



TUGAS AKHIR – ME 141501

**ANALISIS PENGGUNAAN SERAT IJUK DAN SABUT KELAPA
SEBAGAI INSULATOR RUANG MUAT KAPAL JENIS *PURSE SEINE***

Muhammad Azis Husein
NRP 04211440000046

Dosen Pembimbing
Ir. Alam Baheramasyah, M.Sc.,
Ede Mehta Wardhana S.T. , M.T.

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



TUGAS AKHIR - ME 141501

**ANALISIS PENGGUNAAN SERAT IJUK DAN SABUT KELAPA
SEBAGAI INSULATOR RUANG MUAT KAPAL JENIS *PURSE SEINE***

Muhammad Azis Husein
NRP 0421144000046

Dosen Pembimbing
Ir. Alam Baheramsyah M.Sc.
Ede Mehta Wardhana S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT - ME 141501

ANALYSIS OF IJUK FIBER AND COCONUT COIR USAGE AS PURSE SEINE CARGO CHAMBER INSULATOR

Muhammad Azis Husein
NRP 0421144000046

Supervisors
Ir. Alam Baheramsyah M.Sc.
Ede Mehta Wardhana S.T., M.T.

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

Analisis Penggunaan Serat Ijuk dan Sabut Kelapa sebagai Insulator Ruang Muat Kapal Jenis *Purse seine*

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Machinery System* (MMS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Muhammad Azis Husein
NRP. 0421144000046

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Ir. Alam Baheramsyah M.Sc.
NIP. 1968 0129 1992 03 1001

Ede Mehta Wardhana S.T., M.T.
NIP. 1992 2017 11048

()
()

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENGGUNAAN SERAT IJUK DAN SABUT KELAPA SEBAGAI INSULATOR RUANG MUAT KAPAL JENIS *PURSE SEINE*

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi *Marine Machinery System* (MMS)
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Muhammad Azis Husein
NRP. 0421144000046

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan :



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Analisis Penggunaan Serat Ijuk dan Sabut Kelapa sebagai Insulator Ruang Muat Kapal jenis *Purse seine*

Nama Mahasiswa : Muhammad Azis Husein
NRP : 0421144000046
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan ITS
Dosen Pembimbing 1 : Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.
Dosen Pembimbing 2 : Ede Mehta Wardhana S.T., M.T.

ABSTRAK

Potensi tahunan ikan laut Indonesia sebesar 6,5 juta ton tersebar di perairan Zona Ekonomi Eksklusif Indonesia. Kendala yang sering dihadapi nelayan adalah pembusukan yang terjadi selama proses penyimpanan sehingga ikan menjadi kurang segar ketika sampai di pelelangan ikan. Kecepatan pembusukan ikan setelah penangkapan sangat dipengaruhi oleh teknik penangkapan, teknik penanganan, dan penyimpanan di atas kapal. Proses pendinginan atau pembekuan merupakan metode terbaik yang dipilih untuk penanganan ikan hasil tangkapan untuk menjaga kualitas dan kesegarannya. Penelitian ini dilakukan dengan memodifikasi bahan insulator ruang muat kapal purse seine dengan menggunakan coolbox berbahan insulasi dari sabut kelapa dan serat ijuk. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh insulasi komposit sabut kelapa dan serat ijuk terhadap temperatur dan waktu pendinginan yang akan dibandingkan dengan coolbox berinsulasi *styrofoam*. Penelitian dilakukan dengan menguji beberapa spesimen yang akan dipilih dengan konduktivitas termal dan massa jenis terendah. Komposisi yang dipilih adalah komposit sabut kelapa dan serat ijuk yang dicampur lem *polyurethane* dengan perbandingan 4:4:1, memiliki konduktivitas termal 0.4643 W/mK dan massa jenis sebesar 0.18 gr/cm³. Pengujian *coolbox* dengan menggunakan insulasi komposit sabut kelapa dan serat ijuk dilakukan dengan menggunakan ikan seberat 400 gram sebagai beban pendinginan dan es yang telah dihancurkan seberat 2 kilogram sebagai sumber pendingin. *Coolbox* dengan insulasi komposit sabut kelapa dan serat ijuk memiliki temperatur ikan terendah 0.7°C, sedangkan *coolbox* dengan insulasi *Styrofoam* memiliki temperatur ikan terendah 1.8°C. Selain itu *coolbox* komposit sabut kelapa dan serat ijuk mampu menjaga temperatur di bawah 20°C selama 16.5 jam, sedangkan dengan perlakuan yang sama *coolbox* berinsulasi *styrofoam* hanya mampu menjaga suhu di bawah 20°C selama 16 jam. Sehingga dapat disimpulkan penggunaan komposit sabut kelapa dan serat ijuk efektif sebagai bahan insulasi karena dapat mengimbangi performa dari insulasi *styrofoam*.

Kata kunci : kesegaran ikan, sabut kelapa, serat ijuk, *polyurethane* , PVAc, insulasi, *coolbox*, *styrofoam*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Analysis of Ijuk Fiber and Coconut Coir Usage as Purse Seine Cargo Chamber Insulator

Name of Student : Muhammad Azis Husein
NRP : 0421144000046
Department : Marine Engineering
Supervisor 1 : Ir. Alam Baheramsyah M.Sc.
Supervisor 2 : Ede Mehta Wardhana S.T., M.T.

ABSTRACT

Indonesia's annual marine fish potential of 6.5 million tons is spread over the waters of Indonesia's Exclusive Economic Zone. The constraint of which are often faced by fishermen is the decay that occurs during the storage process in which the fish becomes less fresh when it comes to the fish auction. The decomposition rate of fish after fishing is strongly influenced by fishing techniques, handling techniques, and onboard storage. The cooling or freezing process is the best method chosen for handling the caught fish to maintain its quality and freshness. This study was conducted by modifying the insulation material of purse seine cargo hold using a coolbox made of insulated materials from coconut coir and ijuk fiber. The purpose of this study is to know the influence of coconut coir and ijuk fiber composite insulation to temperature and cooling time in which will be compared with *styrofoam* insulated coolbox. The study was conducted by testing some spesimens which will be selected with the thermal conductivity and lowest density. The compositions which is chosen were coconut coir and ijuk fiber composite that is mixed with polyurethane glue 4:4:1 ratio, having a thermal conductivity of 0.4643 W/mK and a density of 0.18 g/cm³. Coolbox's test using coconut coir and ijuk fiber composite insulation was done using a 400 gram fish as a cooling load and ice that had been destroyed weighing 2 kilograms as a cooling source. Coolbox with coconut coir and ijuk fiber composite insulation has the lowest fish temperature of 0.7°C, while the coolbox with *Styrofoam* insulation has the lowest fish temperature of 1.8°C. In addition, coconut coir and ijuk fiber composite coolbox is able to keep temperature below 20°C for 16,5 hours, while with the same treatment *styrofoam* insulated coolbox is only able to keep the temperature below 20°C for 16 hours. So it can be concluded the use of coconut coir and ijuk fiber composite is effective as insulation material because it can offset the performance of the insulation *styrofoam*.

Keywords : Freshness of Fish, Coconut Coir, Ijuk Fiber, Polyurethane, PVAc, Insulation, Coolbox, *Styrofoam*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin terucap rasa syukur kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala, Yang Maha Pemurah yang telah memberikan rahmat dan anugerah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **Analisis Penggunaan Serat Ijuk dan Sabut Kelapa sebagai Insulator Ruang Muat Kapal jenis *Purse seine*** dengan baik dan tepat waktu. Tugas akhir tersebut diajukan sebagai salah satu persyaratan kelulusan program studi sarjana Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam proses penyelesaian Tugas Akhir dan keberhasilan menempuh program studi sarjana, tidak lepas dari bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada pihak-pihak di bawah ini, yaitu :

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Budiyo dan Ibu Uswatun Hasanah yang telah membesarkan, mendidik, serta selalu mendukung dan memberikan semangat kepada penulis setiap kegiatan dan aktivitas hingga saat ini.
2. Saudara penulis Bayu Budhi Baskoro sebagai sosok kakak dan calon ayah yang telah membantu dalam proses perantaraan penulis, serta Intan Kartika Dewi sebagai seorang adik yang dengan candanya selalu memberikan semangat bagi penulis.
3. Bapak Raja Oloan Saut Gurning, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku dosen wali yang telah banyak memberikan bimbingan dan pendidikan baik akademik maupun non akademik sehingga kami sebagai mahasiswa wali dapat belajar bekerja keras, pantang menyerah, dan bekerjasama.
4. Bapak Ir. H. Alam Baheramasyah M.Sc. selaku dosen pembimbing penulis dan dosen pengampu Laboratorium MMS yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian Tugas Akhir dan memberikan arahan untuk terus belajar dan mengembangkan diri.
5. Bapak Ede Mehta Wardhana S.T., M.T. selaku dosen pembimbing kedua yang telah bersabar membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian Tugas Akhir.
6. Bapak Dr.Ir. A.A. Masroeri, M.Eng. , Bapak Ir. Sardono Sarwito, M.Sc., Bapak Dr. Eng. M. Badrus Zaman, S.T., M.T., yang telah membimbing penulis dalam mata kuliah Desain II, III, dan IV serta seluruh dosen, tenaga kependidikan serta manajemen Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.
7. Andi Hafsa partner terbaik yang selalu memberikan semangat, mengingatkan, memberikan keceriaan , canda, tawa, suka, duka, dan selalu menolong dalam pengerjaan dan penyelesaian Tugas Akhir.
8. Seluruh kawan-kawan pejuang tugas akhir *coolbox* yaitu Puteri, Iqbal, Denny, dan Yuniar yang telah saling menyemangati dan berjuang bersama untuk menyelesaikan tugas akhir.
9. Kawan seperjuangan Kost Update 2 yaitu Fatah, Farhan, Rachmad yang telah menjadi sahabat seperjuangan dan menjadi bagian dari pengalaman penulis.
10. Mas Alvin Darari yang telah menjadi senior dan sahabat terdekat selama di Surabaya, serta seluruh anggota Departemen Jaringan 15/16 JMMI yang telah memberikan warna baru arti kekeluargaan di tanah rantau.

11. Haryo Tulodo sebagai sosok teman sekamar selama proses pengerjaan Tugas Akhir yang telah banyak membantu dalam proses pengerjaan Tugas Akhir dan mendapatkan banyak pelajaran berharga dan ilmu dari proses tukar pikiran.
12. Seluruh teman-teman SC GMAIL 15/16 yang telah menjadi teman seperjuangan selama kepengurusan berbagi kisah dan memberikan arti persaudaraan atas nama Islam bagi penulis.
13. Seluruh teman-teman DENSUS 86 dan seluruh anggota LDJ Al-Mi'raj yang telah memberikan warna tersendiri dalam kehidupan dan pengalaman bagi penulis.
14. Kepada Rifa'I, Nabila Amelyta L. dan teman teman Lab Mesin yang telah membantu dalam proses penyelesaian Tugas Akhir.
15. Kepada pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu, terima kasih atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis.

Penulis menyadari penelitian yang dilakukan dalam tugas akhir ini jauh dari sebuah kesempurnaan, oleh karena itu kritik dan saran sangat terbuka untuk menjadikan karya yang lebih baik dan memberikan kebermanfaatan.

Penulis berharap bahwa karya tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi seluruh pembaca di kemudian hari.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Coolbox.....	3
2.2 Teknologi Insulasi.....	3
2.3 Serat Ijuk (<i>Arenga pinnata</i>).....	7
2.4 Sabut Kelapa.....	9
2.5 Kapal Ikan <i>Purse Seine</i>	10
2.6 <i>Polyurethane</i>	12
2.7 <i>Polyvinyl Acetate (PVAc)</i>	14
2.8 Penelitian Sebelumnya.....	15
BAB III METODE PENELITIAN.....	19
3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	19
3.2 Studi Literatur.....	20
3.3 Pembuatan Spesimen.....	20
3.4 Pengujian Spesimen.....	26
3.5 Perancangan Alat.....	33
3.6 Pelaksanaan Percobaan.....	38
3.7 Analisis Hasil Percobaan.....	40
3.8 Kesimpulan dan Saran.....	40
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1 Hasil pembuatan spesimen.....	41
4.2 Hasil Pengujian Spesimen.....	50
4.3 Pemilihan Komposisi Komposit.....	58
4.4 Pengujian <i>Coolbox</i>	59
4.5 Analisis Hasil Pengujian.....	61
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	67
5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA.....	69
LAMPIRAN.....	71
LAMPIRAN.....	83
BIODATA PENULIS.....	85

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi arah aliran kalor konduksi	4
Gambar 2. 2 Pohon Aren	7
Gambar 2. 3 Kapal berbahan komposit ijuk.....	8
Gambar 2. 4 Struktur buah kelapa.....	9
Gambar 2. 5 Kapal <i>purse seine</i>	11
Gambar 2. 6 Ilustrasi Proses Penangkapan Ikan	11
Gambar 2. 7 Tahapan ekspansi <i>polyurethane</i>	13
Gambar 2. 8 Gugus reaksi <i>Polyvinyl acetate</i>	15
Gambar 2. 9 Grafik perpotongan antara selisih suhu yang terukur dengan konduktivitas termal yang didapat. (a) serat acak; (b) serat lurus.....	16
Gambar 2. 10 Bahan penyusun dinding <i>coolbox</i> 1	17
Gambar 2. 11 Bahan penyusun dinding <i>coolbox</i> 2.....	17
Gambar 3. 1. Flowchart Pengerjaan	19
Gambar 3. 2 Serat ijuk yang telah dipotong.....	21
Gambar 3. 3 Serat sabut kelapa yang telah dipotong	21
Gambar 3. 4 Lem <i>Polyurethane</i> (kiri) dan Lem PVAc Alifatik.....	22
Gambar 3. 5 Cetakan spesimen massa jenis.....	23
Gambar 3. 6 Spesimen 1 dan 4 untuk uji massa jenis	24
Gambar 3. 7 Cetakan spesimen konduktivitas termal	25
Gambar 3. 8 Spesimen 1 dan 4 untuk uji konduktivitas termal.....	26
Gambar 3. 9 Spesimen 3 uji massa jenis	27
Gambar 3. 10 Timbangan digital.....	28
Gambar 3. 11 <i>Curve</i> dan lubang untuk peletakkan termokopel alat uji	29
Gambar 3. 12 Peletakan termokopel pada spesimen uji.....	30
Gambar 3. 13 Peletakan spesimen uji pada alat uji oleh teknisi.....	30
Gambar 3. 14 Alat uji konduktivitas termal yang akan ditutup rapat.....	31
Gambar 3. 15 Regulator suhu.....	31
Gambar 3. 16 Temperatur Regulator saat tidak melakukan proses pemanasan	32
Gambar 3. 17 Ilustrasi <i>coolbox</i> insulasi serat ijuk dan sabut kelapa	35
Gambar 3. 18 Detail lapisan insulasi <i>coolbox</i> komposit serat.....	35
Gambar 3. 19 Kotak <i>coolbox</i> yang akan digunakan sebagai alat uji.....	36
Gambar 3. 20 Proses pencampuran serat dan pemberian insulasi komposit serat pada dinding <i>coolbox</i>	36
Gambar 3. 21 <i>Coolbox</i> insulasi <i>styrofoam</i>	37
Gambar 3. 22 Detail lapisan insulasi <i>coolbox styrofoam</i>	37
Gambar 3. 23 <i>Coolbox</i> berinsulasi <i>styrofoam</i>	38
Gambar 3. 24 Persiapan pengujian.....	38
Gambar 3. 25 Sensor pengukur suhu air es	39
Gambar 3. 26 Beban pendinginan berupa ikan segar	39
Gambar 3. 27 Lokasi sensor suhu pengukuran.....	40
Gambar 4. 1 Uji coba penentuan komposisi lem <i>polyurethane</i>	41
Gambar 4. 2 Spesimen uji massa jenis	42
Gambar 4. 3 Spesimen massa jenis 1	42
Gambar 4. 4 Spesimen massa jenis 2	43

Gambar 4. 5 Spesimen massa jenis 3	43
Gambar 4. 6 Spesimen massa jenis 4	44
Gambar 4. 7 Spesimen massa jenis 5	44
Gambar 4. 8 Spesimen massa jenis 6	45
Gambar 4. 9 Spesimen uji coba konduktivitas termal	46
Gambar 4. 10 Spesimen uji konduktivitas termal 1	47
Gambar 4. 11 Spesimen uji konduktivitas termal 2.....	47
Gambar 4. 12 Spesimen uji konduktivitas termal 3.....	48
Gambar 4. 13 Spesimen uji konduktivitas termal 4.....	49
Gambar 4. 14 spesimen uji konduktivitas termal 5	49
Gambar 4. 15 Spesimen uji konduktivitas termal 6.....	50
Gambar 4. 16 Grafik massa jenis spesimen sabut kelapa dan serat ijuk	52
Gambar 4. 17 Grafik nilai konduktivitas termal.....	56
Gambar 4. 18 Grafik nilai total.....	59
Gambar 4. 19 Proses pengujian <i>Coolbox</i>	59
Gambar 4. 20 Kondisi ikan setelah melewati proses pengujian	60
Gambar 4. 21 Grafik perbandingan temperatur dasar <i>coolbox styrofoam</i> dan <i>coolbox</i> sabut kelapa+ijuk dengan temperatur lingkungan	61
Gambar 4. 22 Perbandingan temperature ikan dengan temperatur lingkungan.....	62
Gambar 4. 23 Grafik perbandingan temperatur udara dalam <i>coolbox</i> dengan temperatur lingkungan	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Hubungan Suhu Pendingin dengan Ketahanan Pengawetan	3
Tabel 2. 2 Nilai Konduktivitas Termal Beberapa Bahan pada Suhu 0°C.....	4
Tabel 2. 3 Nilai Konduktivitas Termal Komposit Serat <i>Arenga pinnata</i>	9
Tabel 2. 4 Sifat mekanis beberapa serat alam	10
Tabel 2. 5 Lama Waktu Pembentangan dan Penarikan Jaring <i>Purse Seine</i>	12
Tabel 2. 6 Perbandingan Ekspansi <i>Polyurethane</i>	13
Tabel 3. 1 Tabel Pencatatan Hasil Uji Massa Jenis.....	28
Tabel 3. 2 Tabel Pengambilan Data Uji Konduktivitas Termal	32
Tabel 3. 3 Peringkat Spesimen Uji	33
Tabel 3. 4 Tabel Penilaian Spesimen Uji	34
Tabel 4. 1 Hasil pengujian massa jenis spesimen.....	51
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Konduktivitas Termal Spesimen 1	52
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Konduktivitas Termal Spesimen 2	53
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Konduktivitas Termal Spesimen 3	53
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Konduktivitas Termal Spesimen 4	54
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Konduktivitas Termal Spesimen 5	54
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Konduktivitas Termal Spesimen 6	54
Tabel 4. 8 Hasil perhitungan konduktivitas termal	55
Tabel 4. 9 Nilai Konduktivitas Termal <i>Styrofoam</i>	57
Tabel 4. 10 Perbandingan Nilai Konduktivitas Termal pada Suhu Ruang.....	57
Tabel 4. 11 Hasil penilaian spesimen	58
Tabel 5. 1 Perbandingan hasil uji <i>coolbox</i>	67

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Potensi lestari sumber daya ikan laut Indonesia sebesar 6,5 juta ton per tahun tersebar di perairan wilayah Indonesia dan perairan Zona Ekonomi Eksklusif Indonesia (ZEEI) yang terbagi dalam sembilan wilayah perairan utama Indonesia (Sekretariat Kabinet Republik Indonesia, 2016). Kendala yang sering terjadi adalah pada saat tahap proses penyimpanan ikan hasil tangkapan harus dijaga kesegarannya sampai ikan tersebut sampai ke tempat pengepul. Kecepatan pembusukan ikan setelah penangkapan sangat dipengaruhi oleh teknik penangkapan, teknik penanganan, dan penyimpanan di atas kapal. Produk hasil laut bersifat lebih mudah terdekomposisi dibandingkan produk berprotein tinggi lainnya.

Hal disebabkan karena; 1) beberapa produk hasil laut mengandung kadar osmoregulator tinggi dalam bentuk non protein nitrogen seperti trimetil amin, urea, asam amino dan lain sebagainya yang merupakan media yang baik untuk pertumbuhan bakteri; 2) produksi hasil laut dipanen dari air yang dingin sehingga flora bakteri tidak mudah dihambat oleh perlakuan suhu dingin dibanding flora hewan atau tanaman (Susanti & Purba, 2008).

Proses pendinginan atau pembekuan merupakan metode terbaik yang dipilih untuk penanganan ikan hasil tangkapan untuk menjaga kualitas dan kesegaran dari ikan itu sendiri. Ada tiga cara dalam mempertahankan kesegaran ikan yaitu dengan es (pengesan), dengan udara dingin (refrigerasi), dan dengan air dingin (chiller) (Ilyas, 1983). Untuk kapal penangkap ikan berukuran besar dan modern pendinginan hasil tangkapan menggunakan mesin pendingin yang mengadopsi sistem kompresi uap. Sedangkan cara tradisional menggunakan es batu yang diangkut ke dalam ruang muat kapal ikan sebelum kapal berlayar dengan penambahan garam untuk menjaga titik lebur es lebih tinggi, hal ini masih terus dipraktekkan terutama untuk kapal penangkap ikan berukuran kecil maupun menengah.

Pendinginan dengan es balok masih memiliki kelemahan. Selain cepat mencair, es balok juga memiliki berat yang tinggi dan memerlukan ruang yang cukup yang berimbas pada berkurangnya hasil tangkapan (Sondana, 2013). Penambahan es kering pun telah dilakukan oleh beberapa nelayan untuk mempertahankan suhu ruang muat lebih lama lagi, namun dengan cara tersebut mengakibatkan melonjaknya biaya operasional kapal penangkap ikan. Sehingga diperlukan inovasi lain yang dapat membantu mengatasi permasalahan ini.

Inovasi yang dapat dilakukan adalah dengan memberikan insulator serat alami pada dinding ruang muat. Penelitian ini akan menggunakan serat alami ijuk serta sabut kelapa sebagai bahan insulator yang murah dan mudah untuk didapat dengan menggunakan lem *polyurethane* atau lem PVAc sebagai perekatnya. Penggunaan insulator serat alami ini diharapkan dapat meminimalisir perpindahan kalor yang terjadi dan dapat mempertahankan suhu tetap rendah untuk menjaga kesegaran ikan hingga ke tempat penjualan.

1.2 Perumusan Masalah

Dalam melaksanakan kajian tersebut, terdapat beberapa masalah yang dirumuskan agar proses pengkajian dapat dilakukan secara terarah yaitu :

1. Bagaimana karakteristik dari komposit serat ijuk dan sabut kelapa?
2. Bagaimana performa teknologi insulasi sabut kelapa dan serat ijuk untuk proses pengawetan ikan dalam ruang muat ?
3. Apakah dengan kombinasi insulasi sabut kelapa dan serat ijuk dapat mempertahankan temperatur sistem pendingin lebih lama dibandingkan dengan insulasi *polyurethane foam / styrofoam*?

1.3 Batasan Masalah

Agar dapat dilakukan kajian yang lancar dan terarah maka diperlukan beberapa batasan masalah, diantaranya adalah:

1. Insulasi serat ijuk dan sabut kelapa menggunakan teknik laminasi.
2. Tidak menganalisis kandungan kimia dalam bahan insulasi
3. Karakteristik komposit yang ditentukan adalah massa jenis dan konduktivitas termal pada komposit serat ijuk dan sabut kelapa.

1.4 Tujuan Penelitian

Dari perumusan masalah diatas maka dapat ditentukan tujuan dari Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Mengetahui konduktivitas termal dan massa jenis dari komposit insulasi ruang muat yang direncanakan.
2. Mengetahui seberapa optimal sistem pendingin alternatif berinsulasi serat ijuk dan sabut kelapa terhadap temperatur dan waktu pendinginan.
3. Membandingkan performa desain ruang muat yang menggunakan insulasi komposit serat ijuk dan sabut kelapa dengan ruang muat yang menggunakan insulasi *polyurethane foam / styrofoam*.

1.5 Manfaat

Manfaat yang didapatkan dari dilakukannya kajian berikut adalah:

1. Mengetahui tingkat optimal sistem pendingin alternatif dengan insulasi serat ijuk dan sabut kelapa.
2. Sebagai rekomendasi sistem pendingin alternatif untuk kapal ikan jenis *purse seine*.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Coolbox

Nilai jual ikan tergantung dari tingkat kesegaran ikan hasil tangkapan. Semakin tinggi tingkat kesegarannya, semakin tinggi harga jual ikan tersebut. Namun, ikan merupakan salah satu sumber protein hewani yang mudah rusak karena pengaruh perubahan suhu. Oleh sebab itu, dibutuhkan tempat penyimpanan yang memiliki insulasi bagus untuk mempertahankan suhu rendah dalam tempat penyimpanan. Tempat penyimpanan ikan yang digunakan nelayan tradisional biasanya adalah *coolbox*. Penggunaan ruang muat berinsulasi dapat diibaratkan seperti *coolbox* berskala besar dengan beban pendingin yang lebih besar pula.

Tabel 2. 1. Hubungan Suhu Pendingin dengan Ketahanan Pengawetan

Suhu Pendinginan (°C)	Ketahanan Pengawetan (Hari)
16	1 – 2
11	3
5	5
0	14 - 15

Sumber: (Afrianto & Liviawaty, 1989)

Berdasarkan data pada Tabel 2.1, semakin rendah suhu pendinginan maka waktu penyimpanan ikan akan semakin panjang. Pendingin ikan yang beredar dipasaran banyak menggunakan bahan baku sintetis karena mudah dalam proses pembuatannya. Penggunaan bahan sintetis dari segi kemampuan kotak pendingin ikan dapat dikatakan baik dalam mempertahankan suhu agar tetap rendah, namun bahan baku zat kimia sintetis seperti *polyethylene* dan *fiberglass* memiliki harga cukup mahal sehingga meningkatkan biaya pembuatan ruang muat kapal ikan. Oleh karena itu saat ini diperlukan bahan baku yang banyak tersedia dan harganya terjangkau. Isolator dengan berbahan baku alami seperti sabut kelapa, serbuk gergaji, kulit padi dan lain-lainnya sangat baik digunakan untuk pembuatan alternatif isolator, karena bahan-bahan tersebut memiliki konduktivitas termal yang relatif rendah. *Coolbox* dengan insulasi yang bagus memiliki beberapa manfaat diantaranya: (Hidayat, 2017)

- a. Menghemat pemakaian es
- b. Mengurangi resiko pembusukan
- c. Memperluas daerah penangkapan
- d. Memperluas jangkauan pemasaran
- e. Mengurangi penyusutan hasil tangkapan
- f. Meningkatkan pendapatan nelayan
- g. Menunda waktu jual sehingga mendapatkan harga yang pantas

2.2 Teknologi Insulasi

Panas merupakan energi yang dapat berpindah. Energi ini berpindah dari benda yang memiliki tingkat energi lebih tinggi menuju ke benda yang tingkat energinya lebih rendah. Cara perpindahan ini dapat melalui tiga cara , yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

a. Konduksi

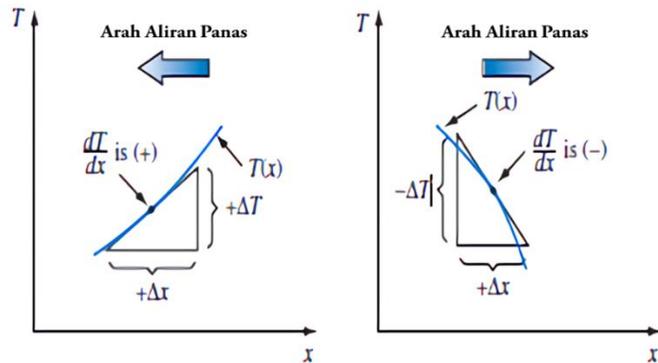
Merupakan perpindahan kalor yang merambat melalui zat padat. Konduksi sangat bergantung terhadap konduktivitas termal yang dimiliki setiap benda. Untuk zat yang berbahan homogen, cepat rambat kalor secara konduksi dapat dihitung dengan persamaan

$$q = -k \times A \frac{dT}{dx} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana,

- q = Laju perpindahan kalor (W)
- k = Konduktivitas termal bahan (W/m °C)
- A = Luas penampang benda = P x L (m²).
- dT = Temperatur muka dinding (°C)
- dx = Panjang bahan (m)

Tanda minus di depan merupakan penerapan dari hukum kedua Termodinamika, yang mengindikasikan adanya aliran kalor dari zat yang memiliki kalor tinggi menuju zat yang memiliki kalor rendah. Persamaan (1) merupakan Hukum Fourier yang dipublikasikan pada tahun 1822. Arah aliran pada konduksi dapat di ilustrasikan pada gambar berikut.



Gambar 2. 1 Ilustrasi arah aliran kalor konduksi
 Sumber: (Principles of Heat Transfer Seventh Edition, 2011)

Tabel 2.2 di bawah ini merupakan daftar beberapa nilai konduktivitas termal yang diambil pada saat bahan uji memiliki temperature 0 °C.

Tabel 2. 2 Nilai Konduktivitas Termal Beberapa Bahan pada Suhu 0°C

No.	Material	Konduktivitas Termal (W/mK)
Logam		
1	Perak (murni)	410

No.	Material	Konduktivitas Termal (W/mK)
2	Tembaga (murni)	385
3	Aluminium (murni)	202
4	Nikel (murni)	93
5	Besi (murni)	73
6	Baja karbon, 1% C	43
7	Timah (murni)	35
8	Baja krom-nikel (18% Cr, 8% Ni)	16,3
Padat Non-Logam		
1	Berlian	2300
2	Kuarsa	41,6
3	Magnesit	4,15
4	Marmer	2,08-2,94
5	Batu pasir	1,83
6	Kaca, jendela	0,78
7	Kayu maple atau oak	0,17
8	Karet keras	0,15
9	Polivinil klorida	0,09
10	<i>Styrofoam</i>	0,033
11	Serbuk kayu	0,059
12	Wol kaca	0,038
13	Es	2,22
Cairan		
1	Merkuri	8,21
2	Air	0,556
3	Amonia	0,54
4	Oli pelumas, SAE 50	0,147
5	Freon 12, CCl ₂ F ₂	0,073
Gas		
1	Hidrogen	0,175
2	Helium	0,141
3	Udara	0,024
4	Uap air (jenuh)	0,0206
5	Karbon dioksida	0,0146

Sumber: (Heat Transfer Tenth Edition, 2010)

Nilai konduktivitas termal dapat dicari melalui penurunan dari Hukum Fourier, sehingga persamaannya menjadi seperti Persamaan (2) berikut ini,

$$q = \frac{q_x/A}{\frac{\delta T}{\delta x}} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana,

- q = Laju perpindahan kalor (W)
- k = Konduktivitas termal bahan (W/m °C)
- A = Luas penampang benda = P x L (m²).
- dT = Temperatur muka dinding (°C)
- dx = Panjang bahan (m)

Sistem pendinginan akan terganggu bila panas terus masuk ke dalam sistem dan membebani sistem. Isolasi panas ditujukan untuk mencegah panas dari luar sistem masuk ke dalam sistem dan mengganggu proses pendinginan. Sifat isolator panas yang sesuai untuk digunakan sebagai bahan insulasi adalah:

- Nilai konduktivitas termal yang rendah
- Permeabilitas air yang rendah
- Memiliki ketahanan terhadap kelapukan dan kebusukan yang baik
- Tidak berbahaya bagi kesehatan, tidak berbau, dan mudah ditangani

b. Konveksi

Perpindahan kalor secara aliran atau perpindahan kalor yang dilakukan oleh molekul-molekul suatu fluida (cair atau gas). Molekul-molekul fluida tersebut dalam gerakannya melayang kesana-kemari membawa sejumlah kalor (Incropera, Dewitt, Bergman, & Lavine, 2007). Ada dua jenis konveksi yaitu :

- Konveksi paksa
Dimana suatu bahan yang dipanaskan dipaksa bergerak dengan alat peniup tau pompa sehingga perpindahan panas tidak terjadi secara alamiah.
- Konveksi alamiah atau konveksi bebas

Dimana bahan yang dipanaskan mengalir akibat perbedaan massa jenis.

Untuk menghitung nilai besaran laju cepat rambat kalor secara konveksi dapat digunakan rumus seperti Persamaan (3) berikut ini.

$$q_c = -k_{fluid} \times A \times \left| \frac{\partial T}{\partial y} \right|_{at y=0} \dots\dots\dots(3)$$

Dimana,

- q = Laju perpindahan kalor (W)
- k = Konduktivitas termal bahan (W/m °C)
- A = Luas penampang benda = P x L (m²).
- dT = Temperatur muka dinding (°C)
- dx = Panjang bahan (m)

c. Radiasi

Perpindahan kalor yang terjadi tanpa adanya kontak fisik antara dua elemen yang saling bertukar kalor. Perpindahan yang terjadi merupakan pancaran gelombang elektromagnetik yang dapat merambat dalam ruang hampa sekalipun.

Untuk menghitung nilai besaran laju cepat rambat kalor secara radiasi dapat digunakan rumurs seperti pada Persamaan (4) berikut ini.

$$q_c = A_1 \times \sigma \times (T_1^4 - T_2^4) \quad \dots\dots\dots(4)$$

Dimana,

- q = Laju perpindahan kalor (W)
- σ = Konstanta radiasi (W/m °C)
- A = Luas penampang benda = P x L (m²).
- T = Temperatur muka dinding (°C)

2.3 Serat Ijuk (Arenga pinnata)

Dengan semakin meningkatnya kekhawatiran terhadap lingkungan, para ilmuwan dan pakar teknologi menaruh perhatian yang tinggi terhadap penggunaan serat alami terutama di *biocomposites*. Pohon aren seperti pada Gambar 2.2 di bawah merupakan sumber serat alami yang paling populer di bidang aplikasi teknik. Telah banyak studi yang mempelajari morfologi serta keunggulan serat pohon aren sebagai serat alami yang dapat diaplikasikan dalam bidang keteknikan.



Gambar 2. 2 Pohon Aren
Sumber : (Ishak, et al., 2013)

Dari sebuah studi yang dilakukan, ditemukan bahwa kekuatan tarik untuk tandan aren (SPB), ijuk dan batang aren (SPT) masing-masing adalah 365,1, 276,6 dan 198,3 N / mm². Hasil ini telah terbukti menggunakan komposisi kimianya, dimana kadar selulosa tertinggi diperoleh dari daun aren (SPF) (66,5%), diikuti oleh tandan aren (SPB) (61,8%), ijuk (52,3%), dan batang aren (SPT) (40,6%). Sedangkan untuk pengujian tingkat

penyerapan air, ditemukan bahwa daun aren (SPF) juga memberikan persentase tertinggi - 132,8%, diikuti oleh tandan aren (SPB), ijuk dan batang aren (SPT). (Ishak, et al., 2013)

Serat ijuk adalah serat alam yang berasal dari pohon *Arenga pinnata*. Berdasarkan KBBI, kata 'ijuk' dapat diartikan sebagai serabut (di pangkal pelepah) pada pohon enau. Ijuk memiliki banyak keunggulan diantaranya adalah : (a). Tahan lama hingga ratusan bahkan ribuan tahun lebih karena memiliki serat yang kuat (b). Tahan terhadap asam dan garam air laut (c). Mencegah penembusan rayap tanah.

Pada studi yang sama, serat dari pohon aren ini juga memiliki kekuatan yang cukup untuk dijadikan sebagai bahan perahu fiber seperti pada Gambar 2.3 yang menggunakan campuran serat aren dan epoxy sebagai bahan pembuatnya. Serat aren yang digunakan sebelumnya telah di rendam dalam air laut selama sebulan untuk mengurangi lapisan lilin pada permukaan serat sehingga akan memberikan kekuatan rekat lebih tinggi saat dicampurkan dengan epoxy.



Gambar 2. 3 Kapal berbahan komposit ijuk
Sumber : (Ishak, et al., 2013)

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Yunita, Nasrullah Idris, dan Abdullah dalam sebuah seksi jurnal berjudul “ Thermal Conductivity of Foamed Concrete Fibre *Arenga Pinnata* Merr”. Menurut Tabel 2.3 di bawah ini hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai konduktivitas termal meningkat dengan porositas kecil, yaitu 18%, sebaliknya, nilai konduktivitas termal mengalami penurunan dengan porositas besar, yaitu 27%. Nilai konduktivitas termal dari beton dengan penambahan serat ijuk dari *Arenga Pinnata* Merr untuk nilai berat jenis 1,0 dengan komposisi serat sebesar 0,5%, 2,0%, dan 2% secara berturut-turut adalah 0,47 W/m°C, 0,52, W/m°C, dan 0,44 W/m°C. Sedangkan nilai untuk konduktivitas termal dengan berat jenis 1,4 dan komposisi serat *Arenga Pinnata* 0,5%, 1,5%, dan 2,0% adalah 0,48 W/m°C, 0,45 W/m°C dan 0,43W/m°C. Kesimpulannya, nilai konduktivitas termal beton berbuisa dengan penambahan serat *Arenga Pinnata* Merr memiliki nilai terendah pada gravitasi spesifik 1.4 dengan 2,0% persentase serat sebesar 0,43W/m°C.

Tabel 2. 3 Nilai Konduktivitas Termal Komposit Serat *Arenga pinnata*

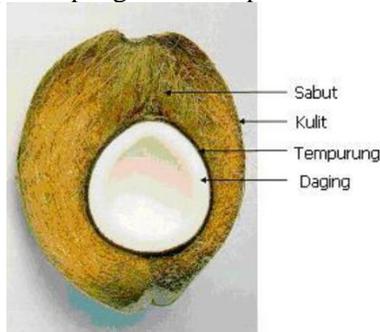
Serat Ijuk (%)	Sample	Berat Jenis	K (W/m°C)	k	Berat Jenis	K (W/m°C)	k
0.5	A	1.0	0.458	0.47	1.4	0.444	0.48
	B		0.463			0.508	
	C		0.492			0.496	
1	A	1.0	0.511	0.52	1.4	0.465	0.45
	B		0.555			0.453	
	C		0.518			0.455	
2	A	1.0	0.488	0.44	1.4	0.398	0.43
	B		0.481			0.448	
	C		0.377			0.454	

Sumber: (Yunita, Idris, & Abdullah, 2012)

2.4 Sabut Kelapa

Serat alam yang lainnya adalah sabut kelapa. Sabut merupakan bagian mesokarp (selimut) yang berupa serat-serat kasar kulit kelapa. Secara tradisional, masyarakat telah mengolah sabut untuk dijadikan bahan bakar memasak, rajutan tali dan dianyam menjadi kesed. Padahal sabut masih memiliki nilai ekonomis cukup baik. Sabut kelapa jika diurai akan menghasilkan serat sabut (*cocofibre*) dan serbuk sabut (*cococoir*). Namun produk inti dari sabut adalah serat sabut. Dari produk serat sabut (*cocofibre*) akan menghasilkan aneka macam derivasi produk yang manfaatnya sangat luar biasa. Penggunaan sabut kelapa yang lebih modern adalah dijadikan serat alami dalam pembuatan plafon tahan panas, campuran briket batubara, sebagai penyaring air, pupuk alami, dan kerajinan tangan (Khedari, Nankongnab, Hirunlabh, & Teekasap, 2004).

Serat sabut kelapa dapat diperoleh dari biji kelapa yang mengandung sekitar 30% dari kandungan biji kelapa. Serat sabut kelapa dalam penggunaannya sangat tergantung dari sifat mekanisnya (Bakri, 2011). Gambar 2.4 berikut ini dapat menggambarkan kondisi fisik permukaan dan penampang serat kelapa.



Gambar 2. 4 Struktur buah kelapa

Sumber: (Bakri, 2010)

Mahato dkk, 1993b dalam (Bakri, 2010) menyebutkan bahwa serat sabut kelapa merupakan bundle serat multiselluler yang mengandung selulosa terdiri dari daerah kristal kecil yang dipisahkan oleh batas amorphous dan nonsellulosa seperti hemisellosa

dan lignin. Kandungan tersebut menjadikan sabut kelapa sering digunakan dalam pembuatan bahan komposit karena kelenturan yang dihasilkan dari serat alami ini cukup tinggi. Pada Tabel 2.4 berikut ini dapat dilihat perbandingan sifat mekanis antara sabut kelapa dengan serat alam lainnya.

Tabel 2. 4 Sifat mekanis beberapa serat alam

Serat	Densitas (gr/cm ³)	Kekuatan Tarik (MPa)	Elongasi (%)	Modulus Elastis (MPa)
Rami	-	400-938	3.6-3.8	61.4-128
Sisal	1.5	511-635	2.0-2.5	9.4-22.0
Sabut Kelapa	1.2	175	30	4.0-6.0
Flax	1.5	345-1035	2.7-3.2	27.6
E-glass	2.5	2000-3500	2.5	70.0

Sumber: (Taj, Munawar, & Khan, 2007) dalam (Bakri, 2011)

Seperti disebutkan dalam jurnal “Tinjauan Aplikasi Serat Sabut Kelapa sebagai Penguat Material Komposit” karya Bakri pada tahun 2011, beberapa produk yang mungkin dapat dibuat dari komposit serat sabut kelapa menurut laporan dari Industrial Technology Institute, Colombo Sri Lanka dan the Delft University of Technology, Netherlands tahun 2003 adalah badan perahu nelayan, sandaran kursi, kursi stadion dan penutup bak sampah.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Polaris Nasution, Sutopo P. Fitri, dan Semin pada tahun 2014 dengan judul “Karakteristik Termofisik Komposit Sabut Kelapa sebagai Insulator pada Palka Ikan” menyatakan bahwa dalam penggunaan sebagai insulasi penambahan sabut kelapa dapat dilakukan hingga 60%, dengan penambahan density komposit hingga 95,5% dan daya serap air mencapai 26,8%. Kemampuan menyerap air yang dimiliki komposit semakin meningkat dari 15% hingga 50,98%. Penambahan sabut kelapa pada campuran dapat dilakukan secara optimal sampai 30% dengan konduktivitas termal komposit sebesar 0,05 W/m°C. Campuran komposit tersebut memiliki kemampuan mempertahankan 3 kg es tube pada suhu 5°C didalam palka selama 14 jam, dibawah 10 °C selama 39 jam dan es mencair selama 40.45 jam pada suhu 13,7 °C. Sedangkan insulasi menggunakan bahan polyurethane murni 100% didalam palka hanya dapat mempertahankan selama 38 jam pada suhu yang sama.

2.5 Kapal Ikan *Purse Seine*

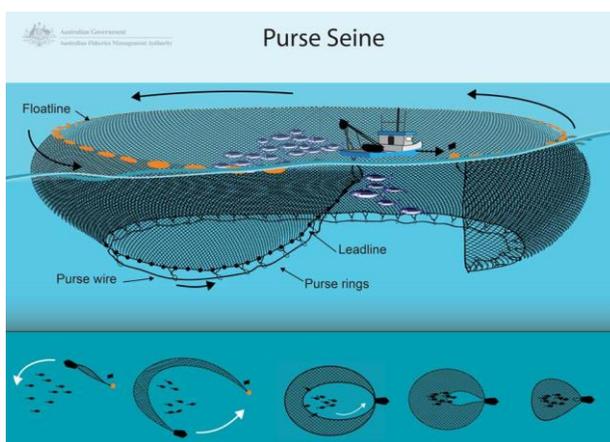
Purse seine adalah alat yang digunakan untuk menangkap ikan pelagik kecil yang membentuk gerombolan. Menurut buku “Fishing Methode” (Ayodhya, 1979) dalam jurnal “Analisa Investasi Ikan Tradisional Purseiner 30 GT” (Mulyatno, Jatmiko, & Susilo, 2012), ikan yang menjadi target penangkapan dari *purse seine* adalah ikan – ikan “pelagic shoaling species” yang berarti ikan tersebut membentuk gerombolan dengan kepadatan yang tinggi dan berada di dekat permukaan air. Gambar 2.5 berikut ini adalah salah satu kapal penangkap ikan tradisional di Kabupaten Pinrang yang menggunakan jaring jenis *purse seine*.



Gambar 2. 5 Kapal *purse seine*
Sumber: (Azis, Iskandar, & Novita, 2017)

Panjang jaring *purse seine* bergantung pada dimensi kapal, waktu operasi dan jenis ikan yang akan ditangkap. Jaring *purse seine* yang ditujukan untuk operasi penangkapan pada siang hari lebih panjang dari jaring *purse seine* yang ditujukan untuk operasi pada malam hari. Begitu pula dengan jenis ikan, untuk menangkap jenis ikan tuna, jaring *purse seine* harus lebih panjang karena jenis ikan ini termasuk perenang cepat. Jaring yang terlalu pendek akan kurang berhasil dalam mendapatkan hasil tangkapan dan sebaliknya penambahan jaring yang berlebih – lebih tidak akan menjamin bertambahnya hasil tangkapan. Pedoman untuk menentukan panjang serta kedalaman minimum untuk jaring *purse seine*, ukuran kantong panjang minimum tergantung panjang kapal : a) panjang *purse seine* minimal 15X panjang kapal; b) dalam minimum jaring *purse seine* 10 % dari panjang *purse seine*; c) panjang dan dalam *bunt* (kantong) minimum = panjang kapal (Prado & Dremiere, 1991).

Gambar 2.6 berikut ini adalah ilustrasi yang dapat digunakan dalam proses penangkapan ikan dengan menggunakan metode jarring *purse seine*.



Gambar 2. 6 Ilustrasi Proses Penangkapan Ikan
Sumber: (Australian Fisheries Management Authority, 2014)

Prinsip penangkapan ikan dengan *purse seine* adalah melingkari gerombolan ikan dengan jaring yang berbentuk kantong yang dilengkapi dengan cincin dan tali *purse line* yang

terletak dibawah tali ris bawah. Jaring tersebut membentuk dinding vertikal, dengan demikian gerakan ikan kearah horizontal dapat dihalangi. Tali ris bawah berfungsi menyatukan bagian bawah jaring sewaktu operasi dengan cara menarik tali purse line tersebut sehingga jaring membentuk kantung untuk mencegah ikan lari kebawah jaring.

Alat tangkap *purse seine* ini tersusun atas beberapa bagian yaitu badan jaring dan tali temali . Konstruksi dari bagian-bagian tersebut terdiri dari 3 bagian yaitu: jaring utama, bahan nilon, jaring sayap, bahan dari nilon , dan jaring kantong, nilon . Srampatan (*selvedge*), dipasang pada bagian pinggiran jaring yang fungsinya untuk memperkuat jaring pada waktu dioperasikan terutama pada waktu penarikan jaring. Bagian ini langsung dihubungkan dengan tali temali. Srampatan (*selvedge*) dipasang pada bagian atas, bawah, dan samping dengan bahan dan ukuran mata yang sama. Bagian yang lainnya yaitu tali temali dengan konstruksinya yaitu : tali pelampung, tali ris atas, lalu tali ris bawah, tali pemberat, tali kolor, tali slambar.

Bagian yang lain yaitu pelampung, ada dua pelampung dengan dua bahan yang sama yakni *synthetic rubber*. Pelampung yang dipasang di bagian tengah lebih rapat dibanding dengan bagian pinggir. Kemudian ada pemberat yang terbuat dari timah hitam sebanyak dipasang pada tali pemberat dan cincin yang terbuat dari besi digantungkan pada tali pemberat dengan seutas tali. Kedalam cincin ini dilakukan tali kolor (*purse line*). Parameter utama dari alat tangkap *purse seine* ini adalah dari ukuran mata jaring dan ketepatan penggunaan bahan pembuat alat tersebut. Pelemparan jaring umumnya memakan waktu sekitar 2-5 menit. Kecepatan melingkar pada jaring tergantung dari panjang jaring yang akan dibentangkan. Pada Tabel 2.5 berikut ini dapat dibandingkan antara durasi pembentangan dan penarikan jarring dengan panjang jaring itu sendiri.

Tabel 2. 5 Lama Waktu Pembentangan dan Penarikan Jaring *Purse Seine*

Pembentangan jaring	
Panjang Jaring <i>Purse seine</i> (m)	Durasi Waktu (menit)
300	7-10
800	10-15
1200-1400	15-25
Penarikan jaring	
Panjang Jaring <i>Purse seine</i> (m)	Durasi Waktu (menit)
300	20-25
800	40-60
1200-1400	60-100

Sumber: (Prado & Dremiere, 1991)

2.6 Polyurethane

Polyurethane adalah bahan yang biasa digunakan sebagai insulasi penahan suhu pada palka penyimpanan ikan (Nasution, P.Fitri, & Semin, 2014). Namun sekarang ini, kendala yang sangat dirasakan khususnya oleh nelayan adalah masalah bahan dan biaya dalam memperoleh bahan insulasi yang terus meningkat, keterbatasan ini disebabkan karena sulitnya mendapatkan bahan dan mahalnya harga bahan baku insulasi. Poliuretan merupakan bahan polimer yang dibuat melalui proses reaksi poliaddisi antara isosianat

(*polyisocyanate*) dengan *polyol*. Selama ini *polyol* diproduksi secara komersial dari produk petro kimia/minyak bumi. Minyak bumi merupakan bahan baku yang tidak terbarukan dan cadangannya semakin menipis atau jumlahnya terbatas, dan pergerakan harganya yang terus meningkat, hal ini mendorong semua pihak untuk mencari bahan baku alternatif sebagai sumber polioliol (Gultom, 2015).

Polyurethane adalah buih plastik padat campuran larutan *Polyol* dan *Isocyanate* (skala 1:1) yang biasa digunakan sebagai bahan insulator penyekat panas pada tempat penyimpanan. *Polyurethane* tahan akan bahan kimia, pelumas dan pelarut; lazimnya dapat terbakar, tetapi dapat dibuat tahan api; dapat dipasok dalam bentuk panel, dibentuk di tempat atau disemprotkan Dalam penelitian yang dilakukan oleh Polaris Nasution didapatkan keterangan bahwa perbandingan mengembang (ekspansi) berat campuran *polyurethane Polyol* dan *Isocyanate* (1:1) terhadap volume dengan membentuk busa padat yang akan diaplikasikan pada volume spesimen ukuran 250 x 250 x 25 mm memiliki karakteristik seperti pada Tabel 2.6 sebagai berikut.

Tabel 2. 6 Perbandingan Ekspansi *Polyurethane*

Kapasitas 1 ml	Berat	Volume	Berat Bersih	Total Berat	Waktu
<i>Polyol</i>	15.4391 gr	1 ml	1.4123 gr	3.2721 gr	6'28' dtk
<i>Isocyanite</i>	15.8866 gr	1ml	1.8598 gr		
<i>Polyurethane</i>		14 cm ³	15.5902		
<i>Polyurethane</i> (gr/cm ³)			0.23		gr/cm ³

Sumber: (Nasution, P.Fitri, & Semin, 2014)

Berdasarkan data penelitian yang tertera pada Tabel 2.6, didapatkan data bahwa ekspansi yang didapatkan adalah sebanyak 14 kali dari volume awal. Bahan dasar berupa *polyol* seberat 1.4123 gram dan isocynite seberat 1.8598 gram untuk dicampur menjadi bahan dasar seberat 3.2721 gram. Campuran tersebut diaduk dan dibiarkan mengembang selama 6'28" detik dan menjadi padatan seberat 15.5902 gram sehingga didapatkan massa jenis sebesar 0.2337 gr/cm³. Berikut ini adalah gambar yang menunjukkan proses ekspansi yang terjadi dari campuran *polyurethane* tersebut.



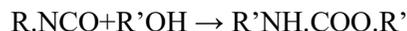
Gambar 2. 7 Tahapan ekspansi *polyurethane*
Sumber : (Nasution, P.Fitri, & Semin, 2014)

Menurut Nasution (2014) formulasi bahan busa dapat dimodifikasi dengan menggunakan berbagai bahan aditif dalam menghasilkan sifat insulasi yang dibutuhkan. Dapat dilihat pada Gambar 2.7, proses ekspansi *polyurethane* padat melalui empat tahapan, yaitu:

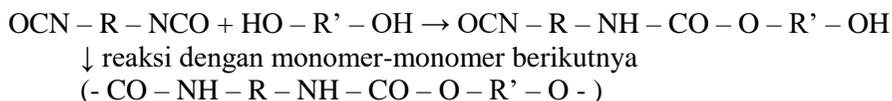
- Pencampuran larutan
- Pengadukan
- Mengembang (ekspansi)
- Pemasakan

Busa kaku *Polyurethane* (PUR) adalah rangkaian silang polimer yang cukup padat dengan susunan sel tertutup berupa gelembung dalam material, dengan dinding tidak terputus, sehingga ada gas terkandung di dalamnya. Gas tersebut adalah *Clorofluoromethane* di mana gas tersebut memiliki sifat konduktivitas termal lebih rendah dari udara. Bagaimanapun juga, untuk mempertahankan konduktivitas termal yang rendah, gas dalam sel harus tidak mudah bocor, sebagai konsekuensinya insulasi busa yang kaku memiliki tidak kurang dari 90 % sel tertutup dan densitas di atas 30kg/m^3 . Busa kaku adalah kombinasi dari *polyol* dan cairan pengembang ditambah katalis dan *Polyisocyanurate* (PIR). *Polyurethane* adalah jenis polimer yang dapat digolongkan ke dalam polimer kondensasi sintetik, menjelaskan tentang pembentukan ikatan *polyurethane*, sebagai berikut (Cowd, 1991):

Gugus isosianat, $-\text{NCO}$, merupakan gugus yang sangat reaktif dan dapat membentuk *urethane* dengan alkohol :



Jika diisosianat atau poliisosianat bereaksi dengan diol atau polioliol (senyawa polihidrat), akan terjadi *polyurethane* :

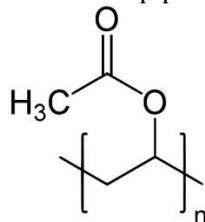


Karbondioksida (dihasilkan dari reaksi diisosianat – air) dapat digunakan untuk membuat busa kaku, tetapi biasanya digunakan alkana berhalogen yang lambat dan bertitik didih rendah seperti CCIF. Cairan ini tidak terlibat dalam reaksi kimia, tetapi mudah menguap oleh panas polimerisasi, dan kemudian mengembangkan busa (Cowd, 1991).

2.7 *Polyvinyl Acetate* (PVAc)

Dalam jurnal (Masturi, Mikrajuddin, & Khairurrijal, 2010) menyebutkan bahwa PVAc ini merupakan polimer yang mempunyai sifat kerekatan yang sangat kuat sehingga sering digunakan sebagai bahan dasar pembuatan lem. kain, kertas dan kayu. PVAc memiliki sifat tidak berbau, tidak mudah terbakar, dan lebih cepat solid. Di samping itu, PVAc juga banyak digunakan sebagai matriks pada pembuatan material komposit sehingga meningkatkan kekuatan material tersebut. Bahkan, dalam bentuk lem sekalipun, PVAc (atau lebih dikenal dengan lem PVAc) dapat juga difungsikan sebagai matriks beberapa material komposit. PVAc ini merupakan polimer yang mempunyai sifat kerekatan yang sangat kuat sehingga sering digunakan sebagai bahan dasar pembuatan

lem kain, kertas dan kayu. PVAc memiliki sifat tidak berbau, tidak mudah terbakar, dan lebih cepat solid. (Purnama, Djoko, & Masruroh, 2010). Gugus reaksi PVC dapat digambarkan melalui keterangan Gambar 2.8 yang merupakan tipe thermoplastik dan dibentuk melalui polimerisasi *vinyl chloride* ($\text{CH}_2 = \text{CH}-\text{Cl}$). Ketika dibuat sifatnya mudah pecah (*brittle/fragile*), maka para manufaktur menambahkan suatu cairan plastikizer supaya hasilnya memiliki sifat lunak dan mudah dibentuk (*modalable*). PVC umumnya digunakan untuk pipa dan *plumbing* (pemasangan pipa saluran air) karena tahan lama, tidak berkarat, dan lebih murah dari pipa besi.



Gambar 2. 8 Gugus reaksi *Polyvinyl acetate*
Sumber: (Purnama, Djoko, & Masruroh, 2010)

Di samping itu, PVAc juga banyak digunakan sebagai matriks pada pembuatan material komposit sehingga meningkatkan kekuatan material tersebut. Bahkan, dalam bentuk lem sekalipun, PVAc (atau lebih dikenal dengan lem PVAc) dapat juga difungsikan sebagai matriks beberapa material komposit. Dengan dasar itulah, PVAc ini dianggap sangat tepat digunakan sebagai matriks dalam pembuatan komposit bahan target karbon dan diharapkan memiliki sifat kuat. (Purnama, Djoko, & Masruroh, 2010)

2.8 Penelitian Sebelumnya

Penelitian tentang kotak pendingin atau *Coolbox* sudah banyak dilakukan. Penelitian dilakukan untuk menghitung lamanya waktu *Coolbox* dalam mempertahankan suhu rendahnya, konduktivitas termal dinding *Coolbox* dan hubungan antara variabel-variabel tertentu. Berikut ini beberapa hasil penelitian terdahulu mengenai mesin pendingin *cold storage* :

2.8.1 Karakteristik Termofisik Komposit Sabut Kelapa sebagai Insulator pada Palka Ikan

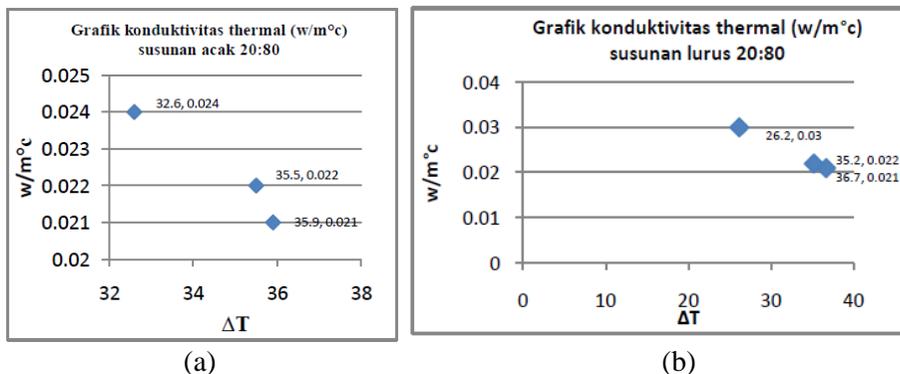
Penelitian tersebut membandingkan penggunaan sabut kelapa dengan *polyurethane foam*. Kombinasi tersebut digunakan untuk mendinginkan produk ikan dengan memperhatikan waktu terlama *Coolbox* dalam mempertahankan suhu terendahnya. Penelitian ini juga mempertimbangkan variasi kombinasi perbandingan dari jumlah serat yang digunakan sebagai insulator panas dalam dinding *Coolbox*.

Hasil dari penelitian tersebut adalah penambahan sabut kelapa dapat dilakukan sampai 60%, dengan terjadi penambahan density 95.5% dan daya serap air mencapai 26.8%. Kemampuan menyerap air komposit semakin meningkat dari 15% hingga 50.98%. Penambahan campuran dapat dilakukan sampai 30% sabut kelapa dengan konduktivitas termal komposit 0.05 W/m°C yang menunjukkan bahwa campuran masih dapat digunakan sebagai bahan isolator pada palka berinsulasi yang baik dengan kemampuan mempertahankan 3kg es tube pada suhu 5°C didalam palka selama 14 jam,

dibawah 10 °C selama 39 jam dan es mencair selama 40.45 Jam pada suhu 13,7 °C dibandingkan 38 jam pada suhu yang sama dengan menggunakan bahan polyurethane murni 100% didalam palka berinsulasi.

2.8.2 Analisa Konduktivitas Thermal Material Komposit Serat Sabut Kelapa dengan Perlakuan Alkali dan Resin Poliester

Merupakan jurnal yang meneliti pengujian komposit serat sabut kelapa dengan perekat resin poliester. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan susunan acak dan susunan lurus serat dengan komposisi perbandingan 30%:70%, 20%:80, dan 10:90%.



Gambar 2. 9 Grafik perpotongan antara selisih suhu yang terukur dengan konduktivitas termal yang didapat. (a) serat acak; (b) serat lurus.

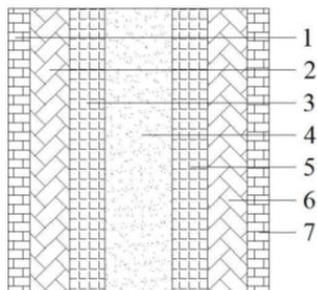
Sumber: (Alberto, Burmawi, & Suryadimal, 2015)

Gambar 2.9 dapat memberikan keterangan mengenai hubungan antara selisih suhu yang terjadi dengan nilai besaran konduktivitas termal dari spesimen uji.

2.8.3 Modifikasi Sistem Pendingin Ruang Muat Kapal Ikan Tradisional dengan Insulasi Serbuk Kayu dan Karung Goni

Merupakan jurnal yang dibuat oleh mahasiswa Departemen Teknik Sistem Perkapalan. Penelitian ini dilakukan dari pengujian komposit serbuk kayu dengan perekat semen putih. Pengujian meliputi massa jenis, kekuatan bending, dan konduktivitas termal. Parameter yang paling berpengaruh sebagai bahan insulasi yaitu konduktivitas termal terbaik pada perbandingan 1:1 yaitu 0,821 W/mK. Pada percobaan yang telah dilakukan dengan 3 kg es balok didapatkan bahwa total waktu pendinginan sampai suhu 25 °C *coolbox* modifikasi terbaik (*coolbox* serbuk kayu + kain goni) yaitu 20 jam 30 menit dengan suhu terendah 16,6 °C, tetapi masih kalah dengan *coolbox styrofoam* dengan suhu terendah 10,6 °C dengan lama waktu pendinginan lebih dari 24 jam. Sehingga dapat disimpulkan komposit serbuk kayu dan semen putih kurang efektif digunakan sebagai bahan insulasi. Sedangkan kain goni baik digunakan sebagai bahan insulasi.

Gambar 2.10 merupakan ilustrasi detail lapisan dinding *coolbox* yang memiliki insulasi dari serbuk kayu yang diberikan perekat semen putih *Portland* dan kemudian ditambahkan dengan kain goni yang diberikan menyelimuti lapisan insulasi serbuk kayu.



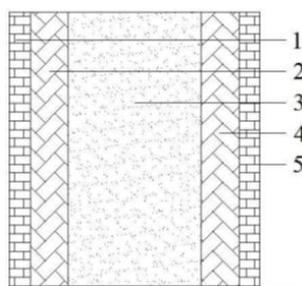
Gambar 2. 10 Bahan penyusun dinding *coolbox* 1

Sumber: (Hidayat, 2017)

Keterangan gambar:

1. Fiberglass (1 mm)
2. Plywood (3 mm)
3. Kain goni (3 mm)
4. Serbuk kayu (6 mm)
5. Kain goni (3 mm)
6. Plywood (3 mm)
7. Fiberglass (1 mm)

Gambar 2.11 merupakan ilustrasi detail lapisan insulasi pada *coolbox* yang hanya menggunakan serbuk kayu sebagai lapisan insulasinya. Untuk menjaga perlakuan insulasi tetap sama, ketebalan bahan insulasi yang digunakan adalah 12 mm.



Gambar 2. 11 Bahan penyusun dinding *coolbox* 2

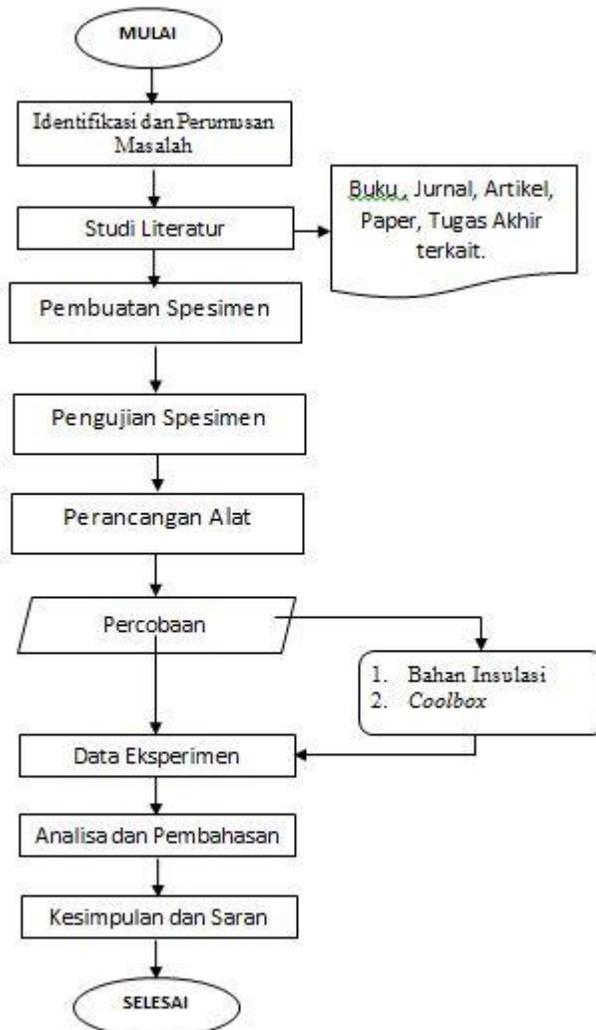
Sumber: (Hidayat, 2017)

Keterangan gambar:

1. Fiberglass (1 mm)
2. Plywood (3 mm)
3. Serbuk kayu (12 mm)
4. Plywood (3 mm)
5. Fiberglass (1 mm)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODE PENELITIAN



Gambar 3. 1. Flowchart Pengerjaan

Gambar 3.1 merupakan flowchart alur pengerjaan tugas akhir yang menjadi acuan dalam pengerjaan tugas akhir ini yaitu :

3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Perumusan masalah merupakan kunci dalam pengerjaan Tugas Akhir ini dikarenakan kita dapat fokus terhadap apa yang ingin dilakukan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini sebagai solusi dari masalah yang ingin dipecahkan. Perumusan masalah dapat dicari dengan cara observasi keadaan sekitar ataupun mengaitkan kondisi yang ada dengan kondisi yang akan dihadapi mendatang. Perumusan masalah

yang diajukan nantinya diharapkan akan menemukan solusi dari tugas akhir yang dikerjakan. Masalah yang diambil pada tugas akhir ini adalah waktu yang kurang dalam menjaga suhu rendah selama proses pendinginan muatan di ruang muat kapal ikan sehingga menurunkan kualitas ikan tangkapan dan menurunkan harga jualnya di pasar. Dari rumusan masalah ini maka dibuat rancangan model ruang muat kapal ikan tradisional menggunakan insulasi berbeda untuk meningkatkan daya tahan *Coolbox* dalam mempertahankan suhu rendah dalam ruang muat.

3.2 Studi Literatur

Tahap selanjutnya adalah studi literatur. Pada tahap ini, segala macam hal yang berkaitan dengan permasalahan yang diangkat dipelajari, sehingga memiliki gambaran bagaimana permasalahan dapat di selesaikan. Studi literatur dapat dilakukan dengan cara membaca buku, paper, internet maupun jurnal yang berhubungan dengan sistem insulasi. Berikut beberapa literatur berupa artikel, jurnal, maupun buku yang telah dipelajari penulis untuk mendukung penyelesaian permasalahan yang digagas:

- a. Artikel dan jurnal tentang insulasi *coolbox*.
- b. Artikel dan jurnal tentang konduktivitas termal sabut kelapa dan serat ijuk.

3.3 Pembuatan Spesimen

Setelah dilakukan studi literatur terhadap tema terkait, maka didapatkan bahan yang akan dipakai untuk memodifikasi insulasi pada *cool box*. Bahan yang digunakan adalah serat ijuk (*Arenga pinnata*) dan sabut kelapa sebagai bahan dasar dengan menggunakan perekat berupa lem alifatik pvac dan *polyurethane*.

Pengujian nilai konduktivitas termal dan massa jenis terhadap spesimen insulasi kotak pendingin yang dibuat ditujukan untuk menentukan komposisi terbaik sebagai insulasi pada *coolbox*. Spesimen yang akan dibuat sebanyak 6 variasi komposisi campuran serat ijuk dengan serat sabut kelapa. Sebelum dilakukan pencampuran bahan maka dilakukan beberapa persiapan terhadap bahan utama tersebut, antara lain:

- a. Persiapan serat ijuk (*Arenga pinnata*)
 1. Serat ijuk yang tersedia dipisahkan secara manual sehingga tidak ada serat yang menyatu.
 2. Susun sedemikian rupa hingga serat dapat terjemur secara maksimal.
 3. Letakkan serat ijuk di bawah sinar matahari secara langsung atau tempat terbuka untuk mempercepat proses pengeringan.
 4. Setelah dijemur kurang lebih selama dua jam hasil dari penjemuran akan nampak seperti pada Gambar 3.2, setelah itu kumpulkan serat dan singkirkan serbuk yang tertinggal pada serat.
 5. Potong serat dengan ukuran panjang satu hingga dua sentimeter.
 6. Simpan serat dalam tempat yang kering, dan hasilnya akan seperti gambar berikut.



Gambar 3. 2 Serat ijuk yang telah dipotong
Sumber: (Dokumen Pribadi)

b. Persiapan sabut kelapa

1. Serat kelapa yang digunakan tidak terbatas pada jenis tertentu saja sehingga serat kelapa dapat ditemukan dengan mudah.
2. Jemur serat di bawah sinar matahari selama kurang lebih dua jam untuk kering maksimal.
3. Potong serat dengan ukuran panjang satu hingga dua sentimeter.
4. Simpan serat dalam tempat yang kering, dan hasilnya akan seperti Gambar 3.3 berikut.



Gambar 3. 3 Serat sabut kelapa yang telah dipotong
Sumber: (Dokumen Pribadi)

c. Penentuan jumlah serat untuk perbandingan

Dalam menentukan metode perbandingan, metode yang digunakan adalah menggunakan metode sederhana yaitu perbandingan massa jenis. Hal ini dilakukan dengan cara memampatkan serat pada ukuran volume tertentu hingga tidak bisa dipadatkan kembali, selanjutnya ditimbang berat dari serat tersebut. Persentase

perbandingan yang digunakan adalah berdasarkan berat serat dalam volume yang sudah ditentukan tersebut. Berikut ini adalah langkah-langkah dalam pembuatannya:

1. Siapkan serat yang akan diukur perbandingannya.
2. Siapkan cetakan yang telah ditentukan besar volumenya. Cetakan yang digunakan adalah untuk tempat mencetak spesimen uji konduktivitas termal dengan volume kurang lebih 80 cm^3 .
3. Masukkan serat hingga mampat ke dalam cetakan tersebut dan pastikan tutup kedua tutup cetakan dengan permukaan yang rata.
4. Bila serat tidak dapat ditambahkan kembali, keluarkan serat dari dalam cetakan dan letakan dalam sebuah wadah untuk selanjutnya dihitung berat dari serat tersebut.
5. Dari nilai berat yang sudah terukur, selanjutnya dikalikan dengan seratus persen untuk mendapatkan nilai perbandingan persentase dari serat tersebut.

Berdasarkan proses perhitungan di atas didapatkan data berupa berat serat ijuk dan serabut kelapa yang akan digunakan dalam persentase. Untuk berat serat ijuk dengan volume 80 cm^3 dengan persentase sebanyak 100% (seratus persen) adalah 15 (limabelas) gram, sedangkan untuk berat sabut kelapa dengan volume dan persentase yang sama adalah 10 (sepuluh) gram.

Dalam penelitian ini akan digunakan dua jenis tipe perekat dalam pembuatan spesimen, yaitu menggunakan lem *Polyurethane* dan lem *PVAc Alifatik*. Kedua lem tersebut dapat ditemukan di toko keperluan pertukangan maupun didapatkan secara *online*. Gambar 3.4 merupakan gambar dari lem perekat yang digunakan dalam pembuatan spesimen tersebut.



Gambar 3. 4 Lem *Polyurethane* (kiri) dan Lem *PVAc Alifatik*
Sumber: (Dokumen Pribadi)

Spesimen akan dibuat sebanyak tiga macam variasi perbandingan serat untuk setiap jenis lem perekat sehingga hasil akhir yang didapatkan adalah berjumlah enam buah jenis spesimen. Variasi perbandingan antara serat ijuk dan serat sabut kelapa yang akan digunakan dalam pembuatan spesimen adalah sebagai berikut :

- Menggunakan perekat *Polyurethane* :

- a. Spesimen 1 = 70% sabut kelapa : 30% serat ijuk (5.6 : 2.4 : 1)
- b. Spesimen 2 = 50% sabut kelapa : 50% serat ijuk (4 : 4 : 1)
- c. Spesimen 3 = 30% sabut kelapa : 70% serat ijuk (2.4 : 5.6 : 1)

- Menggunakan perekat *Polyvinyl acetate* (PVAc)

- a. Spesimen 4 = 70% sabut kelapa : 30% serat ijuk (5.6 : 2.4 : 1)
- b. Spesimen 5 = 50% sabut kelapa : 50% serat ijuk (4 : 4 : 1)
- c. Spesimen 6 = 30% sabut kelapa : 70% serat ijuk (2.4 : 5.6 : 1)

3.3.1 Pembuatan Spesimen untuk Pengujian Massa Jenis

Spesimen yang akan dibuat untuk uji massa jenis memiliki ukuran yang telah ditetapkan yaitu sebesar dimensi p x l x t (50 mm x 50 mm x 20 mm). Spesimen massa jenis dicetak dalam cetakan terbuat dari balok kayu yang sudah diberi sekat dan dilapisi plastik sehingga spesimen tidak menempel pada cetakan. Gambar 3.5 merupakan gambar dari cetakan yang telah dibuat:



Gambar 3. 5 Cetakan spesimen massa jenis
Sumber: (Dokumen Pribadi)

Berikut ini adalah langkah-langkah yang harus dilakukan dalam proses pembuatan spesimen untuk pengukuran massa jenis:

1. Persiapkan alat dan bahan berupa serat ijuk dan sabut kelapa, lem perekat, sarung tangan plastik, timbangan digital, sendok takar, wadah tempat mencampurkan, serta cetakan yang akan digunakan.
2. Volume spesimen yang akan dibuat sebesar 50 cm³ sehingga diperlukan kalibrasi ulang dalam penentuan berat masing masing serat. Kalibrasi menggunakan perbandingan sederhana dengan rumus:

$$[\{(50 \text{ cm}^3 / 80 \text{ cm}^3) \times 100 \% \text{ berat serat yang telah ditentukan}\} \times \text{persentase kebutuhan}] = \text{berat serat yang dibutuhkan}$$

Setelah dilakukan kalibrasi terhadap berat serat didapatkan data perbandingan berat serat sebagai berikut:

Menggunakan perekat *Polyurethane* sebanyak 5 ml (4.5gr):

- a. Spesimen 1 (7:3:1)
35 mL sabut kelapa : 15 mL serat ijuk : 5 mL *polyurethane*
- b. Spesimen 2 (5:5:1)
25 mL sabut kelapa : 25 mL serat ijuk : 5 mL *polyurethane*
- c. Spesimen 3 (3:7:1)
15 mL sabut kelapa : 35 mL serat ijuk : 5 mL *polyurethane*

Menggunakan perekat *Polyvinyl acetate* (PVAc) sebanyak 10ml (11gr):

- d. Spesimen 4 (7:3:2)
35 mL sabut kelapa : 15 mL serat ijuk : 10 mL (PVAc)
 - e. Spesimen 5 (5:5:2)
25 mL sabut kelapa : 25 mL serat ijuk : 10 mL (PVAc)
 - f. Spesimen 6 (3:7:2)
15 mL sabut kelapa : 35 mL serat ijuk : 10 mL (PVAc)
3. Setelah dilakukan kalibrasi dan didapatkan jumlah masing-masing spesimen, campurkan perbandingan serat tersebut dengan lem perekat yang telah ditentukan dalam wadah menggunakan tangan yang dilapisi sarung tangan plastik sehingga serat tercampur secara merata dalam campuran dengan perekat yang digunakan.
 4. Masukkan campuran spesimen dalam cetakan dan tutup rapat kedua permukaan sehingga spesimen terbentuk rapi dan padat.
 5. Diamkan spesimen dalam cetakan selama 2 jam, setelah itu keluarkan dengan perlahan dan keringkan di ruang terbuka selama 3-4 hari

Setelah proses pengeringan selama 3-4 hari berikut ini adalah gambar dari salah satu spesimen yang telah dibuat. Percobaan yang dilakukan pertama kali adalah pembuatan spesimen menggunakan perbandingan 70% sabut kelapa dan 30% serat ijuk menggunakan lem perekat *Polyurethane* dan lem perekat PVAc Alifatik. Pada Gambar 3.6 adalah hasil perbandingan sementara dari spesimen yang pertama dibuat :



Gambar 3. 6 Spesimen 1 dan 4 untuk uji massa jenis

Sumber: (Dokumen Pribadi)

3.3.2 Pembuatan Spesimen untuk Pengujian Konduktivitas Termal

Spesimen yang akan dibuat untuk uji konduktivitas termal memiliki ukuran yang telah ditetapkan yaitu berbentuk silinder berukuran diameter 46 mm dengan ketinggian 50 mm. Spesimen konduktivitas termal dicetak dalam cetakan terbuat dari potongan pipa PVAc dengan panjang 50 mm serta diameter 1 ¾ inch yang sudah dilapisi plastik sehingga spesimen tidak menempel pada cetakan. Pada Gambar 3.7 merupakan gambar dari cetakan yang telah dibuat:



Gambar 3. 7 Cetakan spesimen konduktivitas termal
Sumber: (Dokumen Pribadi)

Berikut ini adalah langkah-langkah yang harus dilakukan dalam proses pembuatan spesimen untuk pengukuran massa jenis:

1. Persiapkan alat dan bahan berupa serat ijuk dan sabut kelapa, lem perekat, sarung tangan plastik, timbangan digital, sendok takar, wadah tempat mencampurkan, serta cetakan yang akan digunakan.
2. Volume spesimen yang akan dibuat sebesar 80 cm³. Setelah dilakukan kalibrasi terhadap berat serat didapatkan data perbandingan berat serat sebagai berikut:

Menggunakan perekat *Polyurethane* sebanyak 10ml (9 gr):

- a. Spesimen 1 (28:12:5)
56 mL sabut kelapa : 24 mL serat ijuk : 10 mL *PU*
- b. Spesimen 2 (4:4:1)
40 mL sabut kelapa : 40 mL serat ijuk : 10 mL *PU*
- c. Spesimen 3 (12:28:5)
24 mL sabut kelapa : 56 mL serat ijuk : 10 mL *PU*

Menggunakan perekat *Polyvinyl acetate* (PVAc) sebanyak 20ml (22 gr):

- d. Spesimen 4 (14:6:5)
56 mL sabut kelapa : 24 mL serat ijuk : 20 mL (PVAc)
- e. Spesimen 5 (2:2:1)
40 mL sabut kelapa : 40 mL serat ijuk : 20 mL (PVAc)
- f. Spesimen 6 (6:14:5)
24 mL sabut kelapa : 56 mL serat ijuk : 20 mL (PVAc)

3. Setelah dilakukan kalibrasi dan didapatkan jumlah masing-masing spesimen, campurkan perbandingan serat tersebut dengan lem perekat yang telah ditentukan dalam wadah menggunakan tangan yang dilapisi sarung tangan plastik sehingga serat tercampur secara merata dalam campuran dengan perekat yang digunakan.
4. Masukkan campuran spesimen dalam cetakan dan tutup rapat kedua permukaan sehingga spesimen terbentuk rapi dan padat.
5. Diamkan spesimen dalam cetakan selama 2 jam, setelah itu keluarkan dengan perlahan dan keringkan di ruang terbuka selama 3-4 hari

Setelah proses pengeringan selama 3-4 hari berikut ini adalah gambar dari salah satu spesimen yang telah dibuat. Percobaan yang dilakukan pertama kali adalah pembuatan spesimen menggunakan perbandingan 70% sabut kelapa dan 30% serat ijuk menggunakan lem perekat *Polyurethane* dan lem perekat PVAc Alifatik. Berikut ini adalah Gambar 3.8 yang merupakan hasil perbandingan sementara dari spesimen yang pertama dibuat :



Gambar 3. 8 Spesimen 1 dan 4 untuk uji konduktivitas termal
Sumber: (Dokumen Pribadi)

3.4 Pengujian Spesimen

Pengujian spesimen insulasi dengan berbagai variasi dapat dilakukan setelah seluruh spesimen selesai dibuat dan dikeringkan selama 3-4 hari. Pengujian yang akan dilakukan berupa pengumpulan data uji massa jenis dan konduktivitas termal. Dari hasil pengujian spesimen akan dibandingkan untuk dipilih campuran yang memiliki konduktivitas termal serta massa jenis terendah yang akan digunakan selanjutnya pada tahap perancangan alat.

3.4.1 Pengujian Massa Jenis Spesimen

Prinsip dasar dari perhitungan massa jenis adalah dengan membagi massa benda yang terukur dengan besarnya volume benda tersebut. Nilai massa jenis suatu zat tidak bergantung pada bentuk dan volume benda tersebut melainkan massa zat tersebut dalam volume tertentu yang menentukannya. Massa jenis merupakan ciri khas suatu zat, oleh karena itu benda yang memiliki komposisi penyusun berbeda akan memiliki massa jenis yang berbeda.

Massa jenis yang akan diukur adalah dalam bentuk balok berukuran panjang 50 mm, lebar 50 mm, serta tinggi 20 mm. besar massa jenis suatu zat dapat diukur menggunakan persamaan sederhana seperti berikut :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

.....(5)

Dimana :

ρ = massa jenis benda (gr/cm³)

m = massa benda (gr)

V = volume (cm³)

Berikut ini merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam proses uji massa jenis spesimen.

1. Menyiapkan spesimen berukuran 50 mm x 50 mm x 20 mm yang telah dibuat seperti pada Gambar 3.9 di bawah ini.



Gambar 3. 9 Spesimen 3 uji massa jenis
Sumber: (Dokumen Pribadi)

2. Mengukur massa dari spesimen dalam timbangan digital seperti pada Gambar 3.10 berikut.



Gambar 3. 10 Timbangan digital
Sumber: (Dokumen Pribadi)

3. Mencatat hasil pengukuran massa yang tertera pada layar display timbangan digital.
4. Menghitung kisaran besar massa jenis spesimen yang terukur menggunakan persamaan (5) dan mencatat hasil perhitungannya dalam Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3. 1 Tabel Pencatatan Hasil Uji Massa Jenis

No. Spesimen	Massa (gram)	Volume (cm ³)	Massa Jenis (gr/cm ³)
1	50	.....
2	50	.....
3	50	.....
4	50	.....
5	50	.....

3.4.2 Pengujian Konduktivitas Termal Spesimen

Pengujian spesimen dilakukan di Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Pengujian dilakukan dengan menerapkan standar ASTM E 1225 yang digunakan untuk uji konduktivitas termal material dengan rentang konduktivitas termal $0.2 < \lambda < 200 \text{ W/(m.K)}$. Rentang suhu yang dapat digunakan dalam pengujian adalah 90 K – 1300 K. Ada 3 tahapan dalam proses pengujian nilai konduktivitas termal dari sebuah spesimen. Berikut adalah penjelasan dari setiap tahapan yang dilakukan:

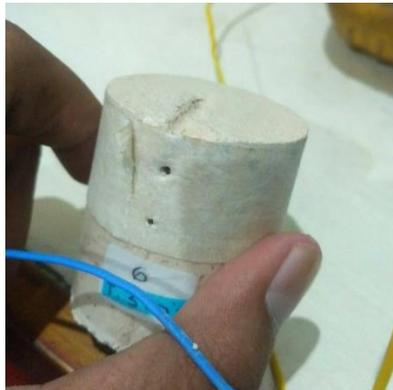
1. Tahap persiapan spesimen

Pada tahap ini, dilakukan beberapa perlakuan pada spesimen uji sehingga dapat memenuhi persyaratan yang ditentukan untuk uji konduktivitas termal. Berikut perlakuan kepada spesimen uji untuk memenuhi persyaratan tersebut:

- a. Pastikan kedua permukaan kontak uji spesimen rata dan dapat menyentuh keseluruhan permukaan logam pemanas berupa silinder tembaga padat. Hal ini ditujukan untuk mencegah adanya udara yang terjebak antara

permukaan kontak uji sehingga mengganggu proses konduksi dari alat uji tersebut. Perlakuan yang dapat diberikan yaitu dengan sedikit menghaluskan permukaan dengan menggunakan amplas kasar/halus.

- b. Buat sebuah *curve* pada permukaan spesimen uji yang berkontak langsung dengan logam pemanas menggunakan benda yang cukup keras. *Curve* yang dibuat memanjang dari tepi spesimen hingga ke tengah dari diameter spesimen uji dengan kedalaman 1-2 mm. Hal ini digunakan untuk meletakkan termokopel sebagai sensor pengukur suhu.
- c. Setelah dibuatkan *curve* maka selanjutnya adalah pembuatan lubang pada dinding spesimen uji dengan diameter lubang sebesar 1-2 mm serta kedalaman +/- 22 – 23 mm. Lubang tersebut akan digunakan untuk meletakkan termokopel sensor panas pada alat uji. Pembuatan lubang tersebut diukur dengan jarak yang sama yaitu 10 mm dari *curve* terdalam pada dinding spesimen yang telah dibuat pada permukaan kontak dengan logam pemanas. Berikut ini adalah Gambar 3.11 dari lubang yang akan dibuat pada dinding spesimen uji.



Gambar 3. 11 *Curve* dan lubang untuk peletakkan termokopel alat uji
Sumber: (Dokumen Pribadi)

2. Tahap pengujian spesimen

Pada tahap ini dilakukan beberapa langkah perlakuan untuk proses pengujian. Proses pengujian dilakukan oleh teknisi yang telah diijinkan untuk melakukan uji tes konduktivitas termal pada laboratorium tersebut. Berikut ini adalah tahapan-tahapan dalam proses pengujian :

- a. Menyiapkan alat uji konduktivitas termal dan mengecek seluruh kelengkapannya
- b. Memasangkan termokopel pada spesimen uji sebanyak 3 (tiga) buah yaitu pada permukaan kontak uji, serta pada kedua lubang yang sudah dibuat pada tahap persiapan spesimen uji. Peletakkan termokopel dilakukan seperti pada Gambar 3.12 berikut.



Gambar 3. 12 Peletakan termokopel pada spesimen uji
Sumber: (Dokumen Pribadi)

- c. Tahap selanjutnya adalah peletakan spesimen uji pada alat uji yang dilakukan oleh teknisi dengan menggunakan alat pengaman berupa sarung tangan sehingga tidak terjadi iritasi kulit karena tersentuh dengan serat *rockwool* sebagai bahan insulasi. Berikut ini adalah Gambar 3.13 yang menggambarkan proses pemasangan spesimen uji oleh teknisi.



Gambar 3. 13 Peletakan spesimen uji pada alat uji oleh teknisi
Sumber: (Dokumen Pribadi)

- d. Menutup rapat alat uji sehingga tidak ada kalor yang terbuang keluar alat uji dan menyebabkan hasil pengujian kurang akurat. Berikut ini adalah Gambar 3.14 yang menjelaskan alat uji yang siap dilakukan proses pengujian.



Gambar 3. 14 Alat uji konduktivitas termal yang akan ditutup rapat
Sumber: (Dokumen Pribadi)

- e. Selanjutnya adalah menyalakan pompa air pendingin yang ditujukan untuk memberikan perbedaan suhu yang terlihat jelas pada termokopel sehingga proses pengujian dapat lebih akurat.
- f. Tahap selanjutnya adalah melakukan pemanasan oleh *heater* yang terpasang pada alat uji dengan metode pemanasan bertahap. Besaran suhu dapat diatur menggunakan *Temperature Regulator* dengan input tegangan sebesar 220 Volt dan arus sebesar 1.4 Ampere. Berikut ini adalah Gambar 3.15 merupakan gambar dari alat pengatur suhu pemanas tersebut.



Gambar 3. 15 Regulator suhu
Sumber: (Dokumen Pribadi)

- g. Pemanasan dilakukan secara bertahap dengan menaikkan suhu pada *Temperature Regulator* sebanyak 25°C hingga mencapai suhu pemanasan 100°C .
 - h. Setelah suhu pemanasan telah diatur pada suhu 100°C yang tertera pada *Temperature Regulator*, selanjutnya akan dilakukan pemanasan selama 120 menit hingga suhu keluaran termokopel 1 yang terbaca pada pengukur suhu stabil dan tidak meningkat kembali.
3. Tahap pengambilan data hasil uji spesimen
 - a. Setelah 120 menit dilakukan pemanasan dan termokopel pada logam pemanas menunjukkan nilai yang sudah stabil, maka dilakukan pengambilan data suhu terukur pada termokopel 1,2,3,4, dan 5 dengan rentang waktu pengambilan selama 5 menit penjeadaan.
 - b. Waktu yang digunakan untuk pengambilan data terukur yaitu pada menit ke 120, 125, 130, 135, dan 140. Pengambilan data dilakukan saat pemanas sedang dalam keadaan lampu indikator pemanas berwarna merah (tidak sedang melakukan pemanasan) seperti pada Gambar 3.16 berikut.



Gambar 3. 16 Temperatur Regulator saat tidak melakukan proses pemanasan
Sumber: (Dokumen Pribadi)

- c. Catat hasil pengambilan data pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3. 2 Tabel Pengambilan Data Uji Konduktivitas Termal

Pengujian ke- (durasi)	Termokopel Alat Uji				
	T1 ($^{\circ}\text{C}$)	T2 ($^{\circ}\text{C}$)	T3 ($^{\circ}\text{C}$)	T4 ($^{\circ}\text{C}$)	T5 ($^{\circ}\text{C}$)
1 (120 menit)
2 (125 menit)
3 (130 menit)
4 (135 menit)
5 (140 menit)

- d. Setelah selesai pengambilan data spesimen, turunkan suhu pemanasan pada *Temperature Regulator* hingga ke angka 0°C lalu matikan alat pemanas.
- e. Ulangi perlakuan pada tahap pengujian spesimen dengan menggunakan spesimen yang memiliki komposisi berbeda hingga seluruh spesimen uji telah dilakukan pengambilan data uji konduktivitas termal.

3.5 Perancangan Alat

Setelah data-data didapatkan maka selanjutnya adalah dilakukan pengujian bahan insulasi pada *coolbox* yang akan dibuat. Setelah dilakukan uji massa jenis dan konduktivitas termal pada spesimen yang sudah dibuat, selanjutnya adalah melakukan pemilihan komposisi terbaik dengan mengutamakan nilai konduktivitas dan massa jenis terendah.

3.5.1 Pemilihan Serat Insulasi

Pemilihan menggunakan sistem penilaian berdasarkan peringkat yang diberikan kepada masing-masing spesimen uji. Penilaian akan dilakukan pada poin konduktivitas termal, massa jenis, dan kemudahan dalam pembuatan. Berikut ini adalah Tabel 3.3 merupakan tabel peringkat setiap spesimen uji berdasarkan pengujian yang telah dilakukan.

Tabel 3. 3 Peringkat Spesimen Uji

No. Spesimen		Peringkat Spesimen		
		Konduktivitas Termal	Massa Jenis	Kemudahan Pembuatan
Polyurethane	1 (70:30)	4	1	2
	2 (50:50)	1	2	1
	3 (30:70)	5	3	3
PVAc Alifatik	4 (70:30)	6	4	5
	5 (50:50)	2	5	4
	6 (30:70)	3	6	6

Konduktivitas yang rendah dapat menjaga suhu di dalam *coolbox* lebih bertahan lama karena tidak adanya kalor yang masuk ke dalam *coolbox* akibat pengaruh suhu lingkungan sekitar. Semakin rendah konduktivitas yang terukur akan memberikan nilai yang lebih besar dalam persentase penilaian. Massa jenis yang lebih rendah diberikan nilai terbesar karena akan meringankan beban *coolbox* yang dibuat untuk pendinginan. Kemudahan dalam pembuatan spesimen merupakan nilai subjektif yang bisa berbeda tiap penggunaannya sesuai dengan metode yang digunakan dalam proses pembuatan.

Berdasarkan kepentingan di atas maka pembobotan nilai yang akan diberikan yaitu; konduktivitas termal 50% , massa jenis 30%, serta kemudahan dalam pembuatan 20%. Perhitungan sederhana yang dapat digunakan untuk pemberian nilai untuk setiap spesimen adalah sebagai berikut :

$$\text{nilai} = \frac{\text{skor peringkat}}{6}$$

Dengan kriteria skor setiap peringkat adalah sebagai berikut :

- Peringkat 1 = 6
- Peringkat 2 = 5
- Peringkat 3 = 4
- Peringkat 4 = 3
- Peringkat 5 = 2
- Peringkat 6 = 1

Setelah diberikan nilai untuk masing-masing spesimen, selanjutnya akan diberikan nilai persentasi akhir untuk menentukan spesimen yang akan dipilih untuk digunakan sebagai insulasi dalam *coolbox* . Perhitungan sederhana yang akan digunakan dalam pemberian nilai akhir adalah sebagai berikut :

$$\text{nilai (\%)} = (\text{skor konduktivitas termal} \times 50\%) + (\text{skor massa jenis} \times 30\%) + (\text{skor pembuatan}) \times 20\%$$

Tabel 3.4 merupakan tabel perhitungan nilai spesimen yang digunakan sebagai acuan dalam pemilihan komposisi komposit sebagai insulasi untuk digunakan selanjutnya dalam pembuatan *coolbox*:

Tabel 3. 4 Tabel Penilaian Spesimen Uji

	No. Spesimen	Konduktivitas Termal		Massa Jenis		Kemudahan Pembuatan		Nilai Total
		Peringkat	Nilai	Peringkat	Nilai	Peringkat	Nilai	
Polyurethane	1 (70:30)	IV	...	I	...	II	...	...
	2 (50:50)	I	...	II	...	I	...	...
	3 (30:70)	V	...	II	...	III	...	...
PVAc Alifatik	4 (70:30)	VI	...	III	...	V	...	...
	5 (50:50)	II	...	III	...	IV	...	...
	6 (30:70)	III	...	IV	...	VI	...	...

Dari tabel penilaian di atas dapat ditarik kesimpulan komposisi yang memiliki keunggulan di antara seluruh spesimen yang selanjutnya akan digunakan untuk pembuatan *coolbox*.

3.5.2 Pembuatan *Coolbox*

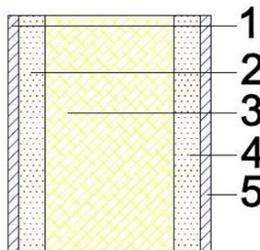
Pada Gambar 3.17 ini adalah ilustrasi *coolbox* dan dimensinya untuk pembuatan *coolbox* berbahan insulasi serat ijuk dan sabut kelapa menggunakan teknik laminasi.

Panjang : 340 mm
 Lebar : 240 mm
 Tinggi : 280 mm



Gambar 3. 17 Ilustrasi *coolbox* insulasi serat ijuk dan sabut kelapa
 Sumber: (Dokumen Pribadi)

Coolbox di atas merupakan gambaran umum dari media yang akan dirancang. Di bawah ini pada Gambar 3.18 merupakan lapisan detail dari *coolbox* dengan insulasi campuran serat ijuk dan sabut kelapa.



Gambar 3. 18 Detail lapisan insulasi *coolbox* komposit serat
 Sumber: (Dokumen Pribadi)

Penjelasan :

Lapisan 1	: Resin	(1 mm)
Lapisan 2	: Plywood	(3 mm)
Lapisan 3	: Komposit serat ijuk dan sabut kelapa	(20 mm)
Lapisan 4	: Plywood	(3 mm)
Lapisan 5	: Resin	(1 mm)

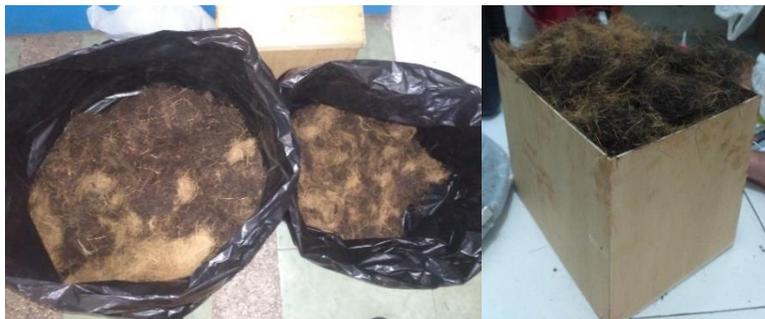
Tahapan-tahapan dalam pembuatan *coolbox* berinsulasi serat ijuk dan sabut kelapa adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan kotak dilakukan di bengkel kayu sedangkan untuk isian komposit dilakukan sendiri. Kotak yang sudah dibuat di bengkel kayu memiliki bentuk seperti pada Gambar 3.19 di bawah ini.



Gambar 3. 19 Kotak *coolbox* yang akan digunakan sebagai alat uji
Sumber: (Dokumen Pribadi)

2. Selanjutnya kotak tersebut akan diisi oleh campuran komposit dari bagian bawah kotak tersebut. Serat yang dibutuhkan untuk membuat insulasi pada dinding kotak insulasi serta bagian penutup sebanyak 550 gram campuran serat serta 400 gram perekat. Berikut ini adalah Gambar 3.20 merupakan proses pencampuran serat dan proses pemasangan insulasi yang kemudian ditutup menggunakan *plywood* setebal 3 mm.



Gambar 3. 20 Proses pencampuran serat dan pemberian insulasi komposit serat pada dinding *coolbox*

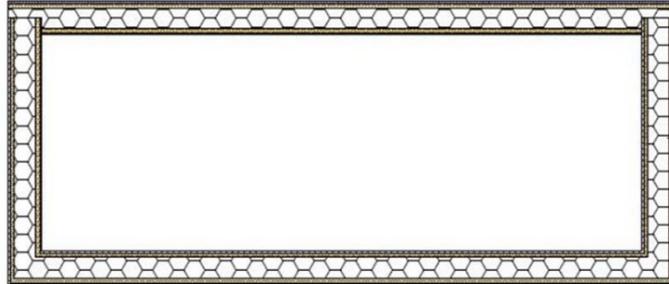
Sumber: (Dokumen Pribadi)

3. Setelah kotak selesai dibuat, proses selanjutnya adalah pelapisan kotak menggunakan resin untuk membuat lapisan kedap air dan tidak cepat rusak. Setelah diberikan lapisan, resin kemudian didiamkan dan dijemur selama 24 jam untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

Untuk mendapatkan hasil uji yang lebih akurat, pembuatan *coolbox* dengan insulasi berbahan *styrofoam* menerima perlakuan yang sama dengan *coolbox* insulasi sabut kelapa dan serat ijuk. Pembuatan *coolbox* harus memerhatikan kedekatan

sehingga tidak ada pertukaran kalor antara lingkungan di dalam *coolbox* dengan lingkungan sekitar di luar *coolbox*. Pada Gambar 3.21 ini merupakan ilustrasi dimensi dari *coolbox styrofoam* yang akan dibuat berdasarkan *coolbox* berinsulasi sabut kelapa dan serat ijuk.

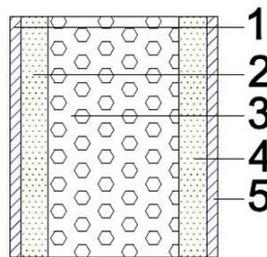
Panjang : 340 mm
 Lebar : 240 mm
 Tinggi : 270 mm



Gambar 3. 21 *Coolbox* insulasi *styrofoam*

Sumber: (Dokumen Pribadi)

Ilustrasi *coolbox* di atas merupakan gambaran umum dari media yang akan dirancang dengan menggunakan *styrofoam* sebagai bahan insulasinya. Pada Gambar 3.22 di bawah ini merupakan ilustrasi lapisan detail dari *coolbox* dengan insulasi *styrofoam*.



Gambar 3. 22 Detail lapisan insulasi *coolbox styrofoam*

Sumber: (Dokumen Pribadi)

Penjelasan :

Lapisan 1 : Resin (1 mm)
 Lapisan 2 : Plywood (3 mm)
 Lapisan 3 : *Styrofoam* (20 mm)
 Lapisan 4 : Plywood (3 mm)
 Lapisan 5 : Resin (1 mm)

Untuk proses pembuatan *coolbox* berinsulasi *styrofoam* yang digunakan untuk pembanding lebih mudah dikarenakan kotak yang akan dibuat dapat dilakukan secara terpisah dan tidak memerlukan proses pencampuran bahan insulasi terlebih dahulu. Cara membuat *coolbox* berinsulasi *styrofoam* hanya menggunakan *coolbox styrofoam* yang sudah jadi dan diberikan pelapis kotak *plywood* serta lapisan resin untuk menjaga kotak

tetap kedap air. Pada Gambar 3.23 bawah ini merupakan gambar dari proses pembuatan *coolbox* dengan insulasi *styrofoam*.



Gambar 3. 23 *Coolbox* berinsulasi *styrofoam*
Sumber: (Dokumen Pribadi)

3.6 Pelaksanaan Percobaan

Pada tahap ini dilakukan percobaan pada prototype. Percobaan dilakukan dengan menggunakan 2 (dua) *coolbox*. *Coolbox* pertama menggunakan bahan insulasi campuran serat ijuk dan sabut kelapa, dan *coolbox* kedua menggunakan bahan insulasi *styrofoam*. Untuk pengujian bahan insulasi *coolbox* digunakan es basah yang diukur dengan termometer digital untuk mengetahui suhu yang dapat dicapai *coolbox* dalam mempertahankan pendinginan selama 24 jam. Gambar 3.24 ini adalah gambar dari *coolbox* yang sudah diberikan termometer dan siap untuk dilakukan pengujian.



Gambar 3. 24 Persiapan pengujian
Sumber: (Dokumen Pribadi)

Dari percobaan ini akan diketahui suhu terendah yang dapat dicapai *coolbox* tersebut. Selain itu, *coolbox* diuji dalam mempertahankan temperatur pendinginan dan waktu pendinginan efektif antara *coolbox* pertama berinsulasi sabut kelapa dan serat ijuk serta *coolbox* kedua berinsulasi *styrofoam*.

Data yang akan diambil dari percobaan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Lama waktu pendinginan

Pengamatan terhadap percobaan *coolbox* dilakukan mulai dari awal penutupan kedap udara *coolbox* hingga suhu di dalam lingkungan *coolbox*

mencapai 20°C. Hal ini dikarenakan suhu 20°C masih dapat menjaga kesegaran dari ikan dan masih laik konsumsi. Bila suhu di atas 20°C bakteri pembusuk mulai berkembang biak an merusak kualitas ikan.

2. Suhu terendah yang dapat dicapai *coolbox*.

Pada pengamatan ini dilakukan selama 24 jam penyimpanan dengan pengamatan temperatur terukur setiap 30 menit sekali. Termometer sebanyak 3 (tiga) buah untuk mengukur 3 (tiga) titik berbeda. Ketiga titik tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Titik 1 digunakan untuk mengukur temperatur permukaan es basah. Gambar 3.25 menjelaskan letak sensor yang digunakan untuk mengukur suhu pada permukaan es basah ataupun pada air es yang digunakan untuk proses pendinginan.



Gambar 3. 25 Sensor pengukur suhu air es
Sumber: (Dokumen Pribadi)

- b. Titik 2 digunakan untuk mengukur temperatur ikan yang diletakkan di dalam tubuh ikan sebagai beban pendingin. Hal ini ditujukan untuk melihat pengaruh pendinginan es basah terhadap beban pendinginan yaitu ikan segar.



Gambar 3. 26 Beban pendinginan berupa ikan segar
Sumber: (Dokumen Pribadi)

Pada Gambar 3.26 terlihat bahwa ikan dilubangi tepat pada bagian tengah ikan untuk peletakan sensor termometer. Hal ini ditujukan untuk melihat seberapa besar pengaruh pendinginan terhadap beban pendinginan.

- c. Titik 3 digunakan untuk mengukur temperature pada ruangan bebas di dalam *coolbox*. Hal ini ditujukan untuk melihat pengaruh pendinginan es bsah terhadap suhu udara di dalam *coolbox* apakah dapat membantu mendinginkan beban pendingin berupa ikan segar atau menjadi beban pendinginan bersamaan dengan ikan segar. Gambar 3.27 adalah gambar dari peletakan termometer yang akan digunakan sebagai pengukuran.



Gambar 3. 27 Lokasi sensor suhu pengukuran
Sumber: (Dokumen Pribadi)

- d. Titik 4 digunakan untuk mengukur temperature pada lingkungan sekitar tempat pengujian *coolbox*. Hal ini ditujukan untuk melihat pengaruh perubahan suhu lingkungan terhadap suhu di dalam *coolbox*.

3.7 Analisis Hasil Percobaan

Dari hasil percobaan yang dilakukan maka selanjutnya adalah melakukan analisis terhadap hasil dari percobaan yang telah dilakukan. Data-data yang diperoleh akan dianalisis dan dilakukan perbandingan antara beberapa percobaan dengan menggunakan grafik seperti hasil pengujian bahan insulasi dan lama waktu pendinginan *coolbox*. Dari perbandingan data percobaan dapat dilihat apakah pendinginan dengan *coolbox* berbahan insulasi serat ijuk dan sabut kelapa dapat menghasilkan pendinginan yang lebih lama dari *coolbox* berbahan *styrofoam* atau sebaliknya. Selain itu dapat diketahui seberapa efektif *coolbox* dengan serat ijuk dan sabut kelapa.

3.8 Kesimpulan dan Saran

Setelah dilakukan pengumpulan dan analisis data dari hasil percobaan maka akan didapatkan kesimpulan dari kegiatan penelitian ini. Kesimpulan akan menjawab dari tujuan tugas akhir ini.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil pembuatan spesimen

Untuk mendapatkan tingkat efektivitas kotak pendingin yang paling optimal dibutuhkan insulator yang paling baik sehingga dapat mencapai hasil pengukuran yang diinginkan. Oleh sebab itu, dibutuhkan tahapan pembuatan spesimen untuk menguji komposisi yang paling tepat dari campuran bahan insulator serta penggunaan perekatnya untuk mendapatkan hasil insulasi terbaik. Bahan untuk insulator digunakan komposisi dari serat ijuk (*Arenga pinnata*) serta sabut kelapa dengan menggunakan dua jenis perekat yaitu lem *polyurethane* serta lem *polyvinyl acetate*. Percobaan dilakukan beberapa kali hingga mendapatkan prakiraan jumlah lem yang sesuai.

Percobaan pembuatan spesimen pertama yaitu pembuatan spesimen uji konduktivitas termal menggunakan jumlah perekat yang sama untuk setiap spesimen yaitu sebesar 30mL. Penggunaan lem perekat tidak ditujukan untuk menambah sifat insulasi pada komposit yang akan dibuat, namun hanya digunakan untuk perekat. Hasil yang di dapatkan adalah sebagai berikut:

1. Untuk pembuatan spesimen menggunakan lem *Polyvinyl acetate* (PVAc) hasil yang didapatkan tidak terjadi masalah, hanya memerlukan waktu yang lama untuk proses pengeringan pada spesimen hingga kering sempurna.
2. Untuk pembuatan spesimen menggunakan lem *Polyurethane* terjadi hal yang tidak diinginkan yaitu seluruh serat komposit yang digunakan untuk bahan insulasi tertutupi oleh lapisan *Polyurethane* yang dapat menambah sifat insulasi dan mengganggu proses pengujian pada bahan komposit.
3. Dilakukan uji coba penggunaan komposisi lem *Polyurethane* yang sesuai sehingga perekat tidak akan mengganggu nilai dari konduktivitas termal yang diinginkan dari komposit tersebut.
4. Uji coba terhadap perekat dilakukan 3 kali yaitu menggunakan lem *Polyurethane* sebanyak 30 mL, 20 mL, serta 10 mL ditetapkan penggunaan yang ideal adalah 10 mL.



Gambar 4. 1 Uji coba penentuan komposisi lem polyurethane
Sumber: (Dokumen Pribadi)

4.1.1 Spesimen untuk Pengujian Massa Jenis.

Setelah ditentukan jumlah perekat yang sesuai dengan komposisi yang diinginkan, selanjutnya adalah membuat spesimen untuk uji termal.



Gambar 4. 2 Spesimen uji massa jenis
Sumber: (Dokumen Pribadi)

Gambar 4.2 di atas merupakan hasil dari pembuatan spesimen untuk pengujian massa jenis. Dari gambar tersebut terdapat persamaan dengan spesimen uji konduktivitas termal karena memiliki perlakuan dan komposisi bahan dasar penyusun dan lem perekat yang sama dengan spesimen uji konduktivitas termal. Ke-enam spesimen akan dijelaskan secara rinci pada penjelasan di bawah :

1. Spesimen 1 (7:3:1)

Komposisi penyusun spesimen 1 terdiri dari 70% sabut kelapa dan 30% serat ijuk dengan bahan perekat lem *Polyurethane* seperti yang terlihat pada Gambar 4.3 di bawah. Pada proses pembuatan spesimen ini perekat lebih banyak membentuk lapisan lem *polyurethane* daripada spesimen 2 dan 3 karena serat ijuk lebih mudah dalam menyerap cairan berupa perekat berbahan dasar *polyurethane*.



Gambar 4. 3 Spesimen massa jenis 1
Sumber: (Dokumen Pribadi)

2. Spesimen 2 (5:5:1)

Komposisi penyusun spesimen 2 terdiri dari 50% sabut kelapa dan 50% serat ijuk dengan bahan perekat lem *Polyurethane* seperti yang terlihat pada Gambar 4.4 di bawah. Pada proses pembuatan spesimen ini perekat

jauh lebih sedikit membentuk lapisan lem polyurethane daripada spesimen 1 karena komposisi serat ijuk yang jauh lebih banyak sehingga cairan lem perekat *polyurethane* banyak terserap ke dalam serat ijuk.



Gambar 4. 4 Spesimen massa jenis 2
Sumber: (Dokumen Pribadi)

3. Spesimen 3 (3:7:1)

Komposisi penyusun spesimen 3 terdiri dari 30% sabut kelapa dan 70% serat ijuk dengan bahan perekat lem Polyurethane seperti yang terlihat pada Gambar 4.5 di bawah. Pada proses pembuatan spesimen ini perekat lebih sedikit membentuk lapisan lem polyurethane daripada spesimen 1 karena komposisi serat ijuk yang lebih banyak sehingga banyak cairan lem perekat polyurethane yang terserap ke dalam serat ijuk.



Gambar 4. 5 Spesimen massa jenis 3
Sumber: (Dokumen Pribadi)

Untuk spesimen berdiameter 50 mm x 50 mm x 20 mm dibutuhkan waktu 20 menit untuk mengering sempurna dan diletakkan tidak perlu terpapar sinar matahari secara langsung.

4. Spesimen 4 (7:3:2)

Komposisi penyusun spesimen 4 terdiri dari 70% sabut kelapa dan 30% serat ijuk dengan bahan perekat lem polyvinyl asetat (PVAc) seperti yang terlihat pada Gambar 4.6 di bawah. Pada proses pembuatan spesimen ini perekat lebih banyak membentuk titik-titik lem polyvinyl asetat (PVAc) yang mengeras daripada spesimen 2 dan 3 karena serat ijuk lebih mudah dalam menyerap cairan berupa perekat berbahan dasar polyvinyl asetat (PVAc).



Gambar 4. 6 Spesimen massa jenis 4
Sumber: (Dokumen Pribadi)

5. Spesimen 5 (5:5:2)

Komposisi penyusun spesimen 5 terdiri dari 50% sabut kelapa dan 50% serat ijuk dengan bahan perekat lem polyvinyl asetat (PVAc) seperti yang terlihat pada Gambar 4.7 di bawah. Pada proses pembuatan spesimen ini perekat jauh lebih sedikit membentuk titik-titik lem polyvinyl asetat (PVAc) yang mengeras daripada spesimen 1 karena komposisi serat ijuk yang jauh lebih banyak sehingga cairan lem perekat polyvinyl asetat (PVAc) banyak terserap ke dalam serat.



Gambar 4. 7 Spesimen massa jenis 5
Sumber: (Dokumen Pribadi)

6. Spesimen 6 (3:7:2)

Komposisi penyusun spesimen 6 terdiri dari 30% sabut kelapa dan 70% serat ijuk dengan bahan perekat lem polyvinyl asetat (PVAc) seperti yang terlihat pada Gambar 4.8 di bawah. Pada proses pembuatan spesimen ini perekat lebih sedikit membentuk titik-titik lem polyvinyl asetat (PVAc) yang mengeras daripada spesimen 1 karena komposisi serat ijuk yang lebih banyak sehingga banyak cairan lem perekat polyvinyl asetat (PVAc) yang terserap ke dalam serat ijuk.

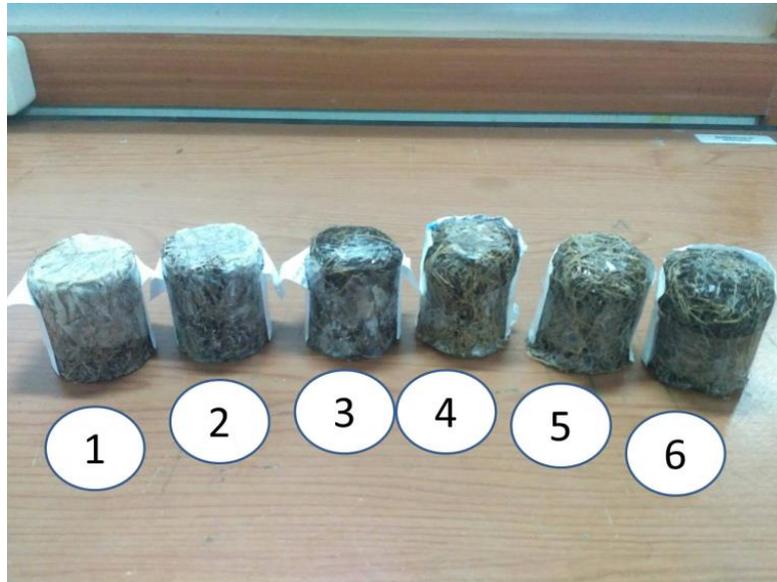


Gambar 4. 8 Spesimen massa jenis 6
Sumber: (Dokumen Pribadi)

Untuk spesimen berdiameter 50mm x 50mm x 20 mm dibutuhkan waktu 3 hari untuk mengering sempurna dan diletakkan di ruangan terbuka dan terpapar sinar matahari secara langsung untuk mempercepat proses pengeringan spesimen.

4.1.2 Spesimen untuk Pengujian Konduktivitas Termal

Setelah ditentukan jumlah perekat yang sesuai dengan komposisi yang diinginkan, selanjutnya adalah membuat spesimen untuk uji termal.



Gambar 4. 9 Spesimen uji coba konduktivitas termal
Sumber: (Dokumen Pribadi)

Gambar 4.9 di atas merupakan hasil dari pembuatan spesimen untuk pengujian konduktivitas termal. Dari Gambar 4.9 tersebut terdapat perbedaan dari warna setiap komposit yang dipengaruhi oleh warna dari bahan dasar tersebut. Komposisi yang memiliki lebih banyak sabut kelapa akan berwarna coklat terang dan komposit yang menggunakan serat ijuk lebih banyak akan berwarna kehitaman. Selain perbedaan tersebut, terdapat perbedaan fisik lainnya yaitu komposit yang menggunakan perekat lem *polyurethane* memiliki beberapa lapisan yang tidak terlihat merata di setiap permukaan komposit. Hal ini dikarenakan proses pencampuran serat komposit dengan lem yang kurang merata serta serat ijuk dan sabut kelapa yang tidak memiliki kemampuan menyerap cairan yang baik sehingga lem perekat yang tidak tercampur rata akan berkumpul dan membentuk lapisan tipis *polyurethane* saat proses ekspansi berlangsung. Spesimen yang menggunakan lem *Polyvinyl acetate* (PVAc) tidak terdapat lapisan tipis tersebut, namun hanya terjadi beberapa titik pada spesimen yang merupakan tempat lem yang tidak tercampur rata mengeras. Ke-enam spesimen akan dijelaskan secara rinci pada penjelasan di bawah :

1. Spesimen 1 (28:12:5)

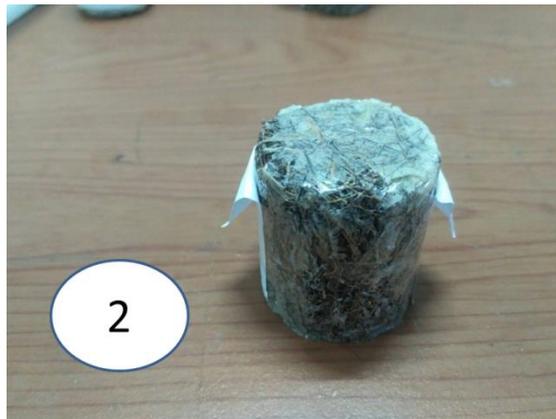
Komposisi penyusun spesimen 1 terdiri dari 70% sabut kelapa dan 30% serat ijuk dengan bahan perekat lem *polyurethane* seperti yang terlihat pada Gambar 4.10 di bawah. Bahan sabut kelapa memiliki daya serap cairan lebih kecil daripada serat ijuk. Sehingga pada proses pembuatan spesimen ini perekat lebih banyak membentuk lapisan lem *polyurethane* daripada spesimen 2 dan 3 karena serat ijuk lebih mudah dalam menyerap cairan berupa perekat berbahan dasar *polyurethane*.



Gambar 4. 10 Spesimen uji konduktivitas termal 1
Sumber: (Dokumen Pribadi)

2. Spesimen 2 (4:4:1)

Komposisi penyusun spesimen 2 terdiri dari 50% sabut kelapa dan 50% serat ijuk dengan bahan perekat lem *polyurethane* seperti yang terlihat pada Gambar 4.11 di bawah. Pada proses pembuatan spesimen ini perekat jauh lebih sedikit membentuk lapisan lem *polyurethane* daripada spesimen 1 karena komposisi serat ijuk yang jauh lebih banyak sehingga cairan lem perekat *polyurethane* banyak terserap ke dalam serat ijuk.



Gambar 4. 11 Spesimen uji konduktivitas termal 2
Sumber: (Dokumen Pribadi)

3. Spesimen 3 (12:28:5)

Komposisi penyusun spesimen 3 terdiri dari 30% sabut kelapa dan 70% serat ijuk dengan bahan perekat lem *polyurethane* seperti yang terlihat pada Gambar 4.12 di bawah. Pada proses pembuatan spesimen ini perekat lebih sedikit membentuk lapisan lem *polyurethane* daripada spesimen 1. Hal ini disebabkan komposisi serat ijuk yang mampu lebih banyak menyerap cairan lem perekat *polyurethane* daripada spesimen lainnya.



Gambar 4. 12 Spesimen uji konduktivitas termal 3
Sumber: (Dokumen Pribadi)

Kelebihan yang didapatkan dari penggunaan perekat *polyurethane* adalah: waktu proses pengeringan yang singkat dengan durasi waktu pengeringan sementara yaitu 2 menit dan dapat dikeluarkan dari cetakan ; sifat *polyurethane* yang berekspansi dapat mengisi celah celah antar serat sehingga membuat daya ikat spesimen lebih kuat. Untuk spesimen berdiameter 45-50 mm dengan ketinggian 50 mm dibutuhkan waktu 20 menit untuk mengering sempurna dan diletakkan tidak perlu terpapar sinar matahari secara langsung.

Namun kelemahan perekat *polyurethane* adalah dibutuhkannya kehati-hatian yang tinggi karena lem sangat mudah mengering; daya rekat lem yang sangat kuat sehingga menyulitkan bila terkena kulit secara langsung; membutuhkan kelembaban yang rendah sehingga lem tidak berekspansi terlalu besar.

4. Spesimen 4 (14:6:5)

Komposisi penyusun spesimen 4 terdiri dari 70% sabut kelapa dan 30% serat ijuk dengan bahan perekat lem *polyvinyl asetat* (PVAc) seperti yang terlihat pada Gambar 4.13 di bawah. Bahan sabut kelapa memiliki daya serap cairan lebih kecil daripada serat ijuk. Sehingga pada proses pembuatan spesimen ini perekat lebih banyak membentuk titik-titik lem *polyvinyl asetat* (PVAc) yang mengeras daripada spesimen 2 dan 3 karena serat ijuk lebih mudah dalam menyerap cairan berupa perekat berbahan dasar *polyvinyl asetat* (PVAc).



Gambar 4. 13 Spesimen uji konduktivitas termal 4
Sumber: (Dokumen Pribadi)

5. Spesimen 5 (2:2:1)

Komposisi penyusun spesimen 5 terdiri dari 50% sabut kelapa dan 50% serat ijuk dengan bahan perekat lem *polyvinyl asetat* (PVAc) seperti yang terlihat pada Gambar 4.14 di bawah. Pada proses pembuatan spesimen ini perekat jauh lebih sedikit membentuk titik-titik lem *polyvinyl asetat* (PVAc) yang mengeras daripada spesimen 1 karena komposisi serat ijuk yang jauh lebih banyak sehingga cairan lem perekat *polyvinyl asetat* (PVAc) banyak terserap ke dalam serat.



Gambar 4. 14 spesimen uji konduktivitas termal 5
Sumber: (Dokumen Pribadi)

6. Spesimen 6 (6:14:5)

Komposisi penyusun spesimen 6 terdiri dari 30% sabut kelapa dan 70% serat ijuk dengan bahan perekat lem *polyvinyl asetat* (PVAc) seperti yang terlihat pada Gambar 4.15 di bawah. Pada proses pembuatan spesimen ini

perekat lebih sedikit membentuk titik-titik lem *polyvinyl asetat* (PVAc) yang mengeras daripada spesimen 1 karena komposisi serat ijuk yang lebih banyak sehingga banyak cairan lem perekat *polyvinyl asetat* (PVAc) yang terserap ke dalam serat ijuk.



Gambar 4. 15 Spesimen uji konduktivitas termal 6
Sumber: (Dokumen Pribadi)

Kelebihan yang didapatkan dari penggunaan perekat ini adalah: mudahnya dalam pembentukan karena waktu pengeringan yang lebih lama; karena waktu pengeringan yang relatif lama proses pencampuran antara lem perekat dengan serat dapat lebih merata; bahan dasar yang terdiri dari air sehingga mudah dibersihkan bila terkena kulit secara langsung. Namun kelemahan perekat *polyvinyl asetat* (PVAc) adalah dibutuhkan waktu yang lama dalam proses pengeringan karena bahan dasar berupa air yang membuat lem lebih lama mengering. Untuk spesimen berdiameter 45-50 mm dengan ketinggian 50 mm dibutuhkan waktu 3 hari untuk mengering sempurna dan diletakkan di ruangan terbuka dan terpapar sinar matahari secara langsung untuk mempercepat proses pengeringan spesimen.

4.2 Hasil Pengujian Spesimen

Setelah melakukan proses pembuatan spesimen uji dengan berbagai variasi, proses selanjutnya adalah melakukan pengumpulan data dari hasil uji bahan insulasi tersebut meliputi konduktivitas termal dan massa jenis di laboratorium. Dari pengumpulan data hasil uji spesimen, akan ditentukan komposisi bahan insulasi yang tepat dengan konduktivitas termal terendah dan massa jenis teringan untuk digunakan pada tahap perancangan alat.

4.2.1 Hasil Pengujian Massa Jenis Spesimen

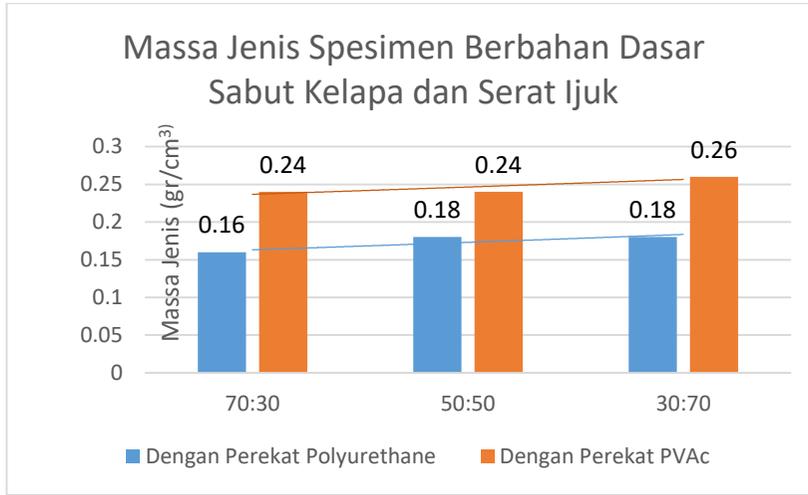
Spesimen untuk pengukuran massa jenis berbentuk balok dapat ditentukan dengan mengukur massa, panjang, lebar, dan tinggi dari spesimen tersebut. Massa benda diukur dengan timbangan digital, sedangkan volume benda sudah ditentukan pada saat proses pembuatan cetakan spesimen. Tabel 4.1 menunjukkan hasil pengukuran massa dan volume benda, juga hasil perhitungan massa jenis yang telah dilakukan.

Tabel 4. 1 Hasil pengujian massa jenis spesimen

No. Spesimen	Massa (gram)	Volume (cm ³)	Massa Jenis (gr/cm ³)
1	8	50	0.16
2	9	50	0.18
3	9	50	0.18
4	12	50	0.24
5	12	50	0.24
6	13	50	0.26

Berdasarkan hasil perhitungan massa jenis yang didapat, maka dapat dilihat bahwa dengan menggunakan perekat lem *polyurethane* spesimen dengan massa jenis terendah adalah spesimen 1 dengan komposisi 70% sabut kelapa dan 30% serat ijuk yaitu 0.16 gr/cm³, sedangkan spesimen 2 dengan komposisi 50% sabut kelapa dan 50% serat ijuk serta spesimen 3 dengan komposisi 30% sabut kelapa dan 70% serat ijuk memiliki massa jenis yang sama yaitu 0,18 gr/cm³. Sedangkan perhitungan massa jenis dengan menggunakan perekat lem *Polyvinyl acetate* (PVAc), spesimen dengan massa jenis terendah adalah spesimen 4 dengan komposisi 70% sabut kelapa dan 30% serat ijuk dan spesimen 5 dengan komposisi 50% sabut kelapa dan 50% serat ijuk yaitu 0.24 gr/cm³. Spesimen 6 dengan komposisi 30% sabut kelapa dan 70% serat ijuk memiliki massa jenis paling besar yaitu 0,26 gr/cm³.

Dari perhitungan massa jenis yang diperoleh, dapat dilihat bahwa spesimen dengan kandungan serat ijuk lebih banyak akan memiliki massa jenis yang lebih besar daripada spesimen yang memiliki sedikit kandungan serat ijuk. Hal ini dikarenakan massa jenis dari serat ijuk itu sendiri lebih berat dari massa jenis sabut kelapa. Selain itu spesimen dengan bahan perekat *Polyvinyl asetat* (PVAc) memiliki massa jenis lebih besar daripada spesimen yang menggunakan bahan perekat *polyurethane*. Perbandingan massa jenis spesimen dengan komposisi yang sama namun menggunakan bahan perekat yang berbeda dapat dilihat pada grafik Gambar 4.16.



Gambar 4. 16 Grafik massa jenis spesimen sabut kelapa dan serat ijuk

4.2.1 Hasil Pengujian Konduktivitas Termal

Spesimen untuk pengukuran konduktivitas termal berbentuk tabung yang telah ditentukan ukurannya. Pengujian dilakukan selama 3 hari dengan banyaknya pengujian yaitu 2 spesimen/hari dimulai sejak tanggal 22-25 April 2018. Alat uji beserta bahan uji akan mengalami pemanasan selama 120 menit untuk membuat suhu spesimen uji menjadi stabil dan tidak mengalami perubahan signifikan. Pengambilan data sebanyak 5 kali pengambilan dengan jeda selama 5 menit sehingga total waktu yang dibutuhkan untuk pengujian satu spesimen sebesar 140 menit. Data hasil pengambilan data pada alat uji konduktivitas termal menunjukkan hasil pengukuran sebagai berikut:

1. Spesimen 1 (sabut kelapa : serat ijuk : polyurethane) (28:12:5)

Pelaksanaan pengujian dilakukan pada hari Rabu 25 April 2018 mulai pukul 00.27-01.57 WIB dengan hasil pengambilan data hasil uji konduktivitas termal tertera pada Tabel 4.2 berikut:

Kuat arus = 1.4 Ampere
 Tegangan = 220 Volt
 Set Point Termokontrol = 100 °C

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Konduktivitas Termal Spesimen 1

Pengujian ke- (durasi)	Termokopel Alat Uji				
	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)
1 (120 menit)	87.7	87.1	84.0	62.3	45.5
2 (125 menit)	87.4	86.9	84.1	62.4	45.5
3 (130 menit)	87.6	87.1	84.1	62.7	45.7
4 (135 menit)	87.1	86.5	83.7	62.4	45.4
5 (140 menit)	86.9	86.4	83.5	62.4	45.3
Rata-rata	87.34	86.8	83.88	62.44	45.48

2. Spesimen 2 (sabut kelapa : serat ijuk : polyurethane) (4:4:1)
Pelaksanaan pengujian dilakukan pada hari Senin 23 April 2018 mulai pukul 10.13-12.13 WIB dengan hasil pengambilan data hasil uji konduktivitas termal tertera pada Tabel 4.3 berikut:
- Kuat arus = 1.4 Ampere
Tegangan = 220 Volt
Set Point Termokontrol = 100 °C

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Konduktivitas Termal Spesimen 2

Pengujian ke- (durasi)	Termokopel Alat Uji				
	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)
1 (120 menit)	79.1	78.6	75.8	54.3	44.9
2 (125 menit)	78.8	78.3	75.5	54.1	44.8
3 (130 menit)	79.1	78.7	76.0	54.6	45.3
4 (135 menit)	79.0	78.6	75.8	54.5	45.2
5 (140 menit)	79.0	78.6	75.9	54.6	45.4
Rata-rata	79.0	78.56	75.8	54.42	45.12

3. Spesimen 3 (sabut kelapa : serat ijuk : polyurethane) (12:28:5)
Pelaksanaan pengujian dilakukan pada hari Rabu 25 April 2018 mulai pukul 00.27-01.57 WIB dengan hasil pengambilan data hasil uji konduktivitas termal tertera pada Tabel 4.4 berikut:
- Kuat arus = 1.4 Ampere
Tegangan = 220 Volt
Set Point Termokontrol = 100 °C

Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Konduktivitas Termal Spesimen 3

Pengujian ke- (durasi)	Termokopel Alat Uji				
	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)
1 (120 menit)	79.7	79.1	74.7	52.8	44.0
2 (125 menit)	80.3	79.6	75.3	53.3	44.3
3 (130 menit)	81.0	80.4	76.1	53.8	44.6
4 (135 menit)	81.6	81.0	76.7	54.3	45.0
5 (140 menit)	82.3	81.8	77.5	55.0	45.5
Rata-rata	80.98	80.38	76.06	53.84	44.68

4. Spesimen 4 (sabut kelapa : serat ijuk : PVAc) (14:6:5)
Pelaksanaan pengujian dilakukan pada hari Selasa 24 April 2018 mulai pukul 10.26-11.56 WIB dengan hasil pengambilan data hasil uji konduktivitas termal tertera pada Tabel 4.5 berikut:
- Kuat arus = 1.4 Ampere
Tegangan = 220 Volt
Set Point Termokontrol = 100 °C

Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Konduktivitas Termal Spesimen 4

Pengujian ke- (durasi)	Termokopel Alat Uji				
	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)
1 (120 menit)	95.3	94.8	93.2	69.2	57.0
2 (125 menit)	95.1	94.5	93.1	69.4	57.3
3 (130 menit)	95.5	94.8	93.4	69.9	57.9
4 (135 menit)	95.6	95.1	93.6	70.1	58.1
5 (140 menit)	95.8	95.3	93.8	70.5	58.6
Rata-rata	95.46	94.9	93.42	69.82	57.78

5. Spesimen 5 (sabut kelapa : serat ijuk : PVAc) (2:2:1)

Pelaksanaan pengujian dilakukan pada hari Senin 23 April 2018 mulai pukul 07.42-09.42 WIB dengan hasil pengambilan data hasil uji konduktivitas termal tertera pada Tabel 4.6 berikut:

Kuat arus = 1.4 Ampere

Tegangan = 220 Volt

Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Konduktivitas Termal Spesimen 5

Pengujian ke- (durasi)	Termokopel Alat Uji				
	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)
1 (120 menit)	82.3	81.7	79.6	56.5	44.9
2 (125 menit)	82.4	81.9	79.8	56.7	45.0
3 (130 menit)	82.7	82.2	80.1	57.0	45.4
4 (135 menit)	82.9	82.4	80.3	57.3	45.6
5 (140 menit)	83.0	82.5	80.4	57.4	45.8
Rata-rata	82.66	82.14	80.04	56.98	45.34

6. Spesimen 6 (sabut kelapa : serat ijuk : PVAc) (6:14:5)

Pelaksanaan pengujian dilakukan pada hari Selasa 24 April 2018 mulai pukul 00.16-01.46 WIB dengan hasil pengambilan data hasil uji konduktivitas termal tertera pada Tabel 4.7 berikut:

Kuat arus = 1.4 Ampere

Tegangan = 220 Volt

Set Point Termokontrol = 100 °C

Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Konduktivitas Termal Spesimen 6

Pengujian ke- (durasi)	Termokopel Alat Uji				
	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)
1 (120 menit)	96.1	95.4	90.0	65.0	48.6
2 (125 menit)	96.1	95.4	90.2	65.3	48.9
3 (130 menit)	96.6	95.8	90.6	65.9	49.4
4 (135 menit)	96.6	95.9	90.6	66.0	49.6

Pengujian ke- (durasi)	Termokopel Alat Uji				
	T1 (°C)	T2 (°C)	T3 (°C)	T4 (°C)	T5 (°C)
5 (140 menit)	96.7	96.0	91.0	66.4	49.8
Rata-rata	96.42	95.7	90.48	65.72	49.26

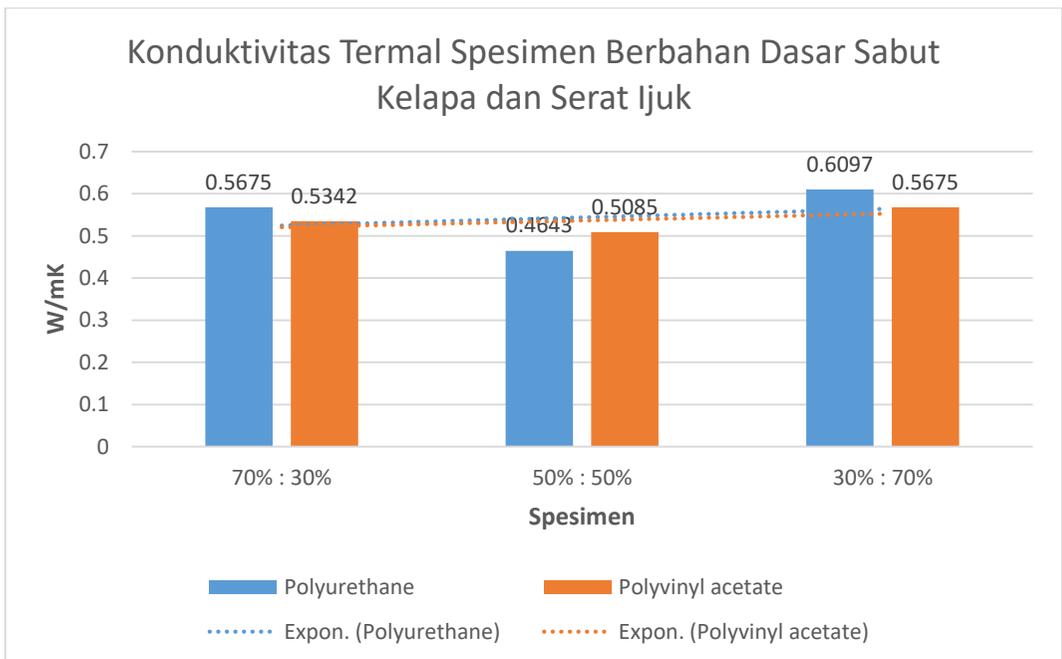
Setelah dilakukan pengambilan data melalui pengujian konduktivitas termal, data yang didapatkan selanjutnya diolah untuk mendapatkan hasil berupa nilai konduktivitas termal tiap-tiap spesimen. Prinsip dari perhitungan nilai konduktivitas termal adalah menggunakan perbandingan konduktivitas dari logam pemanas yang digunakan untuk memanasi spesimen. Alat uji ini menggunakan logam tembaga murni untuk logam pemanas dan nilai konduktivitas termal yang digunakan sebagai acuan didapat dari buku “Fundamental of Heat and Mass Transfer (Sixth Edition)” (Incropera, Dewitt, Bergman, & Lavine, 2007). Selanjutnya dengan menggunakan prinsip persamaan kalor, yaitu kalor masuk samadengan kalor yang keluar dapat ditentukan konduktivitas termal spesimen yang akan dicari. Tabel 4.8 menampilkan hasil perhitungan konduktivitas termal yang telah didapatkan.

Tabel 4. 8 Hasil perhitungan konduktivitas termal

Variasi Spesimen	Set Point (°C)	(V)	(A)	Temperatur Tiap Titik (°C)				Konduktivitas Termal (W/mK)	
Polyurethane	28: 12: 5	100	220	1.4	80.98	80.38	76.06	53.84	0.5675
	4: 4: 1	100	220	1.4	79.00	78.56	75.8	54.42	0.4643
	12: 28: 5	100	220	1.4	87.34	86.80	83.88	62.44	0.6097
PVAc	14: 6: 5	100	220	1.4	96.42	95.70	90.48	65.72	0.5342
	2: 2: 1	100	220	1.4	82.66	82.14	80.04	56.98	0.5085
	6: 14: 5	100	220	1.4	95.46	94.90	93.42	69.82	0.6544

Berdasarkan hasil perhitungan konduktivitas termal yang didapat, maka dapat dilihat bahwa dengan menggunakan perekat lem *polyurethane* yang memiliki nilai konduktivitas termal terendah adalah spesimen 2 dengan perbandingan komposisi 4:4:1 (sabut kelapa : serat ijuk : *polyurethane*) yaitu sebesar 0.4643 W/mK. Konduktivitas

termal terendah selanjutnya adalah spesimen 1 dengan perbandingan komposisi 28:12:5 (sabut kelapa : serat ijuk : *polyurethane*) yaitu sebesar 0.5675 W/mK serta spesimen 3 dengan perbandingan komposisi 12:28:5 (sabut kelapa : serat ijuk : *polyurethane*) yaitu sebesar 0.6097 W/mK. Sedangkan perhitungan konduktivitas termal dengan menggunakan perekat lem *Polyvinyl acetate* (PVAc), spesimen yang memiliki konduktivitas termal terendah adalah spesimen 5 dengan perbandingan komposisi 2:2:1 (sabut kelapa : serat ijuk : *Polyvinyl acetate*) yaitu sebesar 0.5085 W/mK. Konduktivitas termal terendah selanjutnya adalah spesimen 4 dengan perbandingan komposisi 14:6:5 (sabut kelapa : serat ijuk : *Polyvinyl acetate*) yaitu sebesar 0.5342 W/mK serta spesimen 6 dengan perbandingan komposisi 6:14:5 (sabut kelapa : serat ijuk : *Polyvinyl acetate*) yaitu sebesar 0.6544 W/mK. Dari perhitungan nilai konduktivitas termal yang diperoleh, dapat dilihat bahwa spesimen dengan kandungan serat ijuk dan sabut kelapa dengan komposisi sama memiliki nilai konduktivitas termal lebih rendah daripada spesimen yang memiliki komposisi variasi berbeda dengan jenis perekat yang sama. Perbandingan nilai konduktivitas termal spesimen dengan komposisi yang sama namun menggunakan bahan perekat yang berbeda dapat dilihat pada grafik Gambar 4.17 berikut.



Gambar 4. 17 Grafik nilai konduktivitas termal

Nilai konduktivitas termal yang terukur dilakukan pada suhu pemanasan dengan temperatur 100°C dan tidak dapat menghitung nilai pada suhu ruangan. Sebagai pembanding nilai konduktivitas termal pada suhu ruangan, nilai konduktivitas termal *polystyrene / styrofoam* yang digunakan telah diukur pada laporan hasil uji laboratorium referensi. Pada Tabel 4.9 berikut ini akan ditampilkan nilai konduktivitas termal *polystyrene / styrofoam*.

Tabel 4. 9 Nilai Konduktivitas Termal *Styrofoam*

Temperatur (K/°C)	Nilai Konduktivitas Termal	Satuan
300 / 26.85	0.0155	Watt/mK
320 / 46.85	0.0158	Watt/mK
340 / 66.85	0.0161	Watt/mK
360 / 86.85	0.0162	Watt/mK
380 / 106.85	0.0163	Watt/mK
400 / 126.85	0.0163	Watt/mK

Sumber: (Carwile & Hoge, 1966)

Berdasarkan data Tabel 4.9 dapat diamati bahwa perubahan temperatur sebanyak 20 K hanya mengakibatkan perbedaan nilai konduktivitas sebesar 0.0001 Watt/mK. Dapat disimpulkan bahwa nilai konduktivitas termal *styrofoam* pada temperatur 100°C tidak mengalami perubahan signifikan dan ditetapkan nilai sebesar 0.0163 Watt/mK.

Selanjutnya adalah melakukan perbandingan sederhana antara nilai konduktivitas termal spesimen uji dengan nilai konduktivitas termal *styrofoam*. Nilai perbandingan yang dihasilkan akan tertera pada Tabel 4.10 berikut ini.

Tabel 4. 10 Perbandingan Nilai Konduktivitas Termal pada Suhu Ruang

Variasi Spesimen		Nilai Konduktivitas Termal (Watt/mK)			
		<i>Styrofoam</i>		Spesimen Uji	
		100 °C	26.85 °C	100 °C	26.85 °C
Polyurethane	28: 12: 5	0.0163	0.0155	0.5675	0.5396
	4: 4: 1	0.0163	0.0155	0.4643	0.4415
	12: 28: 5	0.0163	0.0155	0.6097	0.5797
PVAc	14: 6: 5	0.0163	0.0155	0.5342	0.5079
	2: 2: 1	0.0163	0.0155	0.5085	0.4835
	6: 14: 5	0.0163	0.0155	0.6544	0.6222

Hasil perbandingan pada Tabel 4.10 tersebut belum bisa dipastikan kebenarannya melalui uji laboratorium lebih lanjut. Sehingga nilai yang disertakan dalam hasil uji

konduktivitas termal pada penelitian ini adalah nilai konduktivitas termal hasil uji laboratorium Perpindahan Panas milik Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada temperatur 100°C.

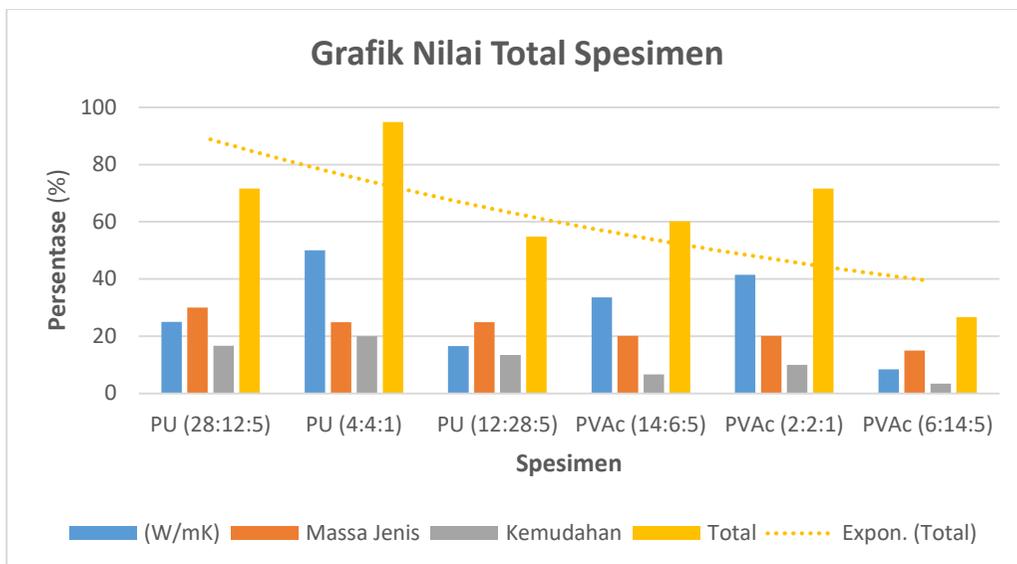
4.3 Pemilihan Komposisi Komposit

Pemilihan menggunakan sistem penilaian berdasarkan peringkat yang diberikan kepada masing-masing spesimen uji. Penilaian akan dilakukan pada poin konduktivitas termal, massa jenis, dan kemudahan dalam pembuatan. Tabel 4.11 berikut ini merupakan perhitungan nilai spesimen yang digunakan sebagai acuan dalam pemilihan komposisi komposit sebagai insulasi untuk digunakan selanjutnya dalam pembuatan *coolbox*:

Tabel 4. 11 Hasil penilaian spesimen

No. Spesimen		Konduktivitas Termal		Massa Jenis		Kemudahan Pembuatan		Nilai Total
		Peringkat	Nilai	Peringkat	Nilai	Peringkat	Nilai	
<i>Polyurethane</i>	1 (28:12:5)	IV	0.25	I	0.3	II	0.166	71.6%
	2 (4:4:1)	I	0.5	II	0.249	I	0.2	94.9%
	3 (12:28:5)	V	0.165	II	0.249	III	0.134	54.8%
PVAc Alifatik	4 (14:6:5)	III	0.335	III	0.201	V	0.066	60.2%
	5 (2:2:1)	II	0.415	III	0.201	IV	0.1	71.6%
	6 (6:14:5)	VI	0.0835	IV	0.15	VI	0.0334	26.7%

Berdasarkan hasil penilaian yang telah dilakukan, ditentukan bahwa komposisi serat serta perekat yang digunakan adalah spesimen uji nomor 2. Hal ini dikarenakan memiliki skor penilaian tertinggi dengan nilai 94.9%. Spesimen ini menggunakan lem perekat *polyurethane* dengan perbandingan komposisi sebesar 28:12:5 (sabut kelapa : serat ijuk : *polyurethane*). Pada Gambar 4.18 berikut adalah grafik terhadap penilaian tiap-tiap spesimen.



Gambar 4. 18 Grafik nilai total

Pada grafik Gambar 4.18 di atas menggambarkan bahwa tren grafik tersebut terlihat menurun dari spesimen 1 hingga spesimen 6. Hal ini disebabkan oleh penilaian hasil akhir spesimen yang semakin menurun dari spesimen 1 hingga spesimen 6 walaupun di beberapa spesimen memiliki nilai akhir yang lebih bagus dari spesimen 1.

4.4 Pengujian *Coolbox*

Pengujian dilakukan pada tahap terakhir penelitian. Tahap ini dapat dilakukan setelah pemilihan jenis campuran insulasi yang dilanjutkan dengan tahap pembuatan *coolbox* berinsulasi. Proses pengujian dilakukan dengan cara melakukan pengujian secara bersamaan mengenai waktu, lokasi, beban pendinginan, pendingin, serta metode pengujian. Gambar 4.19 adalah gambar yang diambil saat proses pengujian berlangsung.



Gambar 4. 19 Proses pengujian *Coolbox*
Sumber: (Dokumen Pribadi)

Pada Gambar 4.19 di atas terdapat beberapa *coolbox* yang dilakukan pengujian bersamaan. Hal ini ditujukan untuk mendapatkan perlakuan yang sama pada pengujian

coolbox dengan menggunakan berbagai macam insulasi. Jenis insulasi yang digunakan pada *coolbox* tersebut dari kiri ke kanan adalah : insulasi *styrofoam*, insulasi komposit tongkol jagung dan *polyurethane*, insulasi kayu mahoni dan kapuk, insulasi komposit serbuk gergaji kayu sengon dan jerami, insulasi komposit sabut kelapa dan serat ijuk, dan yang terakhir adalah insulasi serbuk gergaji bambu dan resin. Terdapat beberapa hal yang diperlakukan sama pada setiap *coolbox* yang digunakan sebagai alat pendinginan. Berikut ini adalah beberapa perlakuan yang diberikan kepada *coolbox* tersebut:

1. Pengujian dilakukan di tempat yang sama yaitu depan Laboratorium *Marine Machinery System*, Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
2. Pengujian dilakukan selama 24 jam pada waktu yang sama dimulai sejak Sabtu 7 Juli 2018 pukul 20.00 WIB hingga Minggu 8 Juli 2018 pukul 20.00 WIB.
3. Pengambilan data temperatur dilakukan secara bersamaan setiap 30 menit.
4. Pada bagian tutup *coolbox* diberi pencegahan kebocoran udara ataupun temperatur menggunakan *ducktape* berwarna hitam yang diberikan mengelilingi tutup *coolbox* tersebut.
5. Pengujian dilakukan dengan menggunakan empat termometer yang diletakkan pada titik pengukuran yang sama, yaitu : 1) pada bagian dasar *coolbox* ; 2) pada bagian dalam ikan beban pendingin ; 3) pada udara bebas dalam *coolbox* ; 4) pada lingkungan sekitar *coolbox*.
6. Menggunakan jenis es dan ikan yang sama, yaitu menggunakan es pecahan dan satu ekor ikan tongkol.
7. Menggunakan perbandingan yang sama antara ikan dan es, yaitu dengan perbandingan 1:5. Ikan tongkol satu ekor seberat 400 gram dan es pecahan seberat 2000 gram.
8. Peletakan es dan ikan sebagai beban pendinginan diperlakukan sama, yaitu 1000 gram es di dasar *coolbox*, lalu diberikan beban pendingin berupa ikan, selanjutnya diberikan es kembali di atas badan ikan sebanyak 1000 gram.



Gambar 4. 20 Kondisi ikan setelah melewati proses pengujian
Sumber: (Dokumen Pribadi)

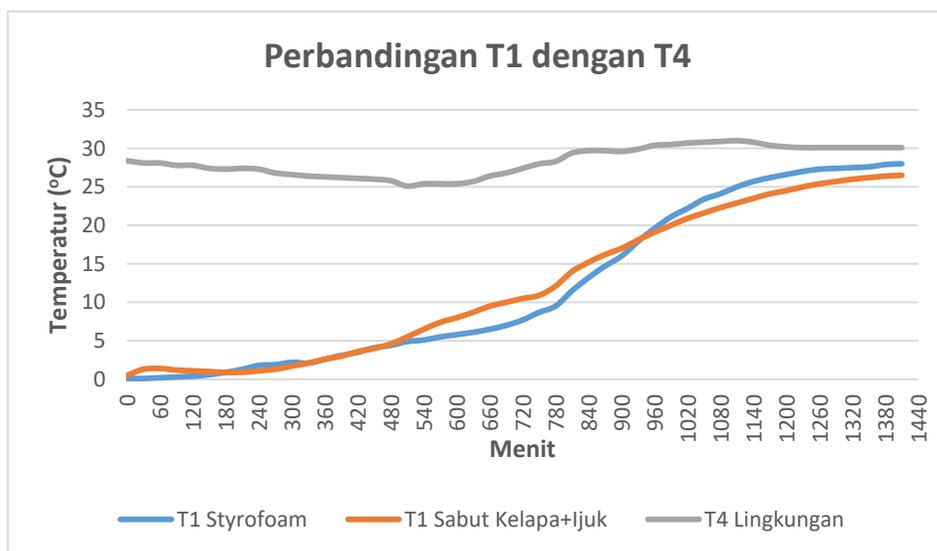
Gambar 4.20 di atas adalah gambar yang diambil sesaat setelah *coolbox* selesai melewati tahap pengujian. Setelah proses pengujian selama 24 jam, ikan yang disimpan dalam *coolbox* masih dapat dikatakan segar karena tidak menimbulkan bau yang cukup menyengat dan tekstur daging ikan yang disimpan masih dalam keadaan baik dan kenyal.

4.5 Analisis Hasil Pengujian

Setelah dilakukan pengujian, akan didapatkan data mentah berupa catatan perubahan suhu yang diukur oleh termometer. Data yang tercatat sebanyak empat jenis varian berdasarkan jumlah titik suhu yang terukur. Data tersebut kemudian diolah dan dimasukkan ke dalam grafik untuk melihat perbedaan secara jelas antara kedua jenis *coolbox* berbeda insulasi tersebut. Menurut Diyantoro, 2007 dalam (Sitakar, et al., 2015) ikan masih dapat bertahan 1-2 hari bila berada dalam temperatur di bawah 15°C -20°C. Oleh sebab itu diberikan batasan temperatur tertinggi yaitu 15°C dalam proses pendinginan untuk menentukan efektivitas insulasi dalam *coolbox*.

4.5.1 Perbandingan Suhu Dasar *Coolbox* dengan Suhu Lingkungan

Membandingkan suhu dasar *coolbox* yang merupakan titik terendah dan merupakan titik terdingin dikarenakan berada tepat di es pendingin saat di awal maupun es yang sudah mencair sebagai pendingin ikan. Hal ini ditujukan untuk melihat pengaruh insulasi terhadap suhu pendingin yang digunakan. Gambar 4.21 adalah grafik yang menunjukkan perbedaan pada titik ukur suhu T1.



Gambar 4. 21 Grafik perbandingan temperatur dasar *coolbox styrofoam* dan *coolbox* sabut kelapa+ijuk dengan temperatur lingkungan

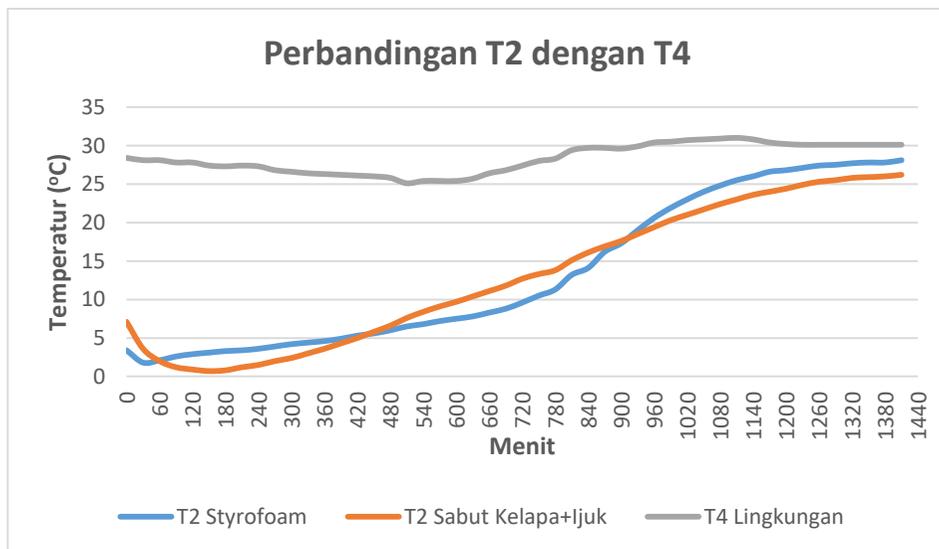
Titik terendah suhu yang terukur pada T1 diperoleh saat pengambilan data 30 menit pertama proses pengujian. Suhu terukur pada *coolbox* berinsulasi komposit sabut kelapa dan serat ijuk sebesar 0.5°C, sedangkan pada *coolbox* berinsulasi *styrofoam* adalah sebesar 0.1°C. Data diperoleh saat temperatur lingkungan 28.4°C. Titik terendah

dan terlama dalam mempertahankan suhu yang terukur pada T1 *coolbox* berinsulasi komposit sabut kelapa dan serat ijuk diperoleh pada proses pengambilan data ke 7 dan 8 sebesar 0.9°C dengan waktu selama 30 menit dan temperatur lingkungan sebesar 27.3°C - 27.4°C , sedangkan pada *coolbox* berinsulasi *styrofoam* suhu terendah dan terlama yang terukur pada T1 adalah sebesar 0.1°C selama 30 menit dan suhu lingkungan sebesar 28.4°C - 28.1°C yang diperoleh pada pengambilan data pertama dan kedua.

Pada menit ke 210, temperatur yang terukur pada *coolbox* komposit sabut kelapa dan ijuk sebesar 0.9°C dan memiliki nilai sama dengan *coolbox styrofoam* sehingga terjadi himpitan pada grafik Gambar 4.21. *Coolbox* komposit sabut kelapa dan ijuk bertahan hingga menit ke-870 atau 14.5 jam dalam mempertahankan temperatur di bawah 15°C , sedangkan *coolbox styrofoam* mampu bertahan hingga menit ke-900 atau 15 jam. Batas maksimal waktu penggantian pendingin berupa es yaitu saat temperatur dalam *coolbox* sudah mencapai 20°C . Untuk *coolbox* komposit sabut kelapa dan ijuk bertahan hingga menit ke-1020 atau 17 jam dalam mempertahankan temperatur di bawah 20°C , sedangkan *coolbox styrofoam* hanya mampu bertahan hingga menit ke-990 atau 16.5 jam.

4.5.2 Perbandingan Suhu Ikan dengan Suhu Lingkungan

Membandingkan suhu ikan dengan lingkungan merupakan bagian terpenting dikarenakan mempengaruhi kesegaran dari ikan itu sendiri. Temperatur yang lebih tinggi dari 20°C menyebabkan mikroba mulai melakukan aktivitas pembusukan daging ikan. Pengukuran ditujukan untuk mengetahui pengaruh suhu lingkungan terhadap suhu dalam daging ikan dalam kotak berinsulasi. Gambar 4.22 adalah grafik perbandingan antara titik ukur suhu dalam daging ikan atau T2 dengan titik ukur suhu di lingkungan atau T4.



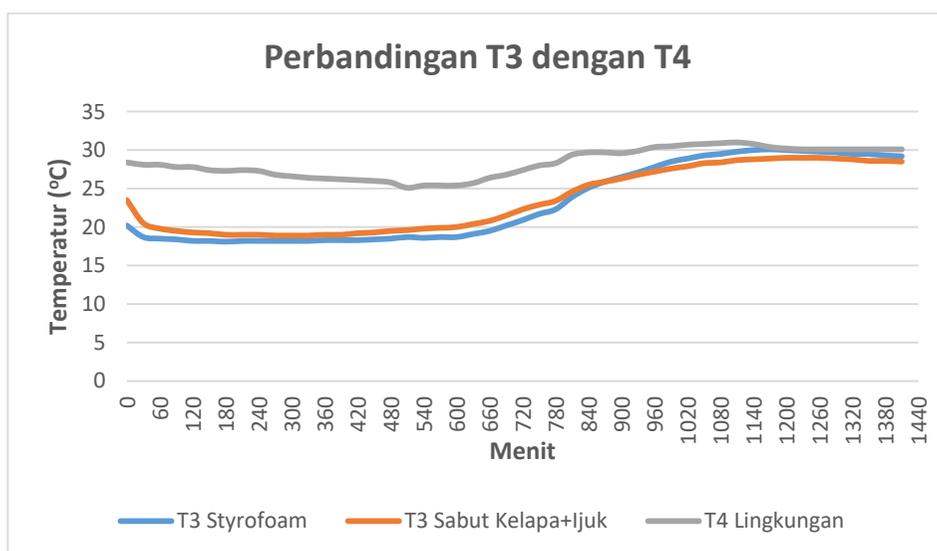
Gambar 4. 22 Perbandingan temperature ikan dengan temperatur lingkungan

Titik terendah suhu yang terukur pada titik ukur T2 pada *coolbox* berinsulasi komposit sabut kelapa dan serat ijuk sebesar 0.7°C dengan suhu lingkungan sebesar 27.4°C yang diperoleh saat pengambilan data ke 6, yaitu 150 menit setelah proses pengujian dimulai. Sedangkan suhu terendah yang terukur pada titik T2 *coolbox* berinsulasi *styrofoam* adalah sebesar 1.8°C dengan suhu lingkungan sebesar 28.1°C yang diperoleh saat pengambilan data ke 2, yaitu 60 menit setelah proses pengujian dimulai. Titik terendah ini juga merupakan titik temperature terendah dan terlama dikarenakan temperatur yang terbaca selalu berubah di setiap pengambilan data.

Pada menit ke 90, temperatur yang terukur pada *coolbox* komposit sabut kelapa dan ijuk sebesar 2°C dan memiliki nilai hampir sama dengan *coolbox styrofoam* yaitu 2.1°C sehingga terjadi himpitan pada grafik Gambar 4.22. *Coolbox* komposit sabut kelapa dan ijuk bertahan hingga menit ke-840 atau 14 jam dalam mempertahankan temperature ikan di bawah 15°C , sedangkan *coolbox styrofoam* mampu bertahan hingga menit ke-870 atau 14.5 jam. Batas maksimal waktu penggantian pendingin berupa es yaitu saat temperatur dalam *coolbox* sudah mencapai 20°C . Untuk *coolbox* komposit sabut kelapa dan ijuk bertahan hingga menit ke-990 atau 16.5 jam dalam mempertahankan temperatur di bawah 20°C , sedangkan *coolbox styrofoam* hanya mampu bertahan hingga menit ke-960 atau 16 jam.

4.5.3 Perbandingan Suhu Udara dalam *Coolbox* dengan Suhu Lingkungan

Membandingkan suhu udara bebas dalam *coolbox* dengan suhu lingkungan merupakan hal yang perlu diperhatikan. Udara bebas mengandung banyak mikroorganisasi yang dapat mempengaruhi kualitas ikan bila di simpan dalam suhu ruangan. Suhu yang hangat menyebabkan mikroorganisme yang terkandung dalam udara berkembang biak dan mempercepat pembusukan ikan. Gambar 4.23 adalah grafik yang menunjukkan perbandingan suhu udara dalam *coolbox* dengan suhu udara lingkungan.



Gambar 4. 23 Grafik perbandingan temperatur udara dalam *coolbox* dengan temperatur lingkungan

Dapat dilihat bahwa kurva grafik T3 antara *coolbox* insulasi *styrofoam* dengan kurva grafik *coolbox* insulasi komposit sabut kelapa dan ijuk sejajar dan berpotongan di satu titik. Udara di dalam *coolbox* tidak pernah menyentuh angka 15°C. Temperatur terendah suhu T3 yang terukur pada *coolbox* berinsulasi komposit sabut kelapa dan serat ijuk sebesar 18.9°C dengan temperatur lingkungan sebesar 26.4°C-26.8°C. Data diperoleh saat menit ke-270 hingga menit ke-330 setelah proses pengujian dimulai. Sedangkan temperatur terendah titik T3 pada *coolbox* berinsulasi *styrofoam* adalah sebesar 18.1°C dengan temperatur lingkungan sebesar 27.3°C. Data diperoleh saat pengambilan data ke 7 atau menit ke-150 setelah proses pengujian dimulai.

Temperatur di bawah 20°C pada T3 *coolbox* berinsulasi komposit sabut kelapa dan serat ijuk diperoleh pada menit ke-90 hingga menit ke-630 atau selama 9 jam dengan temperatur lingkungan sebesar 26.4°C-26.8°C, sedangkan pada *coolbox* berinsulasi *styrofoam* diperoleh pada menit ke 60 hingga menit ke-690 dengan total waktu selama 10.5 jam. Suhu lingkungan yang tercatat sebesar 26.4°C-27.8°C. Hingga akhir pengujian temperatur udara bebas dalam *coolbox* komposit sabut kelapa dan ijuk lebih rendah daripada temperatur udara bebas pada *coolbox styrofoam* dan sejajar mendekati suhu lingkungan.

4.5.4 Analisis Akhir

Setelah melakukan perbandingan berbagai macam titik ukur suhu pada *coolbox*, maka dapat ditarik beberapa analisis akhir mengenai uji coba *coolbox dengan insulasi* berbahan dasar sabut kelapa dan serat ijuk dengan perekat lem *polyurethane* yang memiliki perbandingan komposisi 4:4:1 (sabut kelapa : serat ijuk : lem *polyurethane*). Berikut ini adalah beberapa analisis akhir yang dapat ditarik dari percobaan tersebut :

1. Suhu lingkungan terendah adalah 25.1°C dan tertinggi adalah 31°C. Rata-rata suhu lingkungan selama 24 jam pengujian adalah 28.3°C.
2. Rata-rata temperatur *coolbox styrofoam* adalah : T1= 12°C , T2=13.37°C , T3=23.14°C sedangkan untuk *coolbox* komposit sabut kelapa dan serat ijuk adalah : T1= 12.12°C , T2= 12.98°C , T3= 23.48°C.
3. Berdasarkan pengujian yang dilakukan, ketahanan *coolbox styrofoam* dalam mempertahankan temperatur ikan di bawah 20°C adalah selama 930 menit atau 15 jam 30 menit, sedangkan ketahanan *coolbox* komposit sabut kelapa dan ijuk dalam mempertahankan temperatur ikan di bawah 20°C adalah selama 960 menit atau 16 jam.
4. Sabut kelapa memiliki nilai konduktivitas termal sebesar 0.05 W/mK dan konduktivitas termal serat ijuk di bawah 0.5 W/mK. Pemanfaatan sabut kelapa dan serat ijuk masih sebatas untuk keperluan sederhana sehingga harganya masih terbilang murah. Harga yang terjangkau dan ketersediaan bahan yang melimpah menyebabkan sabut kelapa dan serat ijuk dapat dijadikan bahan alternatif untuk kegiatan industri di bidang insulasi kalor karena memiliki konduktivitas termal yang rendah.
5. Komposisi komposit sabut kelapa dan serat ijuk yang paling baik adalah dengan perbandingan 4 bagian sabut kelapa : 4 serat ijuk : 1 lem *polyurethane* yang menghasilkan nilai konduktivitas termal sebesar 0.4643 W/mK.

6. Berat *coolbox* yang telah dibuat dengan insulasi sabut kelapa dan serat ijuk adalah 2260 gram, sedangkan berat *coolbox* berinsulasi *styrofoam* memiliki berat 1643 gram. Penggunaan *coolbox* berinsulasi *styrofoam* lebih diuntungkan karena dapat mengurangi beban mati kapal saat digunakan untuk menyimpan hasil tangkapan ikan.
7. Bahan insulasi yang dibutuhkan untuk membuat 1 buah *coolbox* komposit adalah 4 liter campuran dengan komposisi 312.5 gram sabut kelapa seharga Rp4.687,00 : 312,5 gr serat ijuk seharga Rp6.250,00 : 400 gr lem *polyurethane* seharga Rp40.000,00 dengan total biaya Rp 50.937,50. Hal ini tentu lebih mahal dari insulasi *styrofoam* yang sudah dibuat secara massal untuk menekan beban produksi dengan ukuran yang sama seharga Rp 35.000,00.
8. Kebutuhan lem *polyurethane* hanya setengah dari kebutuhan lem PVAc dalam jumlah serat yang sama. Namun harga lem *polyurethane* yang relatif mahal menjadi kendala untuk menekan biaya produksi pembuatan *coolbox* tersebut. Solusi yang dapat digunakan adalah menggunakan lem perekat lain yang tidak memiliki bahan dasar air seperti PVAc, atau menggunakan variasi komposisi lem *polyurethane* yang lebih optimal.
9. Selain itu solusi yang dapat dilakukan adalah penggunaan sistem pengempaan dalam pembuatan papan komposit. Sistem tersebut menggunakan metode kempa panas dan menggunakan injeksi uap panas untuk menaikkan suhu dan membuat perekat menjadi lebih kuat. Dengan menggunakan sistem kempa panas, produksi dapat ditingkatkan karena pembuatan papan komposit akan secara massal.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil perhitungan dan pengujian yang telah dilakukan oleh penulis terkait analisis penggunaan sabut kelapa dan serat ijuk sebagai bahan insulasi kotak pendingin dengan menggunakan lem perekat *polyurethane* dan lem PVAc dan analisis perbandingan dengan menggunakan insulasi *styrofoam*, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Hasil analisis perhitungan massa jenis dan konduktivitas untuk spesimen 1 hingga 6 berturut-turut menghasilkan nilai sebesar (0.16gr/cm³; 0.5675W/mK), (0.18gr/cm³; 0.4643W/mK), (0.18gr/cm³; 0.6097W/mK), (0.24gr/cm³; 0.5342W/mK), (0.24gr/cm³; 0.5085W/mK), (0.26gr/cm³; 0.6544W/mK). Komposit terbaik dari segi massa jenis maupun konduktivitas termalnya adalah Spesimen 2 dengan komposisi 4:4:1 (sabut kelapa : serat ijuk : lem *polyurethane*). Kesamaan hasil perhitungan massa jenis yang terjadi pada Spesimen 2 dengan Spesimen 3 serta Spesimen 4 dengan Spesimen 5 disebabkan oleh perbedaan dibawah 1 gram yang tidak terdeteksi oleh timbangan digital yang tersedia.
2. Berdasarkan hasil dari pengujian, didapatkan data pada tiga titik ukur temperatur. Suhu terendah yang terukur pada dasar *coolbox* berinsulasi komposit sabut kelapa dan serat ijuk sebesar 0.5°C. Sedangkan temperatur terendah dan durasi terpanjang pada dasar *coolbox* berinsulasi komposit sabut kelapa dan serat ijuk sebesar 0.9°C dengan durasi 30 menit. Untuk temperatur terendah serta durasi terpanjang yang terukur pada badan ikan *coolbox* berinsulasi komposit sabut kelapa dan serat ijuk sebesar 0.7°C. Temperatur terendah yang terukur pada udara bebas dalam *coolbox* berinsulasi komposit sabut kelapa dan serat ijuk sebesar 18.9°C. *Coolbox* mampu mempertahankan temperatur tidak melebihi 20 °C hingga pengambilan data ke 34, atau 16 jam 30 menit sejak pengujian dimulai.
3. Berdasarkan data pengujian yang diperoleh dan dibandingkan, didapatkan data hasil dengan nilai seperti tertera pada Tabel 5.1 berikut:

Tabel 5. 1 Perbandingan hasil uji *coolbox*

Jenis Pengujian	Insulasi yang Digunakan		Satuan
	<i>Styrofoam</i>	Sabut Kelapa + Ijuk	
T1 Terendah	0.1	0.5	°C
T1 Terendah dan Terlama	0.1	0.9	°C
T1 Terendah dan Terlama	30	30	menit
T2 Terendah	1.8	0.7	°C

Jenis Pengujian	Insulasi yang Digunakan		Satuan
	<i>Styrofoam</i>	Sabut Kelapa + Ijuk	
T2 Terendah dan Terlama	1.8	0.7	°C
T2 Terendah dan Terlama	30	30	menit
T3 Terendah	18.1	18,9	°C
T3 Terendah dan Terlama	18.2	18.9	°C
T3 Terendah dan Terlama	150	60	menit
Durasi dibawah 20 °C	960	990	menit

Berdasarkan perbandingan titik ukur suhu dan tabel di atas, dapat diketahui bahwa dengan perlakuan yang sama terhadap *coolbox*, ketahanan insulasi komposit sabut kelapa dan serat ijuk dapat mempertahankan temperatur ikan 30 menit lebih lama dibandingkan dengan ketahanan insulasi *styrofoam*.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisis dan seluruh proses yang telah dilakukan dalam pengujian *coolbox* menggunakan insulasi sabut kelapa dan serat ijuk untuk mengurangi penggunaan *styrofoam*, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan pengujian *coolbox* berinsulasi sabut kelapa dan serat ijuk yaitu :

1. Sabut kelapa dan serat ijuk yang digunakan sebagai insulasi *coolbox* masih tersusun dalam bentuk acak dan pencampuran masih kurang merata. Untuk penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan menggunakan serat anyaman maupun menggunakan susunan serat secara rapi dan berpola.
2. Dalam pengujian masih menggunakan alat uji sederhana yang tidak ditujukan untuk pengujian ilmiah. Untuk pengujian selanjutnya dapat dilakukan uji spesimen dan uji *coolbox* menggunakan alat uji khusus.
3. Penggunaan rangka luar berupa kotak berbahan dasar *plywood* sebagai wadah komposit sabut kelapa dan serat ijuk mengakibatkan pengujian kurang sempurna karena tidak memperhitungkan pengaruh pemberian lapisan *plywood* serta resin dalam pembuatan *coolbox*. Untuk penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan melakukan uji coba pembuatan komposit dengan metode lain yang dapat memberikan hasil penelitian insulasi lebih sempurna.
4. Pengujian insulasi masih terbatas pada sabut kelapa dan serat ijuk dan tidak menggunakan bagian lain dari buah kelapa atau serat pohon aren (*Arenga pinnata*). Untuk penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan menggunakan variasi campuran lain atau menggunakan variasi bahan lain dari kedua jenis tumbuhan tersebut.
5. Penelitian ini tidak memasukan analisis dari segi ekonomis dan ketahanan *coolbox* terhadap pengaruh lingkungan sehingga masih bisa dikembangkan dengan meneliti kedua bidang tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianto, I. E., & Liviawaty, I. E. (1989). *Pengawetan dan Pengolahan Ikan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Alberto, D., Burmawi, & Suryadimal. (2015). Analisa Konduktivitas Thermal Material Komposit Serat Sabut Kelapa Dengan Perlakuan Alkali Dan Resin Poliester. *ejurnal.bunghatta.ac.id*, Vol 6, No.2.
- Amiruddin, W., Iskandar, B. H., Murdiyanto, B., & Baskoro, M. S. (2014). Efisiensi Perubahan Kerapatan Material Polyurethane Terhadap Laju penetrasi Panas Pada Palka Kapal Ikan Tradisional. *KAPAL*, (11) 93-98.
- Australian Fisheries Management Authority. (2014, March 24). *Archives: Purse seine*. Retrieved from Australian Fisheries Management Authority: <http://www.afma.gov.au/portfolio-item/purse-seine/>
- Ayodhya, A. (1979). *Fishing Methode*. Bogor: Fakultas Perikanan Institut Pertanian Bogor.
- Azis, M. A., Iskandar, B. H., & Novita, Y. (2017). Kajian Desain Kapal Purse Seine Tradisional Di Kabupaten Pinrang (Study Kasus KM. Cahaya Arafah). *Albacore*, 069-076.
- Bakri. (2010). Penentuan Sifat Mekanis Serat Sabut Kelapa. *Mekanikal*, 23-29.
- Bakri. (2011). Tinjauan Aplikasi Serat Sabut Kelapa Sebagai Penguat Material Komposit. *Mekanikal*, 10-15.
- Carwile, L. C., & Hoge, H. J. (1966). *Thermal Conductivity of Polystyrene : Selected Values*. Massachusetts: U.S ARMY NATICK LABORATORIES.
- Cowd, M. (1991). *Kimia Polimer*. Bandung: ITB.
- Gultom, F. (2015). Preparation and Characterization of Polyol Natural Rubber Latex Based Polyurethane Foam. *Jurnal Ilmu Pertanian "Agrium"*, 19(2).
- Hidayat, M. (2017). *Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu Sebagai Campuran Polyurethane Pada Insulasi palka kapal Ikan Tradisional*. Surabaya: ITS.
- Holman, J. (2010). *Heat Transfer Tenth Edition*. New York: McGraw-Hill Companies.
- Ilyas, S. (1983). *Teknologi Refrigerasi Hasil Perikanan. Jilid I. Teknik Pendinginan Ikan*. Jakarta: CV.Paripurna.
- Incropera, F. P., Dewitt, D. P., Bergman, T. L., & Lavine, A. S. (2007). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer Sixth Edition*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- Ishak, M., Sapuan, S., Leman, Z., Rahman, M., Anwar, U., & Siregar, J. (2013). Sugar palm (Arenga pinnata) : Its fibres, polymers and composites. *Carbohydrate Polymers*, 699-710.
- Khedari, J., Nankongnab, N., Hirunlabh, J., & Teekasap, S. (2004). New Low-Cost Insulation Particleboards From Mixture of Durian Peel and Coconut Coir. *Building and Environment* 39 , 59-65.
- Kreith, F., Manglik, R. M., & Bohn, M. S. (2011). *Principles of Heat Transfer Seventh Edition*. Stamford: Cengage Learning Inc.
- Masturi, Mikrajuddin, & Khairurrijal. (2010). Efektivitas Polyvinyl Acetate (PVAc) Sebagai Matriks Pada Komposit Sampah. *Berkala Fisika*, (13) 61-66.
- Mulyatno, I. P., Jatmiko, S., & Susilo, F. (2012). Analisa Investasi kapal ikan Tradisional Purseiner 30 GT. *Kapal* 9, No.2, 58-67.

- Nasution, P., Fitri, S. P., & Semin. (2014). Karakteristik Termofisik Komposit Sabut Kelapa Sebagai Insulator Pada Palka Ikan. *Berkala Perikanan Terubuk* Vol 42. No.2, 82-92.
- Nasution, P., P.Fitri, S., & Semin. (2014). Karakteristik Fisik Komposit Sabut Kelapa Sebagai Insulator Palka Ikan. *Berkala Perikanan Terubuk*, (42) 82-92.
- Prado, J., & Dremiere, P. (1991). *Petunjuk Praktis Bagi Nelayan*. Semarang: Balai Pengembangan Penangkapan Ikan.
- Prasetyono, A. P. (2016, July 10). *Kolom Opini: Ikan Melimpah di Laut, Kemana Nelayan Kita?* Retrieved from ristekdikti.go.id: <https://ristekdikti.go.id/ikan-melimpah-di-laut-kemana-nelayan-kita/>
- Purnama, E., Djoko, H. D., & Masrurroh. (2010). Studi Pengaruh Penambahan PVAc (Polyvinyl Acetate) dan Ukuran Butir Terhadap Kuat Tekan Bahan Target Karbon untuk Deposisi Lapisan Tipis Diamond Like Carbon (DLC). *Brawijaya Physics Student Journal*, (1) 1.
- Sekretariat Kabinet Republik Indonesia. (2016, Maret 4). *Artikel: Potensi Besar Perikanan Tangkap Indonesia*. Retrieved from Sekretariat Kabinet Republik Indonesia Web site: <http://setkab.go.id/potensi-besar-perikanan-tangkap-indonesia/>
- Sitakar, N. M., Nurliana, Jamin, F., Abrar, M., Manaf, Z. H., & Sugito. (2015). PENGARUH SUHU PEMELIHARAAN DAN MASA SIMPAN DAGING IKAN NILA (*Oreochomis niloticus*) PADA PENYIMPANAN SUHU -20°C TERHADAP JUMLAH TOTAL BAKTERI. *Medika Veterinaria*, 162-165.
- Sondana, A. (2013). Desain Sistem Pendingin Ruang Muat Kapal Ikan tradisional Dengan Teknologi Insulasi Vakum. *Teknik Sistem Perkapalan Vol 1, No.1*, 1-5.
- Susanti, M. T., & Purba, P. (2008). Rancang Bangun Kotak Penyimpan Ikan Berinsulasi Untuk Mempertahankan KUalitas Ikan Dengan Proses Pendinginan Serta Aplikasinya Pada Ikan Tongkol (*Auxis Thazard*). *Teknik*, 29 (2), 143-147.
- Taj, S., Munawar, M., & Khan, S. (2007). Natural Fiber-Reinforced Polymer Composites. *Proceedings-Pakistan Academy of Sciences* 44(2), 129.
- Yunita, Idris, N., & Abdullah. (2012). Thermal Conductivity of Foamed Concrete Fibre Arenga Pinnata Merr. *The Aceh Physical Society, Vol 1, No. 1*, 13-14.

LAMPIRAN

a. Perhitungan Massa Jenis

$$\rho = \frac{\text{massa}}{\text{volume}}$$

Massa jenis Spesimen 1 $\rho = \frac{8 \text{ gr}}{50 \text{ cm}^3}$ $\rho = 0.16 \text{ gr/cm}^3$	Massa jenis Spesimen 2 $\rho = \frac{9 \text{ gr}}{50 \text{ cm}^3}$ $\rho = 0.18 \text{ gr/cm}^3$	Massa jenis Spesimen 3 $\rho = \frac{9 \text{ gr}}{50 \text{ cm}^3}$ $\rho = 0.18 \text{ gr/cm}^3$
Massa jenis Spesimen 4 $\rho = \frac{12 \text{ gr}}{50 \text{ cm}^3}$ $\rho = 0.24 \text{ gr/cm}^3$	Massa jenis Spesimen 5 $\rho = \frac{12 \text{ gr}}{50 \text{ cm}^3}$ $\rho = 0.24 \text{ gr/cm}^3$	Massa jenis Spesimen 6 $\rho = \frac{13 \text{ gr}}{50 \text{ cm}^3}$ $\rho = 0.26 \text{ gr/cm}^3$

b. Perhitungan Konduktivitas Termal

➤ Spesimen 1

- Menghitung Kalor Tembaga Pemanas :

Diameter Logam	(d)	= 0.04 m
Jarak Antar Sensor	(L)	= 0.09 m
Temperature atas	(T1)	= 87.34 °C
Temperature bawah	(T2)	= 86.8 °C
Selisih Temperatur	(ΔT)	= 0.54 °C
Konduktivitas Termal	(K)	= 395.56 W/mK

$$A_{\text{tembaga}} = \frac{\pi}{4} \times (0.04)^2$$

$$A_{\text{tembaga}} = 1.256 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$Q_{\text{tembaga}} = \frac{K_{\text{tembaga}} A_{\text{tembaga}} \Delta T_{\text{tembaga}}}{L_{\text{tembaga}}}$$

$$Q_{\text{tembaga}} = \frac{395.56 \text{ W/mK} \times 1.256 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \times (87.34 - 86.8) \text{ K}}{0.09 \text{ m}}$$

$$Q_{tembaga} = 2.98094 \text{ W}$$

- Menghitung Konduktivitas Termal Spesimen 1:

Diameter Spesimen	(d)	= 0.05 m
Jarak Antar Sensor	(L)	= 0.08 m
Temperature atas	(T3)	= 83.88 °C
Temperature bawah	(T4)	= 62.44 °C
Selisih Temperatur	(ΔT)	= 21.44 °C

$$A_{spesimen} = \frac{\pi}{4} \times (0.05)^2$$

$$A_{spesimen} = 1.9634 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$Q_{tembaga} = Q_{spesimen}$$

$$Q_{tembaga} = \frac{K_{spesimen} A_{spesimen} \Delta T_{spesimen}}{L_{spesimen}}$$

$$K_{spesimen} = \frac{Q_{tembaga} \times L_{spesimen}}{A_{spesimen} \times \Delta T_{spesimen}}$$

$$K_{spesimen} = \frac{2.98094 \text{ W} \times 0.008 \text{ m}}{1.9634 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \times 21.44 \text{ K}}$$

$$K_{spesimen} = 0.5675 \text{ W/mK}$$

Perbandingan suhu ruang

$$k_{spesimen \text{ } 26.85^\circ\text{C}} = \frac{k_{Styrofoam \text{ } 26.85^\circ\text{C}}}{k_{Styrofoam \text{ } 100^\circ\text{C}}} \times k_{spesimen \text{ } 100^\circ\text{C}}$$

$$k_{spesimen(1) \text{ } 26.85^\circ\text{C}} = \frac{0.0155}{0.0163} \times 0.5675 \text{ Watt/mK}$$

$$k_{spesimen(1) \text{ } 26.85^\circ\text{C}} = 0.5396 \text{ Watt/mK}$$

➤ Spesimen 2

- Menghitung Kalor Tembaga Pemanas :

Diameter Logam	(d)	= 0.04 m
Jarak Antar Sensor	(L)	= 0.09 m
Temperature atas	(T1)	= 79 °C
Temperature bawah	(T2)	= 78.56 °C
Selisih Temperatur	(ΔT)	= 0.44 °C
Konduktivitas Termal	(K)	= 395.56 W/mK

$$A_{tembaga} = \frac{\pi}{4} \times (0.04)^2$$

$$A_{tembaga} = 1.256 \times 10^{-3} m^3$$

$$Q_{tembaga} = \frac{K_{tembaga} A_{tembaga} \Delta T_{tembaga}}{L_{tembaga}}$$

$$Q_{tembaga} = \frac{395.56 \text{ W/mK} \times 1.256 \times 10^{-3} m^3 \times (79 - 78.56) K}{0.09 \text{ m}}$$

$$Q_{tembaga} = 2.4289 \text{ W}$$

- Menghitung Konduktivitas Termal Spesimen 2:

Diameter Spesimen (d) = 0.05 m

Jarak Antar Sensor (L) = 0.08 m

Temperature atas (T3) = 75.8 °C

Temperature bawah (T4) = 54.42 °C

Selisih Temperatur (ΔT) = 21.38 °C

$$A_{spesimen} = \frac{\pi}{4} \times (0.05)^2$$

$$A_{spesimen} = 1.9634 \times 10^{-3} m^3$$

$$Q_{tembaga} = \frac{Q_{spesimen}}{\frac{K_{spesimen} A_{spesimen} \Delta T_{spesimen}}{L_{spesimen}}}$$

$$K_{spesimen} = \frac{Q_{tembaga} \times L_{spesimen}}{A_{spesimen} \times \Delta T_{spesimen}}$$

$$K_{spesimen} = \frac{2.4289 \text{ W} \times 0.008 \text{ m}}{1.9634 \times 10^{-3} m^2 \times 21.38 \text{ K}}$$

$$K_{spesimen} = \mathbf{0.4643 \text{ W/mK}}$$

Perbandingan suhu ruang

$$k_{Spesimen \text{ } 26.85 \text{ } ^\circ\text{C}} = \frac{k_{Styrofoam \text{ } 26.85 \text{ } ^\circ\text{C}}}{k_{Styrofoam \text{ } 100 \text{ } ^\circ\text{C}}} \times k_{Spesimen \text{ } 100 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

$$k_{Spesimen(2) \text{ } 26.85 \text{ } ^\circ\text{C}} = \frac{0.0155}{0.0163} \times 0.4643 \text{ Watt/mK}$$

$$k_{Spesimen(2) \text{ } 26.85 \text{ } ^\circ\text{C}} = \mathbf{0.4415 \text{ Watt/mK}}$$

➤ Spesimen 3

- Menghitung Kalor Tembaga Pemanas :

Diameter Logam (d) = 0.04 m

Jarak Antar Sensor	(L)	= 0.09 m
Temperature atas	(T1)	= 80.98 °C
Temperature bawah	(T2)	= 80.38 °C
Selisih Temperatur	(ΔT)	= 0.60 °C
Konduktivitas Termal	(K)	= 395.56 W/mK

$$A_{\text{tembaga}} = \frac{\pi}{4} \times (0.04)^2$$

$$A_{\text{tembaga}} = 1.256 \times 10^{-3} \text{m}^2$$

$$Q_{\text{tembaga}} = \frac{K_{\text{tembaga}} A_{\text{tembaga}} \Delta T_{\text{tembaga}}}{L_{\text{tembaga}}}$$

$$Q_{\text{tembaga}} = \frac{395.56 \text{ W/mK} \times 1.256 \times 10^{-3} \text{m}^2 \times (80.98 - 80.38) \text{K}}{0.09 \text{ m}}$$

$$Q_{\text{tembaga}} = 3.3121 \text{ W}$$

- Menghitung Konduktivitas Termal Spesimen 3:

Diameter Spesimen	(d)	= 0.05 m
Jarak Antar Sensor	(L)	= 0.08 m
Temperature atas	(T3)	= 76.06 °C
Temperature bawah	(T4)	= 53.84 °C
Selisih Temperatur	(ΔT)	= 22.22 °C

$$A_{\text{spesimen}} = \frac{\pi}{4} \times (0.05)^2$$

$$A_{\text{spesimen}} = 1.9634 \times 10^{-3} \text{m}^2$$

$$Q_{\text{tembaga}} = \frac{K_{\text{spesimen}} A_{\text{spesimen}} \Delta T_{\text{spesimen}}}{L_{\text{spesimen}}}$$

$$K_{\text{spesimen}} = \frac{Q_{\text{tembaga}} \times L_{\text{spesimen}}}{A_{\text{spesimen}} \times \Delta T_{\text{spesimen}}}$$

$$K_{\text{spesimen}} = \frac{3.3121 \text{ W} \times 0.008 \text{ m}}{1.9634 \times 10^{-3} \text{m}^2 \times 22.22 \text{ K}}$$

$$K_{\text{spesimen}} = 0.6097 \text{ W/mK}$$

Perbandingan suhu ruang

$$k_{\text{spesimen } 26.85^\circ\text{C}} = \frac{k_{\text{Styrofoam } 26.85^\circ\text{C}}}{k_{\text{Styrofoam } 100^\circ\text{C}}} \times k_{\text{spesimen } 100^\circ\text{C}}$$

$$k_{\text{spesimen}(3) 26.85^\circ\text{C}} = \frac{0.0155}{0.0163} \times 0.6097 \text{ Watt/mK}$$

$$k_{\text{Spesimen}(3)} 26.85 \text{ } ^\circ\text{C} = \mathbf{0.5797 \text{ Watt/mK}}$$

➤ Spesimen 4

- Menghitung Kalor Tembaga Pemanas :

Diameter Logam	(d)	= 0.04 m
Jarak Antar Sensor	(L)	= 0.09 m
Temperature atas	(T1)	= 95.46 °C
Temperature bawah	(T2)	= 94.9 °C
Selisih Temperatur	(ΔT)	= 0.56 °C
Konduktivitas Termal	(K)	= 395.56 W/mK

$$A_{\text{tembaga}} = \frac{\pi}{4} \times (0.04)^2$$

$$A_{\text{tembaga}} = 1.256 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{tembaga}} = \frac{K_{\text{tembaga}} A_{\text{tembaga}} \Delta T_{\text{tembaga}}}{L_{\text{tembaga}}}$$

$$Q_{\text{tembaga}} = \frac{395.56 \text{ W/mK} \times 1.256 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \times (95.46 - 94.9) \text{ K}}{0.09 \text{ m}}$$

$$Q_{\text{tembaga}} = 3.091345 \text{ W}$$

- Menghitung Konduktivitas Termal Spesimen 4:

Diameter Spesimen	(d)	= 0.05 m
Jarak Antar Sensor	(L)	= 0.08 m
Temperature atas	(T3)	= 93.42 °C
Temperature bawah	(T4)	= 69.82 °C
Selisih Temperatur	(ΔT)	= 23.6 °C

$$A_{\text{spesimen}} = \frac{\pi}{4} \times (0.05)^2$$

$$A_{\text{spesimen}} = 1.9634 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{tembaga}} = Q_{\text{spesimen}}$$

$$Q_{\text{tembaga}} = \frac{K_{\text{spesimen}} A_{\text{spesimen}} \Delta T_{\text{spesimen}}}{L_{\text{spesimen}}}$$

$$K_{\text{spesimen}} = \frac{Q_{\text{tembaga}} \times L_{\text{spesimen}}}{A_{\text{spesimen}} \times \Delta T_{\text{spesimen}}}$$

$$K_{\text{spesimen}} = \frac{3.091345 \text{ W} \times 0.008 \text{ m}}{1.9634 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \times 23.6 \text{ K}}$$

$$K_{\text{spesimen}} = \mathbf{0.5342 \text{ W/mK}}$$

Perbandingan suhu ruang

$$k_{\text{Spesimen } 26.85^\circ\text{C}} = \frac{k_{\text{Styrofoam } 26.85^\circ\text{C}}}{k_{\text{Styrofoam } 100^\circ\text{C}}} \times k_{\text{Spesimen } 100^\circ\text{C}}$$

$$k_{\text{Spesimen(4) } 26.85^\circ\text{C}} = \frac{0.0155}{0.0163} \times 0.5342 \text{ Watt/mK}$$

$$k_{\text{Spesimen(4) } 26.85^\circ\text{C}} = \mathbf{0.5079 \text{ Watt/mK}}$$

➤ **Spesimen 5**- **Menghitung Kalor Tembaga Pemanas :**

Diameter Logam	(d)	= 0.04 m
Jarak Antar Sensor	(L)	= 0.09 m
Temperature atas	(T1)	= 82.66 °C
Temperature bawah	(T2)	= 82.14 °C
Selisih Temperatur	(ΔT)	= 0.52 °C
Konduktivitas Termal	(K)	= 395.56 W/mK

$$A_{\text{tembaga}} = \frac{\pi}{4} \times (0.04)^2$$

$$A_{\text{tembaga}} = 1.256 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{tembaga}} = \frac{K_{\text{tembaga}} A_{\text{tembaga}} \Delta T_{\text{tembaga}}}{L_{\text{tembaga}}}$$

$$Q_{\text{tembaga}} = \frac{395.56 \text{ W/mK} \times 1.256 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \times (82.66 - 82.14) \text{ K}}{0.09 \text{ m}}$$

$$Q_{\text{tembaga}} = 2.87053 \text{ W}$$

- **Menghitung Konduktivitas Termal Spesimen 5:**

Diameter Spesimen	(d)	= 0.05 m
Jarak Antar Sensor	(L)	= 0.08 m
Temperature atas	(T3)	= 80.04 °C
Temperature bawah	(T4)	= 56.98 °C
Selisih Temperatur	(ΔT)	= 23.06 °C

$$A_{\text{spesimen}} = \frac{\pi}{4} \times (0.05)^2$$

$$A_{\text{spesimen}} = 1.9634 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{tembaga}} = Q_{\text{spesimen}}$$

$$Q_{tembaga} = \frac{K_{spesimen} A_{spesimen} \Delta T_{spesimen}}{L_{spesimen}}$$

$$K_{spesimen} = \frac{Q_{tembaga} \times L_{spesimen}}{A_{spesimen} \times \Delta T_{spesimen}}$$

$$K_{spesimen} = \frac{2.87053 \text{ W} \times 0.008 \text{ m}}{1.9634 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \times 23.06 \text{ K}}$$

$$K_{spesimen} = \mathbf{0.5085 \text{ W/mK}}$$

Perbandingan suhu ruang

$$k_{Spesimen \ 26.85 \text{ }^\circ\text{C}} = \frac{k_{Styrofoam \ 26.85 \text{ }^\circ\text{C}}}{k_{Styrofoam \ 100 \text{ }^\circ\text{C}}} \times k_{Spesimen \ 100 \text{ }^\circ\text{C}}$$

$$k_{Spesimen(5) \ 26.85 \text{ }^\circ\text{C}} = \frac{0.0155}{0.0163} \times 0.5085 \text{ Watt/mK}$$

$$k_{Spesimen(5) \ 26.85 \text{ }^\circ\text{C}} = \mathbf{0.4835 \text{ Watt/mK}}$$

➤ Spesimen 6

- Menghitung Kalor Tembaga Pemanas :

Diameter Logam	(d)	= 0.04 m
Jarak Antar Sensor	(L)	= 0.09 m
Temperature atas	(T1)	= 96.42 °C
Temperature bawah	(T2)	= 95.7 °C
Selisih Temperatur	(ΔT)	= 0.72 °C
Konduktivitas Termal	(K)	= 395.56 W/mK

$$A_{tembaga} = \frac{\pi}{4} \times (0.04)^2$$

$$A_{tembaga} = 1.256 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$Q_{tembaga} = \frac{K_{tembaga} A_{tembaga} \Delta T_{tembaga}}{L_{tembaga}}$$

$$Q_{tembaga} = \frac{395.56 \text{ W/mK} \times 1.256 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \times (96.42 - 95.7) \text{ K}}{0.09 \text{ m}}$$

$$Q_{tembaga} = 3.97458 \text{ W}$$

- Menghitung Konduktivitas Termal Spesimen 1:

Diameter Spesimen	(d)	= 0.05 m
Jarak Antar Sensor	(L)	= 0.08 m
Temperature atas	(T3)	= 90.48 °C
Temperature bawah	(T4)	= 65.72 °C

Selisih Temperatur (ΔT) = 24.76 °C

$$A_{\text{spesimen}} = \frac{\pi}{4} \times (0.05)^2$$

$$A_{\text{spesimen}} = 1.9634 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$Q_{\text{tembaga}} = Q_{\text{spesimen}}$$

$$Q_{\text{tembaga}} = \frac{K_{\text{spesimen}} A_{\text{spesimen}} \Delta T_{\text{spesimen}}}{L_{\text{spesimen}}}$$

$$K_{\text{spesimen}} = \frac{Q_{\text{tembaga}} \times L_{\text{spesimen}}}{A_{\text{spesimen}} \times \Delta T_{\text{spesimen}}}$$

$$K_{\text{spesimen}} = \frac{3.97458 \text{ W} \times 0.008 \text{ m}}{1.9634 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \times 24.76 \text{ K}}$$

$$K_{\text{spesimen}} = \mathbf{0.6544 \text{ W/mK}}$$

Perbandingan suhu ruang

$$k_{\text{spesimen } 26.85^\circ\text{C}} = \frac{k_{\text{Styrofoam } 26.85^\circ\text{C}}}{k_{\text{Styrofoam } 100^\circ\text{C}}} \times k_{\text{spesimen } 100^\circ\text{C}}$$

$$k_{\text{spesimen(6) } 26.85^\circ\text{C}} = \frac{0.0155}{0.0163} \times 0.6544 \text{ Watt/mK}$$

$$k_{\text{spesimen(6) } 26.85^\circ\text{C}} = \mathbf{0.6222 \text{ Watt/mK}}$$

c. Penilaian Serat Komposit

➤ Spesimen 1

Konduktivitas Termal	Massa Jenis	Kemudahan
$nilai = \frac{skor}{6}$	$nilai = \frac{skor}{6}$	$nilai = \frac{skor}{6}$
$nilai = \frac{3}{6}$	$nilai = \frac{6}{6}$	$nilai = \frac{5}{6}$
$nilai = 0.5$	$nilai = 1$	$nilai = 0.83$
Nilai Persentase		
$nilai (\%) = 50\% \times nilai$	$nilai (\%) = 30\% \times nilai$	$nilai (\%) = 20\% \times nilai$
$nilai (\%) = 50\% \times 0.5$	$nilai (\%) = 30\% \times 1$	$nilai (\%) = 20\% \times 0.83$

= 0.25	= 0.3	= 0.166
Total	= (0.25 + 0.3 + 0.166) x 100%	
	= 71.6 %	

➤ Spesimen 2

Konduktivitas Termal	Massa Jenis	Kemudahan
$nilai = \frac{skor}{6}$	$nilai = \frac{skor}{6}$	$nilai = \frac{skor}{6}$
$nilai = \frac{6}{6}$	$nilai = \frac{5}{6}$	$nilai = \frac{6}{6}$
$nilai = 1$	$nilai = 0.833$	$nilai = 0.83$
Nilai Persentase		
$nilai (\%) = 50\% \times nilai$	$nilai (\%) = 30\% \times nilai$	$nilai (\%) = 20\% \times nilai$
$nilai (\%) = 50\% \times 1$	$nilai (\%) = 30\% \times 0.833$	$nilai (\%) = 20\% \times 1$
= 0.5	= 0.249	= 0.2
Total	= (0.5 + 0.249 + 0.2) x 100%	
	= 94.9 %	

➤ Spesimen 3

Konduktivitas Termal	Massa Jenis	Kemudahan
$nilai = \frac{skor}{6}$	$nilai = \frac{skor}{6}$	$nilai = \frac{skor}{6}$
$nilai = \frac{2}{6}$	$nilai = \frac{5}{6}$	$nilai = \frac{4}{6}$
$nilai = 0.333$	$nilai = 0.833$	$nilai = 0.66$
Nilai Persentase		
$nilai (\%) = 50\% \times nilai$	$nilai (\%) = 30\% \times nilai$	$nilai (\%) = 20\% \times nilai$
$nilai (\%) = 50\% \times 0.33$	$nilai (\%) = 30\% \times 0.833$	$nilai (\%) = 20\% \times 0.66$
= 0.165	= 0.249	= 0.134
Total	= (0.165 + 0.249 + 0.134) x 100%	
	= 54.8 %	

➤ Spesimen 4

Konduktivitas Termal	Massa Jenis	Kemudahan
$nilai = \frac{skor}{6}$	$nilai = \frac{skor}{6}$	$nilai = \frac{skor}{6}$
$nilai = \frac{4}{6}$	$nilai = \frac{4}{6}$	$nilai = \frac{2}{6}$
$nilai = 0.66$	$nilai = 0.66$	$nilai = 0.33$
Nilai Persentase		
$nilai (\%) = 50\% \times nilai$	$nilai (\%) = 30\% \times nilai$	$nilai (\%) = 20\% \times nilai$
$nilai (\%) = 50\% \times 0.66$	$nilai (\%) = 30\% \times 0.66$	$nilai (\%) = 20\% \times 0.33$
$= 0.335$	$= 0.201$	$= 0.066$
Total	$= (0.335 + 0.201 + 0.066) \times 100\%$	
	$= 60.2 \%$	

➤ Spesimen 5

Konduktivitas Termal	Massa Jenis	Kemudahan
$nilai = \frac{skor}{6}$	$nilai = \frac{skor}{6}$	$nilai = \frac{skor}{6}$
$nilai = \frac{5}{6}$	$nilai = \frac{4}{6}$	$nilai = \frac{3}{6}$
$nilai = 0.833$	$nilai = 0.66$	$nilai = 0.5$
Nilai Persentase		
$nilai (\%) = 50\% \times nilai$	$nilai (\%) = 30\% \times nilai$	$nilai (\%) = 20\% \times nilai$
$nilai (\%) = 50\% \times 0.833$	$nilai (\%) = 30\% \times 0.66$	$nilai (\%) = 20\% \times 0.5$
$= 0.415$	$= 0.201$	$= 0.1$
Total	$= (0.415 + 0.201 + 0.1) \times 100\%$	
	$= 71.6 \%$	

➤ Spesimen 6

Konduktivitas Termal	Massa Jenis	Kemudahan
----------------------	-------------	-----------

$nilai = \frac{skor}{6}$	$nilai = \frac{skor}{6}$	$nilai = \frac{skor}{6}$
$nilai = \frac{1}{6}$	$nilai = \frac{3}{6}$	$nilai = \frac{1}{6}$
$nilai = 0.166$	$nilai = 0.5$	$nilai = 0.166$
Nilai Persentase		
$nilai (\%) = 50\% \times nilai$	$nilai (\%) = 30\% \times nilai$	$nilai (\%) = 20\% \times nilai$
$nilai (\%) = 50\% \times 0.166$	$nilai (\%) = 30\% \times 0.5$	$nilai (\%) = 20\% \times 0.166$
$= 0.0835$	$= 0.15$	$= 0.0334$
Total	$= (0.0835 + 0.15 + 0.0334) \times 100\%$ $= 26.7 \%$	

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LAMPIRAN

Data Hasil Pengujian Coolbox

Pengambilan Data ke-	Coolbox Styrofoam			T4 Lingkungan	Coolbox Serat Ijuk + Sabut Kelapa		
	T1	T2	T3		T1	T2	T3
1	0.1	3.4	20.2	28.4	0.5	7.1	23.5
2	0.1	1.8	18.7	28.1	1.3	3.6	20.5
3	0.2	2.1	18.5	28.1	1.4	2	19.8
4	0.3	2.6	18.4	27.8	1.2	1.2	19.5
5	0.4	2.9	18.2	27.8	1.1	0.9	19.3
6	0.6	3.1	18.2	27.4	1	0.7	19.2
7	0.9	3.3	18.1	27.3	0.9	0.8	19
8	1.3	3.4	18.2	27.4	0.9	1.2	19
9	1.8	3.6	18.2	27.3	1.1	1.5	19
10	1.9	3.9	18.2	26.8	1.3	2	18.9
11	2.2	4.2	18.2	26.6	1.7	2.4	18.9
12	2.1	4.4	18.2	26.4	2.1	3	18.9
13	2.6	4.6	18.3	26.3	2.6	3.6	19
14	3.1	4.9	18.3	26.2	3	4.3	19
15	3.5	5.3	18.3	26.1	3.6	5	19.2
16	4.1	5.6	18.4	26	4	5.8	19.3
17	4.4	6	18.5	25.8	4.6	6.6	19.5
18	4.9	6.5	18.7	25.1	5.5	7.6	19.6
19	5.1	6.8	18.6	25.4	6.5	8.4	19.8
20	5.5	7.2	18.7	25.4	7.4	9.1	19.9
21	5.8	7.5	18.7	25.4	8	9.7	20
22	6.1	7.8	19.1	25.7	8.7	10.4	20.4
23	6.5	8.3	19.5	26.4	9.5	11.1	20.8
24	7	8.8	20.2	26.8	10	11.8	21.5
25	7.7	9.6	20.9	27.4	10.5	12.7	22.3
26	8.7	10.5	21.7	28	10.9	13.3	22.9
27	9.5	11.3	22.3	28.3	12.1	13.8	23.4
28	11.5	13.2	23.9	29.4	14	15.1	24.6
29	13.2	14.1	25.1	29.7	15.2	16.1	25.5
30	14.7	16.2	25.9	29.7	16.2	16.9	25.9
31	16	17.3	26.5	29.6	17	17.6	26.3

32	17.9	19	27.1	29.9	18.1	18.5	26.8
33	19.6	20.6	27.8	30.4	19.1	19.4	27.2
34	21.1	21.9	28.5	30.5	20	20.3	27.6
35	22.2	23	28.9	30.7	20.9	21	27.9
36	23.4	24	29.3	30.8	21.6	21.7	28.3
37	24.1	24.8	29.5	30.9	22.3	22.4	28.4
38	25	25.5	29.8	31	22.9	23	28.7
39	25.7	26	30	30.8	23.5	23.6	28.8
40	26.2	26.6	30.1	30.4	24.1	24	28.9
41	26.6	26.8	30	30.2	24.5	24.4	29
42	27	27.1	29.9	30.1	25	24.9	29
43	27.3	27.4	29.8	30.1	25.4	25.3	29
44	27.4	27.5	29.7	30.1	25.7	25.5	28.9
45	27.5	27.7	29.5	30.1	26	25.8	28.8
46	27.6	27.8	29.5	30.1	26.2	25.9	28.6
47	27.9	27.8	29.3	30.1	26.4	26	28.6
48	28	28.1	29.2	30.1	26.5	26.2	28.5



BIODATA PENULIS

Penulis bernama Muhammad Azis Husein, merupakan putra nomor 2 dari 3 bersaudara. Ayah dari penulis bernama Budiyono dan Ibu dari penulis bernama Uswatun Hasanah. Lahir pada tanggal 22 Maret 1996, di Kota Bekasi, Jawa Barat. Penulis telah menyelesaikan jenjang pendidikan formal dasar di SD Negeri Kaliabang Tengah III Kota Bekasi, jenjang menengah pertama di SMP Negeri 193 DKI Jakarta, jenjang menengah atas di SMA Negeri 12 DKI Jakarta, dan melanjutkan pendidikan tinggi di Departemen Teknik Sistem Perkapalan Program Reguler, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Surabaya di bidang *Marine Machinery System* (MMS). Penulis pernah menjalankan *on job training* di beberapa perusahaan yaitu PT. Adiluhung Sarana Segara Indonesia, Bangkalan, Madura, Jawa Timur dan PT. TRAKINDO UTAMA-SURABAYA Rungkut, Surabaya. Selain aktivitas akademik, penulis berpengalaman dan aktif tergabung dalam beberapa aktivitas organisasi dan unit kegiatan mahasiswa. Penulis pernah bergabung dan aktif berorganisasi dalam Lembaga Dakwah Kampus JMMI dan mengetuai Lembaga Dakwah Jurusan Al-Mi'raj. Aktif dalam *student volunteer* di ITS International Office, Marine Icon 20015, 2016, dan 2017 HIMASISKAL ITS. Selain itu, penulis aktif dalam mengikuti kegiatan pengembangan *softskills* seperti Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa Pra Tingkat Dasar dan Tingkat Dasar, Finalis Nescafe Kickstart , dan beberapa kegiatan lainnya. Penulis dapat dihubungi melalui azis.husein@gmail.com.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”