencakup keseluruhan wilayah teluk bone mulai dari ujung selatan (kabupaten sinjai, bulukumba, dan bone), bagian tengah (kabupaten luwu, kota palopo, dan kabupaten buton), serta bagian utara (kabupaten luwu timur, luwu utara dan kolaka utara. Penangkapan ikan menggunakan hulah (pole and line), pancing tangan (hand line), pancing tonda (trolling line), pukat cincin (purse seine) dan payang. Ikan tuna dieksploitasi sepanjang tahun dan sepanjang masa mencari makanan (feeding migration). Eksploitasi yang tinggi saat ini cenderung mengabaikan kaidah-kaidah kelestarian sumber daya ikan. Kegiatan penangkapan dilakukan secara bebas mulai dari ukuran kecil hingga ke ikan dengan ukuran yang besar. Nelayan memiliki kecenderungan menangkap ikan kapan dan dimana saja, sehingga dikhawatirkan akan mengganggu kelestarian populasinya apabila tidak dikendalikan.



Gambar 2.2 Ikan Tuna



## 2.4 Sistem Pengawetan Produk Perikanan

Usaha mempertahankan mutu ikan agar ikan tetap layak dikonsumsi dapat dilakukan melalui beberapa cara pengawetan dan pengolahan, tergantung pada kebutuhan konsumen dan keadaan pelaku industri perikanan. Berdasarkan cara pengawetan dan pengolahan yang beragam ini, ikan akan memiliki cita rasa dan target pasar tersendiri, misalnya ikan segar, ikan asin, ikan asapan, ikan sarden dan sebagainya. Cara pengawetan atau pengolahan ikan tersebut dapat berupa proses-proses, pendinginan (*chilling*), pembekuan (*freezing*), pengalengan (*canning*), penggaraman (*salting*), pengeringan (*drying*), pengasaman (*pickling*), pengasapan (*smoking*), olahan khusus dan olahan samping (Amiruddin, 2012).

Pada umumnya konsumen produk perikanan menginginkan ikan yang akan dikonsumsinya berada dalam kondisi segar dan mutu terbaik. Kondisi tersebut adalah kondisi dimana ikan dapat diterima dengan nilai jual yang baik oleh pasar. Untuk memenuhi kondisi tersebut maka perlakuan terhadap ikan saat ditangkap serta penanganan dikapal hingga sampai ke konsumen atau tempat pengolahan terakhir harus diperhatikan. Salah satu perlakuan yang wajib diterapkan untuk menjaga mutu ikan tersebut adalah penerapan sistem rantai dingin (*cold chain system*). Penerapan sistem rantai dingin disini adalah suatu upaya menjaga suhu tubuh ikan selama proses transportasi tersebut agar selalu dalam keadaan dingin atau diselimuti oleh es. Selama proses pendinginan ini, perkembangbiakan bakteri pembusuk dapat ditekan sehingga mutu ikan tetap dalam keadaan baik. Penerapan sistem rantai dingin ini dikenal sebagai sistem refrigerasi dengan pendinginan dan sistem refrigerasi melalui proses pembekuan (Effendi, 2018)

Teknik refrigerasi yang umum digunakan oleh kapal-kapal ikan tradisional adalah teknik pendinginan dengan es atau air yang didinginkan tanpa menggunakan mesin refrigerasi, sehingga kemampuan penyimpanan dalam palka akan ditentukan terutama oleh kualitas dinding insulasinya. Sebagai bahan insulasi palka ikan, kualitas dinding insulasi yang terutama diharapkan adalah kemampuannya dalam menahan penetrasi panas dari luar, yang dalam hal ini ditentukan oleh sifat konduktivitas termal dari material tersebut. Pada dinding palka yang tidak dilapisi

dengan bahan insulasi, untuk mempretahankan agar suhu ruang palka tetap dingin harus dilakukan penambahan es.

Bahan insulasi pada sistem pengawetan produk perikanan yang digunakan harus bersih, tidak menimbulkan cacat pada ikan yang tersimpan didalamnya, kuat terhadap guncangan dan benturan, tidak mengandung racun serta tidak menimbulkan bau, mengubah rasa dan warna ikan yang diawetkan. Bahan isolasi mempunyai konduktivitas termal berbeda tergantung bahan dan materialnya, yang mana jika material tersebut memiliki daya hantar kalor yang rendah maka kemampuan untuk menyerap panas pun rendah, sehingga material tersebut dapat dijadikan pertimbangan dalam memilih insulasi yang akan digunakan serta kemudahan untuk mendapatkan material tersebut. Untuk menjaga temperatur atau suhu pada palka kapal ikan maka perlu adanya sistem insulasi yang baik agar udara dingin dalam palka tetap terjaga, selain itu agar udara panas yang mengalir melalui pada dinding dapat terhambat.

Kualitas material insulasi dinding palka kapal ikan ditentukan oleh sifat-sifat fisik dan kimianya. Termasuk kedalam sifat-sifat fisik yang dimaksudkan disini adalah yang ditentukan oleh massa jenis atau densitas materialnya, yaitu kekuatan mekanisnya, kemampuannya dalam meradam panas dan sebagainya. Sifat-sifat kimia antara lain, ketahanan terhadap bahan kimia, pelarut, pelumas, sedangkan kriteria untuk klasifikasi berdasarkan sifat fisik antara lain, ketahanan terhadap api, sifat mekanis dan konduktivitas termal. Didalam perkembangannya tuntutan terhadap kualitas material insulasi juga mencakup tentang isu lingkungan dan dampaknya serta faktor kesehatan. Masalah lain yang perlu dipertimbangkan adalah faktor ekonomi dan kemudahan dalam mengaplikasikan teknologi insulasi dinding palka kapal ikan tersebut dilapangan. Sejarah perkembangan tentang material insulasi tidak terlepas dari semua tuntutan terhadap adanya penemuan- penemuan bahan yang memiliki sifat atau kriteria yang baik dan sesuai untuk perkembangan sistem pendinginan.

## 2.5 Material Insulasi

Terdapat beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam pemilihan material sistem insulasi. Pertimbangan yang dimaksud mencakup faktor-faktor yang berkaitan dengan persoalan spesifikasi dan karakteristik bahan, nilai ekonomis, dan lingkungan. Karakteristik bahan adalah faktor yang memberikan keunggulan khusus terkait dengan sifat fisika-kimia bahan, antara lain sifat konduktivitas termal, daya serap terhadap air, daya tahan terhadap api dan sebagainya. Sifat-sifat fisika-kimia tersebut pada umumnya digunakan sebagai acuan utama dalam menentukan material bahan insulasi (Amiruddin dkk, 2013)

Sifat-sifat yang diperlukan oleh sistem insulasi agar berfungsi dengan baik dan aman

Tabel 2.1 Sifat-Sifat Material Insulasi

No	Sifat	Kualitas
1.	Konduktivitas termal	Rendah
2	Penyerapan uap air	Rendah
3	Pemindahan uap air	Rendah
4	Ketahanan terhadap api	Tahan api
5	Sifat-sifat mekanik	Baik
6	Ketahanan terhadap penyebab kebusukan, kerusakan dan lapuk	Tinggi
7	Densitas	Rendah
8	Ketahanan terhadap bahan kimia	Tinggi
9	Harga awal dan biaya pemasangan	Murah
10	Kekuatan patah melintang	Deretnya luas
11	Batas suhu (tinggi-rendah)	Baik
12	Nilai keselamatan	Tinggi
13	Sifat-sifat higienik, dan lain-lain	Tidak membahayakan kesehatan dan tidak berbau

## 2.5.1 Polyurethane

*Polyurethane* adalah jenis polimer yang digolongkan kedalam polimer sintetik. *Polyurethane* merupakan rangkaian silang polimer yang cukup padat dengan susunan sel tertutup berupa gelembung dalam material, dengan dinding tidak terputus, sehingga ada gas terkurung didalamnya. Gas tersebut adalah *clorofluoromethane* dimana gas tersebut memiliki sifat konduktivitas termal lebih rendah dari udara. Dengan demikian bentuk sel tertutup akan mempunyai nilai konduktivitas termal lebih rendah secara signifikan dari pada busa sel terbuka. Bagaimanapun juga, untuk mempertahankan konduktivitas termal yang rendah, gas dalam sel harus tidak mudah bocor, sebagai konsekuensinya insulasi busa yang kaku memiliki tidak kurang 90% sel tertutup dan densitas diatas  $30 \text{ kg/m}^3$ . Polyurethane adalah bahan cair, sehingga sangat mudah diaplikasikan ke berbagai media aplikasi yang berbeda-beda sesuai dengan keinginan. Polyurethane yang sudah disemprotkan ke media aplikasi dalam hitungan detik akan langsung mengering dan membentuk foam (Amiruddin, 2012)

Pada umumnya yang dinamakan sebagai cat *polyurethane* adalah suatu jenis cat yang terdiri dari dua komponen dimana terdapat bahan PU dan *isocyanate* sebagai *hardner*. Bahan ini merupakan suatu jenis *coating* yang bisa menghasilkan lapisan film yang kuat dan keras, tahan terhadap panas, bahan kimia dan goresan. Dengan melihat kelebihan tersebut *polyurethane* sangat cocok diaplikasikan sebagai insulasi dan *flooring*, disamping itu jenis cat ini sangat fleksibel karena dalam pengaplikasiannya menggunakan *spray*.



Gambar 2.3 Polyurethane

Fungsi dari *polyurethane* sangat beragam. Namun fungsi yang paling utama adalah sebagai bahan pelapis. Media yang dilapisi oleh bahan *polyurethane* akan lebih awet, hal inilah yang membuat masyarakat dikalangan industri lebih memilih produk-produk berlapisan *polyurethane*. Bahan campuran antara karet dan plastik pada *polyurethane* akan menimbulkan permukaan yang tahan gesek, tahan aus, tahan terhadap bahan kimia dan stabil dalam suhu dingin maupun panas. Media yang dilapisi bahan *polyurethane* akan lebih unggul dibandingkan dengan bahan lainnya karena permukaannya memang sudah cukup terlindungi dengan baik. Digunakannya bahan *polyurethane* sebagai insulasi pada kapal ikan sangat membantu mengoptimalkan fungsi dari insulasi palka kapal ikan karena keunggulannya dalam mempertahankan suhu dan mempertahankan mutu ikan. Saat ini aplikasi *polyurethane* paling banyak adalah sebagai bahan busa, kemudian diikuti dengan elastomer, sebagai lem dan pelapis. Material insulasi polyurethane secara fisik memiliki banyak keunggulan dibanding dengan jenis material insulasi yang lain. Sifat-sifat fisik tersebut mencakup sifat-sifat utama yang dikehendaki untuk material insulasi yang baik antara lain, sifat termal atau konduktivitas termal yang rendah, penyerapan uap air yang rendah dan kekuatan mekanisnya yang relatif baik. Kekurangan yang ada pada material jenis *polyurethane*, adalah ketahanan terhadap api, tetapi dapat di buat tahan api dengan menambahkan senyawa halogen.

Tabel 2.2 Karakteristik Polyurethane

Material	Expanded polyurethane
Densitas (kg/m <sup>3</sup> )	40
Konduktivitas thermal (W/m°C)	0,027
Ketahanan terhadap api	Kurang
Kekuatan kompresi (kg/m <sup>2</sup> )	3000
Harga	Sedang
Biaya pasang	Tinggi

## 2.5.2 Polystyrene

*Polystyrene* adalah jenis polimer yang termasuk dalam kategori termoplastik. Dengan berbagai bentuk dan karakteristiknya, plastik yang satu ini dapat digunakan dalam berbagai aplikasi mulai dari pengemasan hingga insulasi. *Polystyrene* merupakan salah satu plastik yang paling banyak digunakan di dunia, dengan angka produksi mencapai 7 juta ton pertahunnya. *Polystyrene* merupakan sintetik-aromatic hidrokarbon-polimer yang dibentuk dari monomer stirena. *Polystyrene* tersedia baik dalam bentuk plastik solid pada umumnya dan juga plastik busa atau foam (Furkanudin, 2018)

*Polystyrene* pertama kali ditemukan pada tahun 1839 oleh Eduard Simon, seorang apoteker dari Berlin. Ia menyuling zat berminyak yang diambil dari pohon *liquidambar orientalis*. Zat tersebut merupakan monomer yang ia beri nama *styrol*. Beberapa hari kemudian, Simon menemukan bahwa *styrol* tersebut mengental menjadi jelly yang ia namakan *styrol oxide* karena dianggapnya dihasilkan dari proses oksidasi. Pada tahun 1845, kimiawan kelahiran Jamaika John Buddle Blyth dan ahli kimia Jerman August Wilhelm Von Hofmann menemukan bahwa transformasi *styrol* yang sama terjadi tanpa adanya oksigen. Mereka menyebut produk tersebut dengan *meta styrol*, zat yang identik secara kimiawi dengan *styrol oxide* yang di temukan oleh Eduard Simon. Kemudian pada tahun 1866, Marcellin Berthelot mengidentifikasi bahwa pembentukan *meta styrol* atau *styrol oxyd* dari *styrol* sebagai hasil polimerisasi. Sekitar 80 tahun kemudian disadari bahwa proses pemanasan *styrol* memicu reaksi berantai yang menghasilkan makromolekul. Hal ini akhirnya menyebabkan zat tersebut di beri nama *polystyrene*.



Gambar 2.4 Polystyrene

Busa *polystyrene* memiliki karakter isolator listrik yang sangat baik, tahan akan zat dilutif dan memiliki sifat optik yang sangat bening. Plastik ini juga cenderung mudah untuk diolah menjadi berbagai macam produk karena akan bertahan pada bentuk cair diatas *glass transition* temprturnya, sehingga mudah untuk dicetak. Namun *polystyrene* memiliki beberapa limitasi, diantaranya ketahanan akan oksigen dan sinar UV yang buruk, dan tidak tahan bentur. Selain itu, rentang suhu penggunaannya terbilang cukup rendah karena rendahnya krisalinitas dan *glass transition* temperaurnya sekitar 100°C.

Beberapa kelemahan busa *polystyrene* tersebut dapat diatasi menggunakan proses kopolimerisasi dengan monomer lain. Sebagai contoh, polystyrene bisa di kombinasikan dengan metil metakrilat, menjadi kopolimer poli (stirena-ko-metil metakrilat) atau (PSMMA) yang lebih tahan zat kimia dan sinar UV. Untuk meningkatkan stabilitas suhu dan sifat mekanisnya, plastik polystyrene bisa dipadukan dengan akrilonitril menjadi poli (stirena-ko akrilonitril) (PSAN). Jika ditambahkan dengan butadiena, maka poli (stirena-ko-butadiena) akan memiliki tingkat tensilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan polystyrene murni.

*Polystyrene* adalah salah satu bahan baku plastik yang paling banyak digunakan karena memiliki sifat-sifatnya seperti keras, rapuh dan memiliki fleksibilitas yang terbatas. Polimer ini adalah isolator listrik yang baik dengan tingkat kejernihan optik yang sangat baik. Selain memiliki ketahanan kimia yang kuat terhadap asam dan basa encer. Bahan plastik *polystyrene* memungkinkan fabrikasi mudah menghasilkan sejumlah besar barang jadi. Bahan plastik *polystyrene* juga memiliki sifat yang mudah diperluas dan memungkinkan aliran yang baik. Bahan-bahan ini sangat tahan api di alam dan memiliki titik lebur kisaran 240°C. Bahan plastik *polystyrene* merupakan salah satu bahan baku plastik komoditas yang paling penting dan banyak digunakan di pasar sehingga memiliki volume produksi kopolimer polystyrene dan stirena mencapai beberapa juta ton pertahun secara global, dan telah di jual secara global dengan berbagai merek dagang seperti *styrofoam*.

Busa *polystyrene* atau busa PS adalah bentuk lain dari barang setengah jadi polimer yang selanjutnya digunakan untuk menghasilkan produk konsumen segmen akhir. Busa PS terdiri dari 95-98% udara dan merupakan isolator panas yang baik. Oleh karena itu, secara luas di gunakan sebagai bahan isolasi. Sifat peredaman busa PS membuatnya sangat cocok untuk industri pengemasan. Busa *Polystyrene* didefinisikan sebagai substansi yang dibentuk dengan menjebak gelembung gas didalam cairan atau padatan. Sifat yang sesuai dan biaya rendah busa PS terbukti menjadi persaingan yang kuat untuk bentuk lain dari polimer yang digunakan dalam industri pengemasan. Busa PS memiliki sifat umum, yaitu ringan, portabel, mudah di daur ulang dapat dengan mudah di laminasi dengan resin epoksi, memiliki insulasi internal yang sangat tinggi, tahan terhadap kelembaban, tahan terhadap kompresi, murah, tahan lama, dan dapat di produksi menjadi berbagai bentuk. Ada beberapa sifat styrofoam antara lain, mempunyai berat jenis yang relatif ringan, mudah larut dalam pelarut hidrokarbon aromatic seperti benzena dan karbon tetraklorida, tahan terhadap asam, basa dan zat korosif lainnya, mempunyai titik leleh pada suhu 102 -106°C dan mampu menahan panas. *Polystyrene* mampu mempertahankan panas dan dingin, dapat mempertahankan kesegaran bahan yang dikemas, harganya murah, lebih aman dan ringan.

Tabel 2.3 Karakteristik Polystyrene

Material	Expanded Polystyrene
Densitas (kg/m <sup>3</sup> )	15-30
Konduktivitas thermal (W/m°C)	0,035
Ketahanan terhadap api	Kurang
Kekuatan kompresi (kg/m <sup>2</sup> )	2000
Harga	Sedang
Biaya pasang	Agak Tinggi



## 2.6 Perhitungan Beban Pendingin

Perhitungan beban pendingin merupakan salah satu aspek yang penting dalam perancangan suatu palka karena berhubungan langsung dengan konduktivitas termal serta konsumsi energi pada sebuah palka. Terdapat beberapa cara dalam menghitung beban pendingin salah satunya adalah menggunakan metode *cooling load temperature difference* (CLTD) yang menggunakan prinsip perbedaan temperatur antara dinding dengan suhu dalam ruangan. Metode perhitungan kalkulasi *cooling load temperature difference* (CLTD) menggunakan *complex finite fourier transform* (CFFT) dengan mengolah berupa rentang suhu harian, faktor radiasi matahari, suhu dalam ruangan, lebar ruangan, massa jenis dinding, ketebalan dinding, konduktivitas termal dinding, koefisien termal keseluruhan, koefisien perpindahan panas dinding luar dan koefisien perpindahan panas dinding dalam.

*Cooling load temperature difference* (CLTD) merupakan suatu nilai yang digunakan untuk menunjukkan berapa besar baban pendinginan dari suatu ruangan. *Cooling load temperature difference* (CLTD) secara keseluruhan dibagi menjadi dua metode diantaranya *external load* dan *internal load*. *External load* merupakan beban panas yang berasal dari luar ruangan, sedangkan *internal load* adalah beban panas yang ditimbulkan oleh manusia dan produk dalam hal ini adalah beban pendingin yang disebabkan oleh bobot muatan.

### 1. Eksternal load

Pada persamaan ini yaitu menghitung beban pendingin dari luar yang sumbernya dari kalor sensibel dinding, atap sebagai buka tutup, lantai alas yang dinamakan dinding beban transmisi. Beban kalor dalam kurung waktu tertentu tergantung pada laju aliran panas yang menembus dinding tersebut. Berikut merupakan perhitungan laju perpindahan panas yang dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$Q = U \times A \times \Delta T \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

$Q$  = Laju perpindahan panas (Watt)

$U$  = Koefisien perpindahan panas ( $W/m^2\text{°C}$ )

$A$  = Luas dinding, atap, lantai ( $m^2$ )

$\Delta T$  = Selisih antara temperatur udara luar dan dalam ( $\text{°C}$ )

Nilai koefisien perpindahan panas keseluruhan ( $U$ ) pada dinding, atap dan lantai dapat dihitung melalui persamaan berikut:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_{in}} + \frac{x}{k} + \frac{1}{h_{out}}} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

$U$  = Koefisien perpindahan panas ( $W/m^2\text{°C}$ )

$x$  = Ketebalan material (m)

$k$  = Konduktivitas termal ( $W/m^2\text{°C}$ )

$h_{in}$  = Koefisien konveksi dalam ( $W/m^2\text{°C}$ )

$h_{out}$  = Koefisien konveksi luar ( $W/m^2\text{°C}$ )

beban kalor infiltrasi udara merupakan perpindahan kalor yang disebabkan oleh perembesan udara luar ke dalam ruang pendingin. Persamaan yang digunakan untuk menghitung beban infiltrasi adalah sebagai berikut:

$$q_{int} = V \times f \times \rho_{ud} \times c_{ud} \times \Delta T \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

$V$  = Volume ruangan ( $m^3$ )

$f$  = frekuensi pembukaan palka perjam

$\rho_{ud}$  = massa jenis udara ( $Kg/m^3$ )

$c_{ud}$  = kalor spesifik udara ( $Kj/Kg\text{°C}$ )

$\Delta T$  = beda temperatur antara dalam palka dan luar palka

Beban kalor pekerja dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$q_w = \frac{n \times \text{panas ekuivalen perorangan} \times t}{24} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

n = jumlah pekerja (orang)

t = jam kerja (jam)

## 2. Internal load

Beban produk dalam hal ini adalah beban pendingin yang disebabkan oleh bobot muatan. Untuk menentukan besarnya beban muatan dapat digunakan rangkaian perhitungan tiga tahap yaitu pelepasan kalor sebelum beku, pelepasan kalor laten produk dan pelepasan kalor setelah beku. Namun untuk pendinginan menggunakan es, muatan tidak mencapai titik beku sehingga hanya dihitung sampai tahap pertama. Persamaan yang digunakan untuk menghitung dari beban yang disimpan adalah sebagai berikut :

$$Q = m \cdot cv \cdot (t_o - t_i) \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

m = massa produk (Kg)

cv = panas spesifik produk (Kj/KgK)

t<sub>o</sub> = temperatur awal produk sebelum masuk ruangan (K)

t<sub>i</sub> = temperatur produk sesuai suhu penyimpanan (K)

## 2.7 Perhitungan Jumlah Kebutuhan Es

Hukum kekekalan energi berlaku dalam menghitung jumlah es yang dibutuhkan dalam untuk mendinginkan ikan. Jika tidak ada faktor-faktor lain yang mempengaruhi, maka panas yang perlu diambil dari ikan setara dengan panas yang diserap oleh es untuk meleleh. Untuk mengetahui jumlah kebutuhan es yang digunakan, dilakukan perhitungan dengan asumsi bahwa total kalor eksternal dan beban internal sama dengan kalor yang diserap oleh es sampai es mencair. Data yang digunakan dalam perhitungan jumlah kebutuhan es adalah sebagai berikut :

1. Kalor laten es ( $L$ ) = 336 KJ/Kg
2. Nilai  $Q_{\text{lepas}}$  merupakan total beban pendingin

Jadi persamaan yang digunakan untuk menghitung besar jumlah kebutuhan es yaitu:

$$Q_{\text{lepas}} = Q_{\text{serap}}$$
$$Q_{\text{total beban pendingin}} = m_{\text{es}} \times L \dots\dots\dots(2.6)$$

## 2.8 Metode Computational Fluid Dynamics

Computational fluid dynamic merupakan perhitungan persoalan dinamika fluida dengan cara komputasi komputer. Computational fluid dynamic adalah salah satu cabang dari mekanika fluida yang menggunakan metode numerik dan algoritma untuk menganalisa dan menyelesaikan 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. Penggunaan CFD dengan dukungan perangkat canggih sekalipun yang didapatkan hanya sebuah pendekatan. Inilah salah satu aspek yang terus dibenahi dalam pengembangan metode CFD. Secara ringkas CFD digunakan untuk memprediksi secara kuantatif ketika terjadi aliran fluida dan seringkali terjadi kombinasi dengan hal-hal berikut:

1. Aliran perpindahan kalor
2. Mass transfer
3. Perubahan fase benda seperti pembekuan, peleburan dan pendidihan
4. Reaksi kimia, seperti pembakaran
5. Pergerakan komponen mekanik

Penggunaan CFD diperlukan untuk menghindari pengulangan yang banyak pada perlakuan dan menghemat waktu serta biaya. Selain itu penggunaan CFD juga dapat menghasilkan tampilan visual yang menggambarkan distribusi atau perubahan energi dari sistem rekayasa teknis yang melibatkan perubahan energi. Konduktivitas termal hasil pengukuran dapat digunakan sebagai input dalam *initial conditions* sebagai salah satu syarat dapat digunakannya iterasi numerik program *computational fluid dynamics* (Rahmatullah, 2016)

Hasil iterasi dari program CFD tersebut selanjutnya dapat digunakan sebagai tolak ukur dalam menghtiung laju panas pada densitas sistem insulasi yang berbeda. Terdapat enam tahapan proses yang harus dilakukan ketika menggunakan simulasi *computational fluid dynamics* pada software Ansys R2 2021 yaitu *engineering data*, *geometri*, *meshing*, *setup*, *solution* dan *result*.



Gambar 2.5 Ansys R2 2021

## 1. Engineering data

Engineering data merupakan tahap awal dalam proses simulasi *computational fluid dynamics*. Engineering data adalah tahap pemilihan material. Penelitian ini menggunakan polyurethane, polystyrene, fiberglass dan kayu sebagai material yang akan di analisis serta menginput konduktivitas termal pada masing-masing material.

## 2. Geometri

Geometri merupakan tahap awal pada proses simulasi *computational fluid dynamics* dengan membuat desain menggunakan software Ansys fluent, selain menggunakan software tersebut proses geometri dapat dilakukan dengan menggunakan software lain seperti Autocad, Maxsurf, dan lain sebagainya.

## 3. Meshing

Tahap meshing berfungsi sebagai pembagi control volume geometri menjadi elemen yang lebih kecil dan halus dengan tujuan mendapatkan hasil yang lebih konvergen pada proses analisa. Tahap meshing merupakan tahap yang paling berpengaruh dalam proses simulasi. Tahap meshing sangat mempengaruhi ketelitian, akurasi, konvergensi dan kecepatan simulasi. Semakin kecil pembagian elemennya maka semakin akurat pula hasil yang akan didapatkan, namun membutuhkan daya komputasi yang besar. Setelah melakukan meshing pada proses simulasi, proses selanjutnya adalah mengidentifikasi bidang batas pada geometri atau biasa disebut dengan *name selection*. Bidang yang diidentifikasi adalah inlet dan outlet dinding palka, baik bagian dalam palka dan bagian luar palka yang terkena paparan sinar matahari secara langsung.

## 4. Setup

Setup merupakan proses sebelum dimulainya tahap iterasi, pada tahap ini tahapan yang dilakukan adalah menginput variabel-variabel dan fluida yang berhubungan dengan simulasi yang akan dilakukan.

## 5. Solution

Solution merupakan tahap perhitungan data-data yang telah diinput dengan menggunakan persamaan secara iteratif, artinya perhitungan dilakukan hingga mendapatkan hasil error terkecil atau mencapai nilai konvergen terkecil, dimana perhitungan hasil-hasil variabel berupa iterasi dan persamaan perpindahan panas pada *computational fluid dynamics*.

## 6. Result

Result merupakan tahap akhir dari tahap simulasi *computational fluid dynamics*. Dalam simulasi *computational fluid dynamics* ini hasil yang diinginkan adalah laju perpindahan panas pada setiap model dengan material insulasi polyurethane dan polystyrene dengan ketebalan material yang berbeda-beda. Tahap result akan menginterpretasikan hasil perhitungan variabel ke dalam bentuk gambar, grafik maupun animasi dengan pola warna tertentu.

Hal yang paling mendasar mengapa konsep software CFD banyak sekali digunakan dalam dunia industri karena 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 dynamic* bisa berarti suatu teknologi komputasi yang memungkinkan kita untuk mempelajari dinamika dari benda-benda atau zat-zat yang mengalir.