



**TUGAS AKHIR – ME141501**

**DESAIN KOTAK PENDINGIN PADA KAPAL NELAYAN  
TRADISIONAL MENGGUNAKAN INSULASI CAMPURAN SERBUK  
GERGAJI KAYU SENGON (*PARASERIANTHES FALCATARIA* (L.)  
NIELSEN) DAN JERAMI**

Puteri Ladikha Sihombing  
NRP 04211440000115

**Dosen Pembimbing**  
Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.  
Ede Mehta Wardhana ST., MT.

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



TUGAS AKHIR - ME 141501

**DESAIN KOTAK PENDINGIN PADA KAPAL NELAYAN  
TRADISIONAL MENGGUNAKAN INSULASI CAMPURAN SERBUK  
GERGAJI KAYU SENGON (*PARASERIANTHES FALCATARIA* (L.)  
NIELSEN) DAN JERAMI**

Puteri Ladikha Sihombing  
NRP 04211440000115

Dosen Pembimbing  
Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.  
Ede Mehta Wardhana ST., MT.

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



BACHELOR THESIS - ME 141501

**COOLBOX DESIGN FOR TRADITIONAL FISHING VESSEL USING  
SENGON WOOD (*PARASERIANTHES FALCATARIA* (L.) NIELSEN)  
SAWDUST AND RICE STRAW INSULATION**

Puteri Ladikha Sihombing  
NRP 04211440000115

Supervisor  
Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.  
Ede Mehta Wardhana ST., MT.

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

## LEMBAR PENGESAHAN

### DESAIN KOTAK PENDINGIN PADA KAPAL NELAYAN TRADISIONAL MENGGUNAKAN INSULASI CAMPURAN SERBUK GERGAJI KAYU SENGON (*PARASERIANTHES FALCATARIA (L.) NIELSEN*) DAN JERAMI

### TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi *Marine, Machinery And System*  
Departemen Teknik Sitem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**PUTERI LADIKHA SIHOMBING**  
NRP. 04211440000115

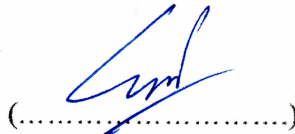
Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir

1. **Ir. Alam Baheramasyah, M.Sc.**  
NIP. 1968 0129 1992 03 1001



(.....)

2. **Ede Mehta Wardhana ST., MT.**  
NIP. 1992 2017 11048



(.....)

**SURABAYA**

**JULI, 2018**

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

## LEMBAR PENGESAHAN

# DESAIN KOTAK PENDINGIN PADA KAPAL NELAYAN TRADISIONAL MENGGUNAKAN INSULASI CAMPURAN SERBUK GERGAJI KAYU SENGON (*PARASERIANTHES FALCATARIA (L.) NIELSEN*) DAN JERAMI

## TUGAS AKHIR

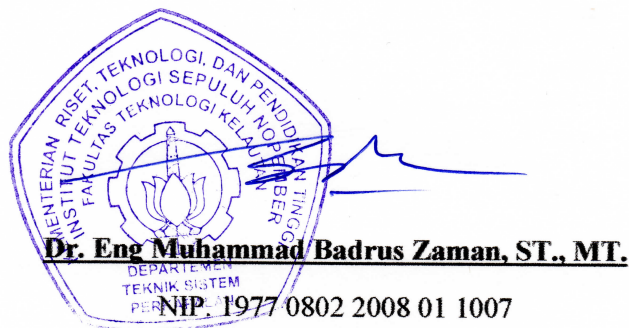
Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi *Marine, Machinery And System*  
Departemen Teknik Sitem Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**PUTERI LADIKHA SIHOMBING**  
NRP. 04211440000115

Disetujui Oleh

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



**SURABAYA**

**JULI,2018**

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

**DESAIN KOTAK PENDINGIN PADA KAPAL NELAYAN  
TRADISIONAL MENGGUNAKAN INSULASI CAMPURAN  
SERBUK GERGAJI KAYU SENGON (*PARASERIANTHES  
FALCATARIA (L.) NIELSEN*) DAN JERAMI**

**Nama** : Puteri Ladikha Sihombing  
**NRP** : 04211440000115  
**Departemen** : Teknik Sistem Perkapalan  
**Dosen Pembimbing 1** : Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.  
**Dosen Pembimbing 2** : Ede Mehta Wardhana ST., MT.

**ABSTRAK**

Semakin meningkatnya produksi ikan tangkap Indonesia maka semakin meningkat pula penggunaan *coolbox* untuk menjaga kesegaran ikan. Upaya yang dilakukan hingga saat ini adalah dengan menggunakan *coolbox* berbahan styrofoam yang tidak ramah lingkungan. Oleh karena itu perlu dibuat *coolbox* dengan bahan ramah lingkungan dan juga efektif megawetkan ikan. Pada penelitian ini dilakukan modifikasi cool box dengan insulasi berbahan dasar campuran serbuk gergaji kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria (L.) Nielsen*) dan jerami. Dengan menggunakan limbah gergajian kayu sengon dan potongan jerami yang telah dikeringkan serta dilakukan percobaan mengenai komposisi yang tepat untuk pembuatan insulasi, maka dihasilkan berbagai macam variasi insulasi dengan 2 perekat yang berbeda yaitu PVAc dan polyurethane. Hasil pengujian massa jenis dan konduktivitas termal, juga meninjau dari segi kemudahan dalam pembuatan terhadap berbagai macam variasi insulasi menunjukkan bahwa insulasi dengan kandungan 66% serbuk gergaji kayu sengon; 28% jerami; dan 6% perekat polyurethane merupakan insulasi terbaik yang akan digunakan dalam *coolbox*, yaitu dengan konduktivitas termal 0,54 W/mK dan massa jenis 0,38 gr/cm<sup>3</sup>. Percobaan terhadap *coolbox* dilakukan selama 24 jam dengan pengambilan data sebanyak 48 kali. Digunakan cacahan es dengan massa 2,0 kilogram dan ikan tongkol dengan massa 400 gram. Hasil percobaan menunjukkan temperatur minimum yang dapat dicapai *coolbox* adalah -0,1°C di bawah permukaan es basah Pada badan ikan, suhu terendah yang dapat dicapai adalah 3,2 °C. Sedangkan pada ruang *coolbox*, suhu terendah adalah 19,4 °C. Hasil juga menunjukkan *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami mampu mengawetkan ikan selama 15 jam , dengan perbandingan berat antara ikan dengan es basah sebesar 1:5.

**Kata Kunci** : Coolbox, Insulasi, Kayu Sengon, Jerami, dan Konduktivitas Termal



*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

# **COOLBOX DESIGN FOR TRADITIONAL FISHING VESSEL USING SENGON WOOD (*PARASERIANTHES FALCATARIA* (L.) NIELSEN) SAWDUST AND RICE STRAW INSULATION**

**Student Name** : Puteri Ladikha Sihombing  
**NRP** : 04211440000115  
**Department** : Marine Engineering  
**Supervisor 1** : Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.  
**Supervisor 2** : Ede Mehta Wardhana ST., MT.

## **ABSTRACT**

Increased production of Indonesia catch fish accompanied by increased coolbox using to maintain freshness of fish. The efforts to maintain freshness of fish during this time is use a coolbox made from styrofoam which is not environmental friendly. Therefore, it is need to make cool box with environment friendly material and also effective for fish preservation . In this research, coolbox is modified with insulation based on Sengon wood sawdust (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) and rice straw. Using the sawdust of sengon wood and dried straw pieces , experiments conducted to get the best composition of insulation, insulation varied with 2 different adhesives, PVAc and polyurethane .The results of the density test and thermal conductivity test, also in terms of preparation of various insulation variations, show that insulation with 66% sawdust of sengon wood; 28% straw; and 6% polyurethane adhesive is the best insulation to be used in coolbox, with thermal conductivity of 0.54 W / mK and density of 0.38 gr / cm<sup>3</sup>. The experiment in coolbox is done for 24 hours with 48 times data retrieval. Used ice cubes with a mass of 2,0 kilograms and a tuna fish with mass of 400 grams. The experimental results show the minimum temperature that can be achieved coolbox is -0.1 ° C below the surface of ice .In fish body, the lowest temperature that can be achieved is 3, 2 ° C. While in the coolbox room, the lowest temperature is 19.4 ° C. The results also show coolbox with sengon sawdust and rice straw insulation able to preserving fish for 15 hours, with weight ratio between fish and ice is 1: 5.

**Keyword** : Coolbox, Insulation, Sengon Wood, Rice Straw, Thermal Conductivity

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

## KATA PENGANTAR

Puji Tuhan penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Kuasa yang telah memberikan berkat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan pengerjaan tugas akhir dengan baik. Tidak lupa penulis ucapkan syukur kepada Tuhan Yesus Kristus yang telah memberikan penulis kekuatan dalam melewati segala rangkaian pengerjaan tugas akhir ini. Penyusunan tugas akhir ini bertujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Selama proses penulisan dan penyelesaian tugas akhir ini, penulis banyak memperoleh bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tanpa bantuan dan dorongan dari pihak lain rasanya sulit bagi penulis untuk menyelesaikannya. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Papa, Mama, Adik Ivanna, dan Adik Etha yang selalu memberi dukungan, motivasi, dan saran membangun dalam melewati masa perkuliahan.
2. Bapak Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc. selaku dosen pembimbing 1 yang selalu memberi bimbingan, nasihat, dan motivasi dalam pengerjaan tugas akhir ini.
3. Bapak Ede Mehta Wardhana ST., MT. selaku dosen pembimbing 2 yang selalu memberi arahan dan motivasi dalam pengerjaan tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Eng Muhammad Badrus Zaman, ST., MT. selaku kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan
5. Bapak Ir. Agoes Santoso, M.Sc. selaku kepala Laboratorium Mesin Fluida dan Sistem yang telah memberikan tempat dalam pengerjaan tugas akhir.
6. Staff Tata Usaha Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang telah membantu dalam mempermudah perizinan untuk tugas akhir ini.
7. Rekan-rekan *Coolbox*, Yuniar, Iqbal, Azis, dan Denny yang telah memberi banyak bantuan dan menjadi tempat berbagi dalam pengerjaan tugas akhir ini.
8. Rekan-Rekan MMS yang selalu menjadi penghibur dan pendukung dalam pengerjaan tugas akhir
9. Mercusuar 14 yang selalu memberi masukan dan dukungan selama masa perkuliahan serta pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang bersifat membangun sangat di harapkan demi kesempurnaan tugas akhir ini. akhirnya penulis berharap semoga apa yang telah penulis selesaikan ini bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, 16 Juli 2018

Penulis

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK .....	v
ABSTRACT .....	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvii
DAFTAR GRAFIK .....	xix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
I.1    Latar Belakang Masalah.....	1
I.2    Rumusan Permasalahan.....	2
I.3    Batasan Masalah.....	2
I.4    Tujuan .....	2
I.5    Manfaat .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
II.1.  Kotak Pendingin ( <i>Cool Box</i> ).....	6
II.2.  Teknologi Insulasi.....	7
II.3.  Perpindahan Kalor.....	7
II.3.1  Perpindahan Kalor Konduksi .....	7
II.3.2  Perpindahan Kalor Konveksi .....	9
II.3.3  Perpindahan Kalor Radiasi .....	10
II.4.  Konduktivitas Termal.....	10
II.5.  ASTME E 1225.....	11
II.6.  Kayu Sengon ( <i>Paraserianthes falcataria</i> (L.) Nielsen) .....	12
II.6.1  Karakteristik Tanaman Sengon ( <i>Paraserianthes falcataria</i> (L.) Nielsen) .....	12
II.6.2  Konduktivitas Termal Kayu Sengon( <i>Paraserianthes falcataria</i> (L.) Nielsen) .....	13

II.7. Jerami.....	16
II.8. Polivinil Asetat (PVAc).....	18
II.9. Polyurethane .....	19
II.10. Hasil Penelitian Sebelumnya .....	20
<b>BAB III METODOLOGI.....</b>	<b>23</b>
III.1. Metode yang Digunakan.....	23
III.2. Identifikasi dan Perumusan Masalah .....	24
III.3. Studi Literatur.....	24
III.4. Pembuatan Spesimen.....	24
III.4.1 Pembuatan Spesimen Untuk Pengujian Massa Jenis.....	26
III.4.2 Pembuatan Spesimen Untuk Pengujian Konduktivitas Termal.....	27
III.5. Pengujian Spesimen.....	29
III.5.1 Pengujian Massa Jenis Spesimen .....	29
III.5.2 Pengujian Konduktivitas Termal Spesimen .....	30
III.6. Perancangan Alat.....	35
III.6.1. Pemilihan Spesimen .....	35
III.6.2. Pembuatan <i>Coolbox</i> .....	36
III.7. Percobaan.....	38
III.8. Analisa Data .....	39
<b>BAB IV.....</b>	<b>41</b>
<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>41</b>
IV.1. Hasil dan Pembahasan Pembuatan Spesimen.....	41
IV.1.1. Hasil dan Pembahasan Spesimen Untuk Pengujian Massa Jenis .....	41
IV.1.2. Hasil dan Pembahasan Pembuatan Spesimen Untuk Pengujian Konduktivitas Termal .....	47
IV.2. Hasil Pengujian Spesimen .....	52
IV.2.1 Hasil Pengujian Massa Jenis Spesimen.....	52
IV.2.2 Hasil Pengujian Konduktivitas Termal Spesimen .....	54
IV.3. Hasil Pembuatan <i>Coolbox</i> .....	65
IV.4. Hasil Percobaan .....	66

IV.5. Analisa Hasil Percobaan.....	68
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	74
V.1. Kesimpulan .....	75
V.2. Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA.....	77
LAMPIRAN .....	79
BIODATA PENULIS.....	85



*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kotak Pendingin .....	6
Gambar 2. 2 Perpindahan Kalor Konduksi.....	8
Gambar 2. 3. Skematik dari Sistem Aliran Panas pada Pengujian Konduktivitas Termal.....	12
Gambar 2. 4 Pohon Sengon.....	13
Gambar 2. 5 Konduktivitas Termal Berbagai Jenis Kayu pada Kadar Air yang Berbeda.....	14
Gambar 2. 6 Konduktivitas Ternal Berbagai Jenis Kayu pada Kondisi Ketebalan yang Berbeda.....	15
Gambar 2. 7 Jerami .....	17
Gambar 2. 8 Konduktivitas Termal Papan Partikel Jerami pada Kondisi Massa Jenis yang Berbeda.....	17
Gambar 2. 9. Perekat berbahan dasar polyvinyl acetate (PVAc) .....	18
Gambar 2. 10. Proses Ekspansi Polyurethane .....	20
Gambar 3. 1. Serbuk kayu sengon yang telah disaring .....	25
Gambar 3. 2. Potongan jerami.....	25
Gambar 3. 3. Cetakan untuk membuat spesimen pengujian massa jenis .....	26
Gambar 3. 4. Standar ukuran spesimen untuk pengujian konduktivitas temal di Laboraturium Perpindahan Panas dan Massa , Teknik Mesin, ITS....	27
Gambar 3. 5. Cetakan untuk membuat spesimen pengujian konduktivita termal	28
Gambar 3. 6. Spesimen berukuran 5 cm × 5 cm × 2 cm .....	30
Gambar 3. 7. Timbangan Analog .....	30
Gambar 3. 8. Cekungan pada Permukaan Atas Spesimen.....	31
Gambar 3. 9. Lubang pada Badan Spesimen untuk Meletakkan Thermocouple..	31
Gambar 3. 10. Skema Rangkaian Peralatan Uji Konduksi.....	32
Gambar 3. 11. Peletakkan Thermocouple .....	33
Gambar 3. 12. Isolator yang Telah Dirapatkan .....	33
Gambar 3. 13. Logam Pengantar Disambungkan pada Rangkaian .....	34
Gambar 3. 14. Tegangan Voltase Bernilai 220 V .....	34
Gambar 3. 15. Setpoint Adjuster Bernilai 100 °C .....	35
Gambar 3. 16. Potongan Tampak Atas Coolbox .....	37
Gambar 3. 17. Ilustrasi Potongan Membujur Coolbox.....	37
Gambar 3. 18. Lapisan pada Dinding Coolbox .....	38
Gambar 3. 19. Peletakan Titik Pengamatan pada Coolbox .....	39
Gambar 4. 1. Spesimen untuk pengujian massa jenis .....	41
Gambar 4. 2. Spesimen 1 untuk pengujian massa jenis (70% serbuk kayu dan 30% jerami dengan perekat PVAc) .....	43

Gambar 4. 3. Spesimen 2 untuk pengujian massa jenis (50% serbuk kayu dan 50% jerami dengan perekat PVAc).....	44
Gambar 4. 4. Spesimen 3 untuk pengujian massa jenis (30% serbuk kayu dan 70% jerami dengan perekat PVAc).....	44
Gambar 4. 5. Spesimen 4 untuk pengujian massa jenis (70% serbuk kayu dan 30% jerami dengan perekat polyuerthane).....	45
Gambar 4. 6. Spesimen 5 untuk pengujian massa jenis (50% serbuk kayu dan 50% jerami dengan perekat polyuerthane).....	46
Gambar 4. 7. Spesimen 4 untuk pengujian massa jenis (30% serbuk kayu dan 70% jerami dengan perekat polyuerthane).....	46
Gambar 4. 8. Spesimen untuk pengujian konduktivitas termal .....	47
Gambar 4. 9. Spesimen 1 untuk pengujian konduktivitas termal (70% serbuk kayu dan 30% jerami dengan perekat PVAc).....	49
Gambar 4. 10. Spesimen 2 untuk pengujian konduktivitas termal (50% serbuk kayu dan 50% jerami dengan perekat PVAc).....	49
Gambar 4. 11. Spesimen 3 untuk pengujian konduktivitas termal (30% serbuk kayu dan 70% jerami dengan perekat PVAc).....	50
Gambar 4. 12. Spesimen 4 untuk pengujian konduktivitas termal (70% serbuk kayu dan 30% jerami dengan perekat polyurethane).....	51
Gambar 4. 13. Spesimen 5 untuk pengujian konduktivitas termal (50% serbuk kayu dan 50% jerami dengan perekat polyurethane).....	51
Gambar 4. 14. Spesimen 6 untuk pengujian konduktivitas termal (30% serbuk kayu dan 70% jerami dengan perekat polyurethane).....	52
Gambar 4. 15. Karakteristik Termal Logam Padat .....	57
Gambar 4. 16. Hasil Pembuatan Coolbox.....	65
Gambar 4. 17. Kondisi di dalam coolbox setelah 24 jam pengamatan .....	68

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Daftar Konduktifitas Termal Berbagai Jenis Bahan.....	11
Tabel 2. 2 Konduktivitas Termal Kayu Sengon .....	16
Tabel 2. 3 Karakteristik PVAc .....	19
Tabel 3. 1 Peringkat Spesimen Pada Berbagai Parameter.....	36
Tabel 3. 2. Hasil Pehitungan Nilai Spesimen .....	36
Tabel 4. 1. Hasil pengujian massa jenis spesimen.....	53
Tabel 4. 2. Hasil Percobaan Perpindahan Panas pada Spesimen.....	54
Tabel 4. 3. Hasil Perhitungan Temperatur Rata-Rata Tembaga.....	56
Tabel 4. 4. Hasil Perhitungan Konduktivitas Termal Tembaga .....	58
Tabel 4. 5. Hasil Perhitungan Jumlah Kalor yang Masuk .....	60
Tabel 4. 6. Hasil Perhitungan Konduktivitas Termal Spesimen.....	62
Tabel 4. 7 Karakteristik Fisik Dari Coolbox Dengan Insulasi .....	65
Tabel 4. 8. Data Hasil Percobaan .....	66

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

## DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1. Massa Jenis Spesimen Berbahan Dasar Serbuk Kayu Sengon dan Jerami .....	54
Grafik 4. 2. Konduktivitas Termal Spesimen Berbahan Dasar Serbuk Kayu Sengon dan Jerami .....	64
Grafik 4. 3. Perubahan Temperatur Es di Dalam Coolbox.....	70
Grafik 4. 4. Perubahan Temperatur Ikan di Dalam Coolbox.....	71
Grafik 4. 5. Perubahan Temperatur Ruang Coolbox.....	72

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang Masalah

Perlu diketahui bahwa hasil produksi ikan tangkap Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya. Menurut data dari Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia, perikanan tangkap Indonesia yang semula sebesar 9,93 juta ton pada tahun 2015 dan meningkat menjadi 12,5 juta ton pada tahun 2016. (Mochtar, 2017). Diprediksi jumlah tersebut akan terus mengalami peningkatan pada tahun-tahun selanjutnya. Seiring dengan peningkatan jumlah produksi ikan ini, pemerintah melakukan kampanye makan ikan di seluruh Nusantara. Kampanye ini mulai menunjukkan capaian keberhasilan. Pada tahun 2014 data konsumsi ikan nasional jumlahnya 38,14 kilogram per kapita. Dan pada tahun 2016 angka tersebut mencapai 43,94 kilogram per kapita. Kenaikan sekitar 5,8 kilogram ini apabila dikalikan 250 juta rakyat Indonesia, maka bisa disimpulkan adanya kenaikan sekitar 1,5 juta ton dalam dua tahun tersebut.

Semakin tingginya pengetahuan masyarakat akan teknologi informasi, maka masyarakat akan semakin selektif terhadap kualitas barang yang akan dibeli. Maka nelayan atau pemasok ikan harus lebih cermat dalam menyajikan kualitas ikan yang baik untuk konsumen. Upaya yang dilakukan hingga saat ini adalah menyimpan ikan dalam *cool box* berbahan *styrofoam* atau gabus. *Styrofoam* atau gabus ini merupakan bahan yang berbahaya bagi lingkungan dan juga bagi kesehatan. Selain mengandung benzena yang bisa memicu kanker, *styrofoam* juga mengandung mikroplastik yang dapat dimakan ikan dan kemudian ikan tersebut dimakan manusia dan masih banyak permasalahan lain yang ditimbulkan. Tentu, penggunaan *styrofoam* harus direduksi. Oleh karena itu perlu dibuat *cool box* dengan bahan ramah lingkungan dan juga efektif megawetkan ikan.

Pada penelitian ini akan dilakukan modifikasi *cool box* dengan insulasi berbahan dasar campuran serbuk gergaji kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) dan jerami. Kayu Sengon merupakan Karakteristik yang dimiliki kayu sengon dianggap sangat cocok untuk kebutuhan industri saat ini. Dibandingkan jenis kayu lain, pohon Sengon memiliki masa tebang relatif cepat, budi daya yang mudah, dan dapat tumbuh diberbagai jenis tanah. Selain itu kayu Sengon memang sudah sering dipakai untuk panel akustik dan lantai karena memang diketahui memiliki sifat isolator yang baik. Sedangkan untuk jerami, masih jarang diketahui bahwa jerami dapat menjaga suhu dengan baik. Namun suku Sasak di Lombok Tengah telah menggunakan jerami sebagai atap dan abu jerami sebagai pelapis lantai secara turun-temurun. Dengan cuaca panas di daerah Lombok Tengah, keadaan di dalam rumah tradisional suku Sasak akan terjaga temperaturnya. Dengan adanya insulasi *cool box* berbahan baku kayu Sengon (*Paraserianthes*



*falcataria* (L.) Nielsen) dan jerami ini diharapkan dapat menjadi alternatif insulasi kotak pendingin yang efektif dalam pengawetan ikan dan juga ramah lingkungan.

## **I.2 Rumusan Permasalahan**

Rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ada empat, yaitu:

1. Bagaimana karakteristik termal dan fisik dari insulasi campuran serbuk gergaji kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) dan jerami?
2. Berapa lama ketahanan *cool box* dengan insulasi dari campuran serbuk gergaji kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) dan jerami mengawetkan ikan ?
3. Berapa suhu terendah yang dapat dicapai *cool box* dengan insulasi dari campuran serbuk gergaji kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) dan jerami selama pendinginan?
4. Apakah *cool box* dengan insulasi dari campuran serbuk gergaji kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) memiliki performa lebih baik daripada *cool box* berbahan dasar styrofoam?

## **I.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah dibuat agar lingkup penelitian ini lebih fokus, yaitu:

1. Alat penyimpan ikan yang digunakan adalah *cool box* yang didesain dengan modifikasi pada insulasinya dan dilakukan pengujian terhadap insulasi di laboratorium.
2. Penerapan teknologi insulasi *cool box* menggunakan campuran serbuk gergaji kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) dan jerami hanya pada *cool box* berisi ikan dan es basah.
3. Kayu Sengon yang digunakan pada percobaan ini adalah jenis kayu Sengon Jowo atau Sengon Laut.
4. Hanya menganalisa teknologi insulasi *cool box* menggunakan campuran serbuk gergaji kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) dari segi teknis.

## **I.4 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui konduktivitas termal dan massa jenis dari insulasi dari campuran serbuk gergaji kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) dan jerami.
2. Mengetahui pengaruh insulasi dari campuran serbuk gergaji kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) dan jerami insulasi terhadap waktu pendinginan *cool box*.

3. Mengetahui pengaruh insulasi dari campuran serbuk gergaji kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) dan jerami insulasi terhadap suhu minimum yang dapat dicapai *cool box*.
4. Membandingkan performansi desain *cool box* dengan insulasi campuran serbuk gergaji kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) dan jerami dengan *cool box* berbahan dasar *styrofoam*.

## **I.5 Manfaat**

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui apakah insulasi *cool box* menggunakan campuran serbuk gergaji kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) dan jerami efektif untuk pendinginan ikan.
2. Mendapat rekomendasi insulasi ramah lingkungan yang dapat diaplikasikan terhadap *cool box*.

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.1. Kotak Pendingin (*Cool Box*)

Kualitas dari ikan adalah suatu hal yang sangat penting bagi nelayan dan masyarakat. Karena semakin baik kualitas ikan tangkapan maka akan semakin tinggi pula harga ikan tersebut. Hal yang berpengaruh dari kualitas ikan hasil tangkapan nelayan adalah kondisi dari ruang penyimpanan ikan di kapal. Oleh karena itu proses penyimpanan ikan dikapal harus dibuat sebagus mungkin dengan memiliki sistem pendingin yang baik. Media penyimpanan dengan isolasi suhu ini biasa disebut juga dengan *coolbox* seperti yang terlihat pada gambar 2.1 .



*Gambar 2.1 Kotak Pendingin*  
*Sumber : <http://coolboxindonesia.com/project/industrial-coolerbox>*

*Coolbox* merupakan perlengkapan yang harus dipenuhi pada kapal penangkap ikan. Alat ini digunakan untuk tempat penyimpanan ikan segar agar terhindar dari kerusakan ataupun kebusukan sehingga memiliki nilai jual tinggi. *Coolbox* dengan insulasi yang bagus memiliki beberapa manfaat diantaranya:

- a. Menghemat pemakaian es
- b. Mengurangi risiko 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

## II.2. Teknologi Insulasi

Insulasi adalah penggunaan material dengan nilai konduktan rendah untuk mengurangi aliran energi melintas material tersebut. Untuk mereduksi aliran energi tersebut material harus mempunyai nilai resistan yang tinggi (nilainya kebalikan dari konduktan). Secara umum udara merupakan insulator yang bagus untuk menghambat panas, dengan syarat proses konveksi dapat ditekan. Sebagian besar material mempunyai sifat insulasi terdapat tiga bagian besar tipe insulasi, yaitu :

1. *Resistive insulation*, merupakan menghambat aliran panas dengan mengandalkan nilai resistan pada proses konduksi.
2. *Reflective insulation*, adalah mereduksi aliran radiasi panas. kemampuan material untuk menyerap atau meradiasikan kembali infra-red sangat tergantung dari bentuk dan warnanya. Penyerap terbaik adalah material dengan warna hitam dan sebaliknya warna putih merupakan yang terbaik sifat reflektifnya.
3. *Capasitive insulation*, mempunyai karakteristik yang bermanfaat banyak jika fluktuasi temperatur diantara dua permukaan sangat besar. Sehingga insulasi jenis ini tidak bekerja dalam kondisi *steady-state*.

Dalam menciptakan suatu insulasi panas, sistem perpindahan kalor yang dipakai adalah dengan mengeliminasi sistem konveksi dan radiasi yang terjadi, sehingga menyisakan komponen kecil dari konduksi panas yang terjadi. Dalam hal ini , komponen insulasi itu sendiri akan memberikan kontribusi terhadap proses konduksi panas.

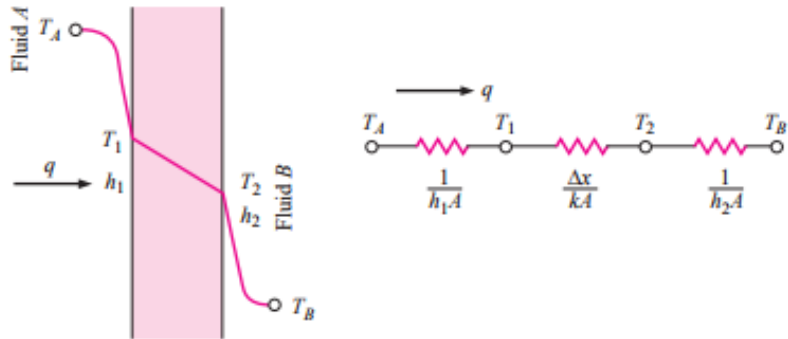
## II.3. Perpindahan Kalor

Perpindahan kalor (*heat transfer*) ialah ilmu untuk meramalkan perpindahan energi yang terjadi karena adanya perbedaan suhu di antara benda atau material. Pada termodinamika telah kita ketahui bahwa energi yang pindah itu dinamakan kalor (*heat*). Ilmu perpindahan kalor tidak hanya mencoba menjelaskan bagaimana energi kalor itu berpindah dari suatu benda ke benda lain, tetapi juga dapat meramalkan laju perpindahan yang terjadi pada kondisikondisi tertentu. Kenyataan di sini yang menjadi sasaran analisis ialah masalah laju perpindahan, inilah yang membedakan ilmu perpindahan kalor dari ilmu termodinamika. (*Holman J. , 1994*). Perpindahan kalor yang terjadi karena adanya perbedaan suhu dapat dibedakan melalui 3 cara, yaitu radiasi, konveksi, dan konduksi.

### II.3.1 Perpindahan Kalor Konduksi

Perpindahan kalor konduksi adalah perpindahan energi sebagai kalor melalui sebuah proses medium stasioner, seperti tembaga, air, atau udara. Di dalam benda-benda padat maka perpindahan tenaga timbul karena atom-atom pada temperatur yang lebih tinggi bergetar dengan

lebih bergerak lincah, sehingga atom-atom tersebut dapat memindahkan tenaga kepada atom-atom yang tidak banyak bergerak yang berada di dekatnya dengan kerja mikroskopik, yakni kalor. Di dalam logam-logam, elektron-elektron bebas juga membuat kontribusi kepada proses hantaran kalor. Di dalam sebuah cairan atau gas, molekul-molekul juga mudah bergerak, dan tenaga juga dihantar oleh tumbukan-tumbukan molekul. (W.C. Reynolds, 1983).



Gambar 2. 2 Perpindahan Kalor Konduksi  
 Sumber : Buku Perpindahan Kalor (Edisi Keenam) oleh J.P. Holman

Pada gambar 2.3. menunjukkan laju perpindahan panas yang terjadi pada perpindahan panas konduksi . Perpindahan panas dapat dihitung dengan melihat selisih suhu antara  $T_A$  dan  $T_B$  ,Perpindahan panas konduksi adalah berbanding dengan gradien suhu normal sesuai dengan persamaan (1)

$$q_k = -kA \frac{dT}{dx} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

- q = Laju Perpindahan Panas (kj / det,W)
- k = Konduktifitas Termal (W/m.°C)
- A = Luas Penampang (m<sup>2</sup>)
- dT = Perbedaan Temperatur ( °C, °F )
- dx = Perbedaan Jarak (m/det)
- dT/dx = gradient temperatur kearah perpindahan kalor.konstanta positif "k" disebut konduktifitas atau kehantaran termal benda itu, sedangkan tanda minus disisipkan agar memenuhi hokum kedua termodinamika, yaitu bahwa kalor mengalir ketempat yang lebih rendah dalam skala temperatur. (Holman J. , 1994)

Hubungan dasar aliran panas melalui konduksi adalah perbandingan antara laju aliran panas yang melintas permukaan isothermal dan gradient yang terdapat pada permukaan tersebut berlaku pada setiap titik dalam suatu benda pada setiap titik dalam suatu benda pada setiap waktu yang dikenal dengan hukum Fourier. Dalam penerapan hukum Fourier (persamaan (1)) pada suatu dinding datar, jika persamaan tersebut diintegrasikan maka akan didapatkan persamaan (2)

$$q_k = -\frac{kA}{\Delta x}(T_2 - T_1) \dots\dots\dots (2)$$

### II.3.2 Perpindahan Kalor Konveksi

Konveksi adalah perpindahan panas karena adanya gerakan/aliran/pencampuran dari bagian panas ke bagian yang dingin. Contohnya adalah kehilangan panas dari radiator mobil, pendinginan dari secangkir kopi. Menurut cara menggerakkan alirannya, perpindahan panas konveksi diklasifikasikan menjadi dua, yakni konveksi bebas (*free convection*) dan konveksi paksa (*forced convection*). Bila gerakan fluida disebabkan karena adanya perbedaan kerapatan karena perbedaan suhu, maka perpindahan panasnya disebut sebagai konveksi bebas (*free / natural convection*). Bila gerakan fluida disebabkan oleh gaya eksitasi dari luar, misalkan dengan pompa atau kipas yang menggerakkan fluida sehingga fluida mengalir di atas permukaan, maka perpindahan panasnya disebut sebagai konveksi paksa (*forced convection*). (Holman J., 1994)

Jika proses aliran fluida tersebut diinduksikan oleh sebuah pompa atau sistem pengedar (*circulating system*) yang lain, maka digunakan istilah konveksi yang dipaksakan (*forced convection*). Bertentangan dengan itu, jika aliran fluida timbul karena gaya apung fluida yang disebabkan oleh pemanasan, maka proses tersebut dinamakan konveksi bebas (*free*) atau konveksi alami (*natural*). Persamaan dasar untuk menghitung laju perpindahan panas konveksi yaitu:

$$q = h A \Delta T \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

- q = Laju Perpindahan Panas (kj / det,W)
- h = Koefisien perpindahan panas konveksi (W/m.°C)
- A = Luas Penampang (m<sup>2</sup>)
- ΔT = Perbedaan Temperatur ( °C )



Dimana  $\Delta T$  adalah perbedaan temperatur permukaan ( $T_s$ ) dan temperatur fluida ( $T_f$ ).

### II.3.3 Perpindahan Kalor Radiasi

Perpindahan kalor radiasi adalah perpindahan energi oleh penjararan (rambatan) foton yang tak terorganisir. Setiap benda yang terus memancarkan foton-foton secara serampangan di dalam arah dan waktu, dan tenaga netto yang dipindahkan oleh foton-foton ini diperhitungkan sebagai kalor. Bila foton-foton ini berada di dalam jangkauan panjang gelombang 0,38 sampai 0,76  $\mu\text{m}$ , maka foton-foton tersebut mempengaruhi mata kita sebagai sinar cahaya yang tampak (dapat dilihat). Bertentangan dengan itu, maka setiap tenaga foton yang terorganisir, seperti transmisi radio, dapat diidentifikasi secara mikroskopik dan tak dipandang sebagai kalor. (*W.C. Reynolds, 1983*)

Pembahasan termodinamika menunjukkan bahwa radiator (penyinar) ideal, atau benda hitam (*blackbody*), memancarkan energi dengan laju yang sebanding dengan pangkat empat suhu absolut benda itu dan berbanding langsung dengan luas permukaan. Persamaan (4) disebut hukum Stefan-Boltzmann tentang radiasi termal, dan berlaku hanya untuk radiasi benda hitam. (*W.C. Reynolds, 1983*)

$$q_{\text{pancaran}} = \sigma A T^4 \quad \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

- q = Laju Perpindahan Panas (W)
- $\sigma$  = konstanta Stefan-Boltzmann ( $5,669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}^4$ )
- A = Luas Penampang ( $\text{m}^2$ )
- T = Temperatur (K)

### II.4. Konduktivitas Termal

Nilai konduktivitas thermal suatu bahan menunjukkan laju perpindahan panas yang mengalir dalam suatu bahan. Konduktivitas thermal kebanyakan bahan merupakan fungsi suhu, dan bertambah sedikit kalau suhu naik, akan tetapi variasinya kecil dan sering kali diabaikan. Jika nilai konduktivitas thermal suatu bahan makin besar, maka makin besar juga panas yang mengalir melalui benda tersebut. Karena itu, bahan yang harga  $k$ -nya besar adalah penghantar panas yang baik, sedangkan bila  $k$ -nya kecil bahan itu

kurang menghantar atau merupakan isolator. (Holman J. , 1994). Tabel 2.1. menunjukkan konduktivitas termal berbagai bahan.

Tabel 2. 1 Daftar Konduktivitas Termal Berbagai Jenis Bahan Pada Temperatur 373 K

No.	Bahan	Konduktivitas Termal (W/mK)
1	Alumunium	101,3
2	Batu Bata	0,674
3	Kalsium Silika	0,063
4	Tembaga	392
5	Kaca	1,25
6	Emas	312
7	Granit	1,78
8	Baja	69,4
9	Kayu Pinus	0,102
10	Perak	427
11	Wool	0,07
12	<i>Limestone</i>	1,43
13	Kayu Spruce	0,112
14	Air	0,679
15	Polystyrene (styrofoam)	0,163
16	Plester Termal	0,60
17	Uap Air	0,05
18	Tanah Liat	2,5
19	Silikon	28

Sumber : *Buku Thermophysical Properties of Matter Volume 1 dan 2, Buku Thermal Conductivity of Selected Foam and System from 100 to 300 K*

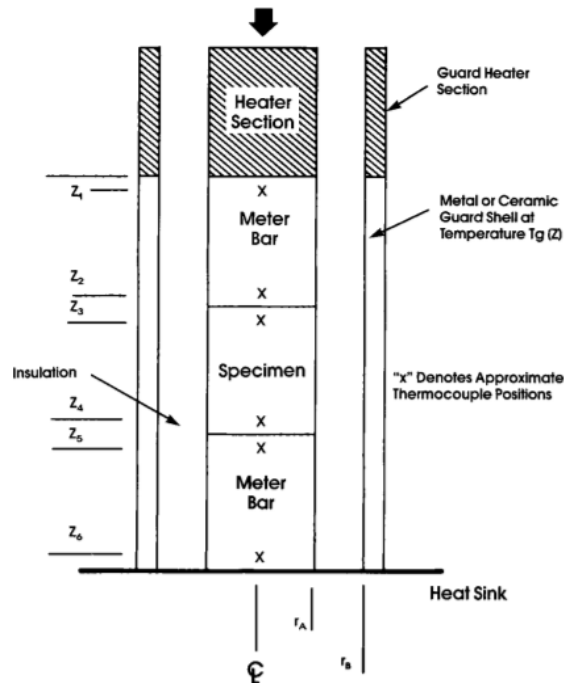
Nilai konduktivitas termal beberapa bahan diberikan dalam tabel 2.1. Pada umumnya konduktivitas termal sangat bergantung pada suhu. Selain itu konduktivitas termal juga dipengaruhi oleh ketebalan medium. Bila diasumsikan tidak ada kehilangan energi, maka untuk menghitung konduktivitas termal k sampel dapat digunakan persamaan 5 dibawah ini

$$k = \frac{\Delta W}{A} \times \frac{d}{\Delta T} \dots\dots\dots (5)$$

## II.5. ASTM E 1225

ASTM E 1225 merupakan standar pengujian konduktivitas termal benda padat menggunakan aliran panas relative dengan kompresi longitudinal (*Thermal Conductivity of Solids by Means of the Guarded Comparative-*

*Longitudinal Heat Flow Technique*). Spesimen uji disisipkan di antara dua beban serupa dari bahan sifat termal yang dikenal. Sebuah gradien suhu ditetapkan dalam tumpukan uji dan kerugian panas diminimalkan dengan menggunakan isolator yang memiliki kira-kira gradien suhu yang sama. Pada kondisi kesetimbangan, konduktivitas termal berasal dari gradien suhu yang diukur dalam spesimen masing-masing dan konduktivitas termal dari bahan referensi (penghantar), Skema pengujian dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2. 3. Skematik dari Sistem Aliran Panas pada Pengujian Konduktivitas Termal  
Sumber : ASTM E 1225

## II.6. Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen)

### II.6.1 Karakteristik Tanaman Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen)

Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) dikelompokkan dalam familia leguminosae dengan subfamily Mimosoidae. Pohon Sengon berukuran sedang hingga tinggi mencapai 20-40 m dan diameter batangnya dapat mencapai 70-140 cm. Batang pohon sengon memiliki lapisan kayu terluar bertekstur sedikit halus, di luarnya berwarna abu-abu gelap, dengan gigir-gigir melintang, berlentisel, tipis sedangkan lapisan bagian dalam setebal 5 mm berwarna putih hingga merah jambon. Sengon dijumpai secara alami

di hutan luruh daun campuran di wilayah lembab dan ughari, dengan curah hujan antara 1.000–5.000 mm pertahun. Pohon ini didapati pula di hutan-hutan sekunder, di sepanjang tepian sungai, dan di sabana, hingga ketinggian 1.800 m dpl. Sengon beradaptasi dengan baik pada tanah-tanah tandus, ber-pH tinggi, atau yang mengandung garam seperti yang terlihat pada gambar 2.4. Pohon Sengon juga tumbuh baik di tanah aluvial lateritik dan tanah berpasir bekas tambang.



*Gambar 2. 4 Pohon Sengon*

Sumber : <http://atoekagus.blogspot.co.id/2011/06/sengon-laut-aset-desa-impian-menuju.html>

Karakteristik yang dimiliki kayu sengon dianggap sangat cocok untuk kebutuhan industri saat ini. Dibandingkan jenis kayu lain, pohon Sengon memiliki masa tebang relatif cepat, budi daya yang mudah, dan dapat tumbuh diberbagai jenis tanah. Sengon menghasilkan kayu yang ringan sampai agak ringan, dengan densitas 320–640 kg/m<sup>3</sup> pada kadar air 15%. Agak padat, berserat lurus dan agak kasar, namun mudah dikerjakan. Kayu ini tidak diserang rayap tanah, karena adanya kandungan zat ekstraktif di dalam kayunya.

#### **II.6.2 Konduktivitas Termal Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen)**

Terdapat dua penelitian terdahulu mengenai konduktivitas termal Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) yang dibandingkan dengan berbagai jenis kayu lain dengan variasi ketebalan

dan kadar air. Pada kajian yang dilakukan oleh Tim Dosen dan Alumni Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Gajah Mada Yogyakarta mengenai Konduktivitas Panas Empat Jenis Kayu Dalam Kondisi Kadar Air Yang Berbeda. Bahan penelitian yang digunakan adalah kayu jati (*Tectona grandis*), mahoni (*Swietenia macrophylla*), akasia (*Acacia auriculiformis*) dan Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) yang diperoleh dari Kecamatan Timang, Kabupaten Gunungkidul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Masing masing jenis kayu diambil sampel dalam bentuk silinder dengan ukuran panjang 30 mm dan diameter 13 mm. Dimensi panjang sampel dibuat searah dengan arah radial kayu. Ketigapuluh enam sampel tersebut dibawa ke Laboratorium Sifat Dasar Kayu, Bagian Teknologi Hasil Hutan, Fakultas Kehutanan Universitas Gajah Mada untuk pengukuran Berat Jenis kayu dan penentuan Kadar Air kering tanur 0%, kering angin 10% dan basah 30% berdasarkan *British Standard Methods* tahun 1957 dengan modifikasi.

Setelah penelitian dilakukan oleh Tim Dosen dan Alumni Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Gajah Mada Yogyakarta mengenai konduktivitas termal keempat jenis kayu dengan variasi kadar air tersebut maka didapat data seperti pada gambar 2.4.

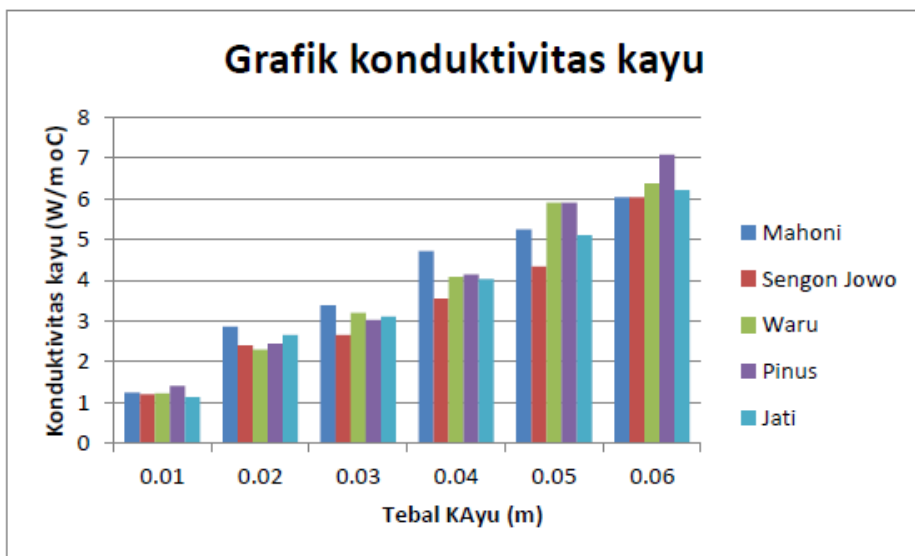
No	Jenis Kayu	$k$ pada KA 0% (W/mK)	$k$ pada KA 10% (W/mK)	$k$ pada KA 30% (W/mK)	Rata-Rata $k$ (W/mK)
1.	Jati	0,110	0,136	0,180	0,142
2.	Akasia	0,109	0,132	0,176	0,139
3.	Mahoni	0,104	0,123	0,172	0,133
4.	Sengon Laut	0,099	0,112	0,158	0,123
Rata-Rata $k$ (W/mK)		0,105	0,126	0,171	

Gambar 2. 5 Konduktivitas Termal Berbagai Jenis Kayu pada Kadar Air yang Berbeda  
 Sumber : Jurnal Konduktivitas Panas Empat Jenis Kayu dalam Kondisi Kadar Air Yang Berbeda oleh Tim Dosen dan Alumni Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Gajah Mada

Hasil diatas menunjukkan bahwa Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) memiliki rata-rata konduktivitas termal terkecil di antara kayu jati (*Tectona grandis*), mahoni (*Swietenia macrophylla*), dan akasia (*Acacia auriculiformis*), pada kondisi kadar air 0% kayu sengon memiliki konduktivitas termal sebesar 0,099 W/mK, pada kondisi kadar air 10% memiliki konduktivitas termal sebesar 0,112 W/Mk, dan ketika kadar air 30% didapat konduktivitas termal 0,158 W/Mk. Nilai konduktivitas termal dari air adalah 0,59 W/mK. Nilai konduktivitas termal air jauh lebih tinggi dari nilai konduktivitas termal kayu yang berasal dari bahan yang strukturnya

berongga sehingga semakin banyak kandungan air di dalam kayu akan semakin besar nilai  $k$  kayu. Selain itu, dalam skema ultrastruktur kayu dapat dilihat bagaimana kemungkinan pengaruh banyak sedikitnya keberadaan air di dalam dinding sel.

Kajian kedua dilakukan oleh Serli Pengestika mengenai Kajian Konduktivitas Panas Berbagai Jenis Kayu Sebagai Bahan Isolator. Pada kajian ini dilakukan percobaan menggunakan lima jenis kayu Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen), kayu jati (*Tectona grandis*), mahoni (*Swietenia macrophylla*), kayu Waru (*Hibiscus tiliaceus*), dan kayu pinus (*Pinus merkusii*). Dilakukan percobaan untuk menguji konduktivitas termal kelima kayu ini dengan ketebalan yang divariasikan 1 cm hingga 6 cm. Sebagai parameter, luas penampang yang digunakan 7 cm x 2 cm. Setelah mendapatkan sampel, kayu di panaskan diatas kompor induksi dengan alas *stainless steel*.



Gambar 2. 6 Konduktivitas Ternal Berbagai Jenis Kayu pada Kondisi Ketebalan yang Berbeda

Sumber : Kajian Konduktivitas Panas Berbagai Jenis Kayu Sebagai Bahan Isolator oleh Serli Pangestika

Gambar 2.6 menunjukkan hasil eksperimen yang dilakukan oleh Serli pangestika, didapat Konduktivitas termal Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) meruakan yang terkecil diantara kayu jati (*Tectona grandis*), mahoni (*Swietenia macrophylla*), kayu Waru (*Hibiscus tiliaceus*), dan kayu pinus (*Pinus merkusii*).

Ditinjau dari aspek ketebalan, kayu sengon memiliki konduktivitas termal paling kecil dibanding jenis kayu lain. Pada penelitian ini juga dapat disimpulkan, semakin tebal kayu maka semakin tinggi nilai konduktivitas termalnya. Tabel 2.2 menunjukkan konduktivitas termal kayu sengon pada berbagai ketebalan.

Tabel 2. 2 Konduktivitas Termal Kayu Sengon

Kayu Sengon ( <i>Paraserianthes falcataria</i> (L.) Neilsen)	Tebal (cm)	Konduktivitas Termal (W/m°C)
	1	1.1994
	2	2.398801
	3	2.661738
	4	3.548983
	5	4.333694
	6	6.037736

Dari kedua penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh oleh Tim Dosen dan Alumni Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Gajah Mada Yogyakarta dan Serli Pengestika, didapatkan hasil bahwa kayu sengon memiliki konduktivitas termal terkecil dibandingkan kayu lain. Konduktivitas termal merupakan property dari suatu bahan yang menentukan kemampuan benda dalam menghantarkan panas. Bahan yang memiliki konduktivitas termal kecil maka dapat disebut dengan isolator. Maka dapat disimpulkan bahwa kayu Sengon merupakan kayu yang baik dalam mengisolasi suhu.

## II.7. Jerami

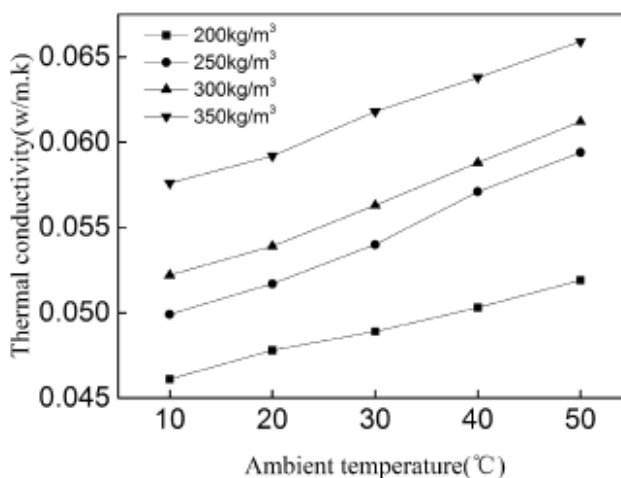
Jerami adalah bagian vegetatif tanaman padi (batang, daun, tangkai malai) yang tidak dipungut saat tanaman padi dipanen seperti yang terlihat pada gambar 2.7. Kandungan hara jerami padi tergantung pada kesuburan tanah, jumlah pupuk yang diberikan, kualitas dan kuantitas air irigasi, dan iklim. Jerami merupakan bahan organik yang tersedia dalam jumlah yang signifikan bagi petani padi. Sekitar 40% N, 30-35% P, 80-85% K, dan 40-50% S tetap dalam sisa bagian vegetatif tanaman. Jerami juga merupakan sumber hara mikro penting seperti seng (Zn) dan silikon (Si). Pembenanaman tunggul dan jerami ke dalam tanah merupakan upaya mengembalikan sebagian besar hara yang telah diserap tanaman dan membantu pelestarian cadangan hara tanah dalam jangka panjang.



Gambar 2. 7 Jerami

Sumber : <http://kambingjoynim.com/kontroversi-fermentasi-jerami-padi-untuk-pakan-ternak/>

Dalam penelitian yang dilakukan oleh ShenCollege of Materials Science and Engineering, Nanjing Forestry University, Nanjing, Cina mengenai performansi jerami sebagai insulasi termal didapatkan hasil konduktivitas termal papan partikel jerami dengan variasi terhadap massa jenisnya didapat hasil seperti yang terlihat pada gambar 2.8.



Gambar 2. 8 Konduktivitas Termal Papan Partikel Jerami pada Kondisi Massa Jenis yang Berbeda

Sumber : *Evaluation Of a New Thermal Insulation Material From Rice Straw Using High Frequency Hot-Pressing* oleh Kangcheng Wei, Chenglong Lv, Minzhi Chen, Xiaoyan Zhou

Dari penelitian tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa konduktivitas termal terbaik yang didapat adalah pada papan partikel jerami dengan massa jenis 200kg/m<sup>3</sup> yaitu sebesar 0.045 W/mK pada suhu 10°C. Dari grafik pada



gambar 4 juga dapat disimpulkan bahwa semakin kecil massa jenis papan partikel jerami, maka semakinkecil juga konduktivitas termalnya.

## II.8. Polivinil Asetat (PVAc)

Polivinil asetat atau disebut juga PVAc 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 . (*Pratiwi & Taufiq, 2014*) 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 seperti yang terlihat pada gambar 2.9 .



Gambar 2. 9. Perekat berbahan dasar polyvinyl acetate (PVAc)

Kristalinitas alami dari PVA merupakan sifat yang menarik terutama dalam preparasi hidrogel. Pada fase kristalin, PVA mempunyai susunan rantai yang teratur satu sama lain dan memiliki titik leleh (melting point) pada suhu tertentu. PVA memiliki struktur kimia yang sederhana dengan gugus hidroksil yang tidak beraturan. Monomernya, yaitu vinil alkohol tidak berada dalam bentuk stabil, tetapi berada dalam keadaan tautomer dengan asetaldehida. (*Erizal & C., 1998*)

PVA dihasilkan dari polimerisasi vinil asetat menjadi polivinil asetat (PVAc), kemudian diikuti dengan hidrolisis PVAc menjadi PVA. Kualitas PVA yang baik secara komersial ditentukan oleh derajat hidrolisis yang tinggi, yaitu di atas 98.5%. Derajat hidrolisis dan kandungan asetat dalam polimer sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat kimianya, seperti kelarutan dan kristalinitas PVA. Derajat hidrolisis berpengaruh terhadap kelarutan PVA dalam air, semakin tinggi derajat hidrolisisnya maka kelarutannya akan semakin rendah. Karakteristik PVAc dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Karakteristik PVAc

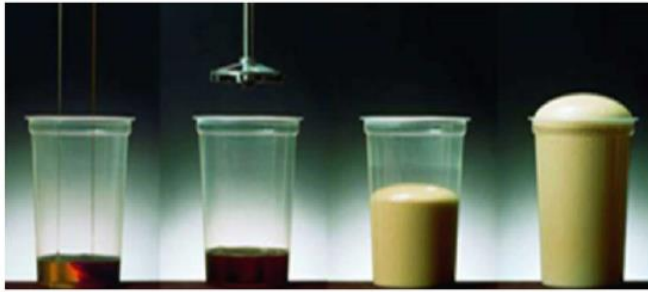
No.	Karakter	Nilai	Satuan
1.	Densitas	1,19 – 1,31	g/cm <sup>3</sup>
2.	Titik Leleh	180-240	°C
3.	Titik Didih	228	°C
4.	Suhu Penguraian	180	°C
5.	Konduktivitas Termal	0,19	W/mK

## II.9. Polyurethane

Polyurethane adalah suatu bahan campuran atau hasil pengisolvenan antara karet dan plastik sehingga didapatkan pelarutan material yang memiliki keunggulan sangat tahan gesek, tahan aus, tahan terhadap beberapa kimia ringan, stabil dalam suhu dingin dan panas. Polyurethane pertama kali dipelopori oleh Otto Bayer dan rekan-rekannya pada tahun 1973 di laboratorium I.G. Farben di Leverkusen, Jerman. Mereka menggunakan prinsip polimerisasi adisi untuk menghasilkan polyuretan dari diisosiyanat cair dan polieter cair atau diol poliester seperti menunjuk ke berbagai kesempatan spesial, khususnya saat dibandingkan dengan berbagai plastik yang dihasilkan dari olefin, atau dengan polikondensasi. (Zahfar, 2013).

Polyurethane untuk pertama kalinya dikembangkan sebagai pengganti karet. Keanekaragaman kegunaan polimer organik baru ini serta kemampuannya dalam menggantikan bahan-bahan yang langka, telah mendorong penggunaannya secara luas. Selama Perang Dunia II, bahan pelapis polyurethane digunakan sebagai pengisi kertas dan mostar (pelapis) pada industri pakaian tahan udara, bahan pengkilat pada finishing pesawat terbang, dan pelapis anti bahan kimia dan karat pada besi, kayu dan bagian bahan bangunan yang menggunakan batu .

Saat ini Polyurethane diproduksi dan digunakan dalam skala industri, dan dapat dipesan dengan diformulasikan untuk kegunaan tertentu. Polyurethane dapat ditemukan pada bahan pelapis dan bahan perekat, elastomers, dan busa yang keras. Busa lentur untuk bantal yang nyaman tersedia di pasar. Dengan mengembangkan polyether polyol yang berbiaya rendah, maka dapat digunakan juga untuk membuat kain pelapis, maupun penerapan lainnya di bidang otomotif seperti yang kita kenal saat ini. Sebagai bahan perekat untuk industri kerajinan kayu, polyurethane dianggap sebagai perekat yang baik karena sifatnya yang berekspansi untuk mengisi rongga-rongga yang kosong dan lebih cepat mengering seperti yang terlihat pada gambar 2.10.



Gambar 2. 10. Proses Ekspansi Polyurethane

Sumber : Jurnal Karakteristik Sabut Kelapa Sebagai Insulator Palka Ikan, Berkala Perikanan Terubuk., 2014

## II.10. Hasil Penelitian Sebelumnya

Dilakukan studi terhadap penelitian sebelumnya yang membahas tentang :

1. Modifikasi Sistem Pendingin Ruang Muat Kapal Ikan Tradisional Dengan Insulasi Serbuk Kayu dan Karung Goni (Miftah Nur Hidayat)
  - Metodologi
 

Penelitian ini dilakukan modifikasi *coolbox* berbahan insulasi serbuk kayu dan karung goni (kain goni). Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh insulasi serbuk kayu dan kain goni terhadap temperatur dan waktu pendinginan yang kemudian dibandingkan dengan *coolbox* berinsulasi *styrofoam*. Percobaan dilakukan dari pengujian komposit serbuk kayu dengan perekat semen putih..
  - Hasil
 

Melalui percobaan didapatkan bahwa *coolbox* berbahan insulasi serbuk kayu dan kain goni lebih baik daripada *coolbox* berbahan serbuk kayu saja. Hal ini dikarenakan adanya penambahan laminasi kain goni. Terlihat bahwa selisih waktu untuk *coolbox* mencapai suhu 25 °C adalah 4 jam 30 menit.

Saran : Penelitian dengan insulasi serbuk kayu dan kain goni dapat dikembangkan lebih lanjut dengan perekat lain yang lebih baik dari semen putih dan dilakukan pengujian seperti daya tahan bahan insulasi terhadap pelapukan atau lama pemakaian
2. Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu Sebagai Campuran Polyurethane Pada Insulasi Palka Kapal Ikan Tradisional (Mochamad Hidayat)
  - Metodologi
 

Membuat prototipr palkah dengan insulasi serbuk kayu dan polyurethane dengan berbagai variasi perbandingan takaran.

Penambahan serbuk kayu maksimum dapat dilakukan adalah 40% dari total volume bahan campuran, yaitu polyurethane dan serbuk kayu karena bahan komposit (serbuk kayu-polyurethane) tidak dapat berikatan dengan baik sehingga mudah terpisah dari bentuk lempengan asalnya.

- Hasil  
Aplikasi coolbox insulator komposit serbuk kayu-polyurethane Mampu mempertahankan es hingga mencair sempurna pada 34 jam, lebih cepat dari kemampuan aplikasi 100% polyurethane yang dapat mempertahankan es hingga lebih dari 40 jam.  
Saran : Untuk mendapatkan hasil yang lebih sempurna, penelitian lebih baik menggunakan peralatan dan perlengkapan pengujian yang baku dan sudah bersertifikat standart pengujian bahan insulasi
3. Desain Sistem Pendingin Ruang Muat Kapal Ikan Tradisional Menggunakan Insulasi Dari Sekam Padi (Muhammad Abidin)
- Metodologi  
Pada penelitian ini memodifikasi coolbox menggunakan sekam padi yang dijadikan sebagai insulasi pada coolbox. Sebelum dilakukan percobaan , hal pertama yang dilakukan adalah pengujian pada komposisi sekam padi dengan semen putih. Dimana komposisi yang terbaik yang akan dijadikan sebagai insulasi pada coolbox. Pengujiannya adalah konduktivitas termal, massa jenis, dan uji kekuatan lentur.
  - Hasil  
Dalam waktu pendinginan selama 24 jam didapatkan suhu terendah dari percobaan menggunakan coolbox berinsulasi sekam padi adalah 13,5 °C. Dan pada percobaan dengan menggunakan coolbox Styrofoam dengan temperature terendah 10,6 °C. sehingga dapat dilihat bahwa penggunaan semen putih sebagai perekat pada insulasi dari sekam padi tidak lebih baik dari coolbox Styrofoam.  
Saran : nilai konduktivitas termal dari semen putih adalah 0,9 W/mK dan nilai konduktivitas air adalah 0,58 W/mK jadi sangat mempengaruhi nilai konduktivitas termal dari campuran sekam padi dan semen putih disarankan untuk mengganti perekat yang digunakan diantaranya adalah penggunaan lem pvac sebagai perekat
4. Konduktivitas Panas Empat Jenis Kayu Dalam Kondisi Kadar Air Yang Berbeda (Anton Prasajo, Joko Sulistyono dan Tomy Listyanto)
- Metodologi

Dilakukan pengujian konduktivitas termal empat jenis kayu. Jenis kayu yang digunakan dalam penelitian ini adalah kayu jati, akasia, mahoni dan sengon laut. Dasar penggunaan jenis kayu ini karena kayu tersebut merupakan kayu yang komersial dan banyak digunakan oleh masyarakat. Penelitian ini dikondisikan pada KA 0, 10 dan 30% untuk melihat pengaruh dari masing-masing kondisi tersebut. Kadar air 0% menggambarkan bagaimana pengaruhnya terhadap k ketika di dalam kayu tidak memiliki kandungan air sama sekali. Kadar air 10% menggambarkan kondisi kayu saat kering udara dan KA 30 %.

- Hasil  
Hasil penelitian menunjukkan bahwa Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) memiliki rata-rata konduktivitas termal terkecil di antara kayu jati (*Tectona grandis*), mahoni (*Swietenia macrophylla*), dan akasia (*Acacia auriculiformis*). Pada kadar air 0% menunjukkan rata-rata konduktivitas termal terkecil.

5. Development And Performance Evaluation Of a New Thermal Insulation Material From Rice Straw Using High Frequency Hot-Pressing (Kangcheng Wei, Chenglong Lv, Minzhi Chen, Xiaoyan Zhou)

- Metodologi  
Melakukan percobaan pada papan partikel dari jerami yang divariasasi masa jenisnya kemudian dilakukan analisa konduktivitas termal terhadap papan partikel tersebut.
- Hasil  
Papan partikel jerami yang memiliki massa jenis terkecil (200 kg/m<sup>3</sup>) memiliki konduktivitas termal yang kecil juga yaitu 0.048 Wm/K pada suhu 30°C. Maka dapat disimpulkan bahwa papan partikel jerami dengan massa jenis terkecil memiliki performansi yang baik untuk dijadikan insulasi.

6. Pengaruh Kepadatan Papan Partikel dari Tiga Jenis Serbuk Kayu Terhadap Nilai Konduktivitas Panasnya (I Gusti Gede Badrawada dan Agung Susilo)

- Metodologi  
Menuji nilai konduktivitas papan partikel serbuk kayu mahoni, jati, dan glugu dengan kepadatan tertentu. Kepadatan maksimum papan partikel serbuk kayu yang akan diuji yaitu berdasarkan penekanan maksimum pada ukuran standar dari serbuk kayu tersebut.
- Hasil

Nilai konduktivitas panas terkecil dimiliki oleh papan partikel serbuk kayu mahoni dengan kepadatan 3 : 1 (merupakan isolator yang terbaik) disusul oleh papan partikel serbuk kayu jati dengan kepadatan 2,67 : 1. Sedangkan papan partikel yang mempunyai nilai konduktivitas thermal yang terbesar adalah papan partikel serbuk kayu mahoni dengan kepadatan 2,67 : 1 disusul oleh papan partikel serbuk glugu dengan kepadatan 2,5 : 1

Saran : menggunakan alat ukur yang lebih teliti, sehingga didapatkan data yang lebih akurat. Dan parameter kepadatan yang diambil datanya agar diperbanyak, minimal 5 macam kepadatan yang berbeda

Maka dari keenam penelitian sebelumnya, diambil klemahan dan kelebihan masing-masing untuk diterapkan pada penelitian ini. Metode teroptimal berdasarkan penelitian sebelumnya adalah dengan cara mereduksi kadar air pada bahan hingga mencapai 0% dan dilakukan modifikasi pada bahan perekat yang dipakai. Karena bahan perekat dapat mengurangi performa bahan utama sebagai isolator panas.

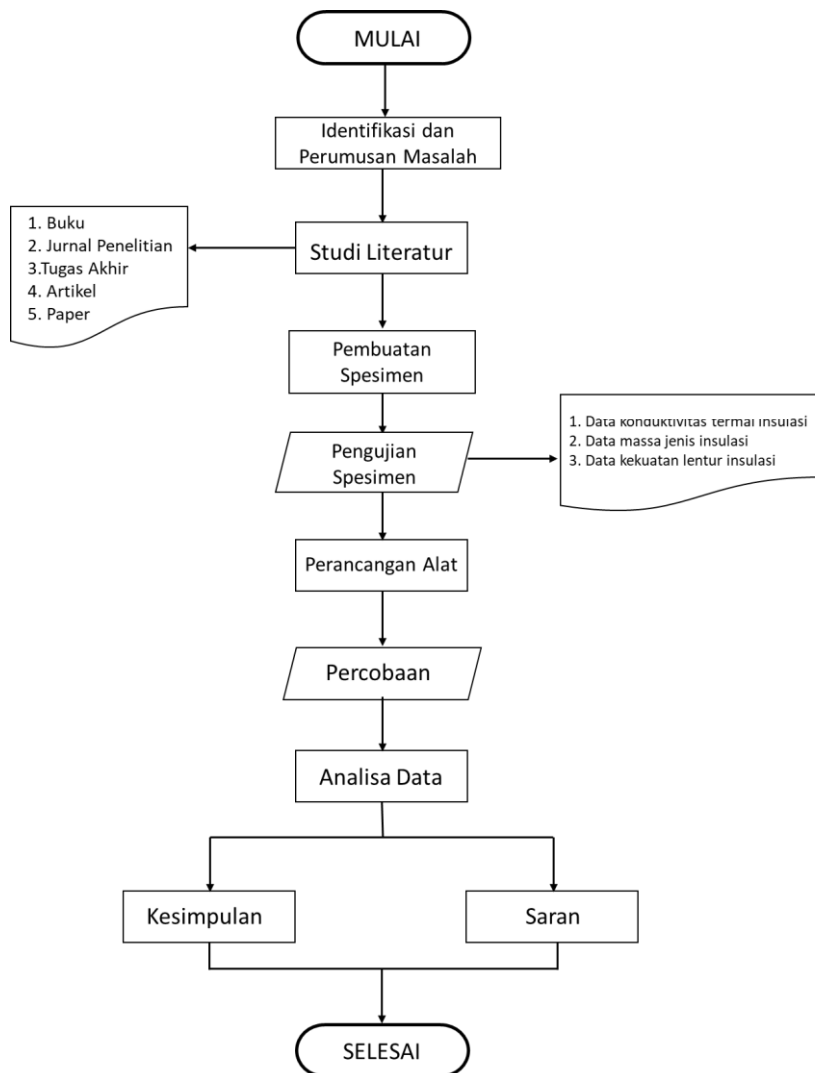


# BAB III

## METODOLOGI

### III.1. Metode yang Digunakan

Dalam pembuatan tugas akhir ini, memerlukan proses yang harus terstruktur. Hal tersebut diperlukan agar kedepannya dalam pengerjaan akan terasa lebih terarah dan lebih mudah. Proses tersebut tersusun dari beberapa pekerjaan yang harus dilakukan. Dalam metodologi penelitian ini, akan diuraikan tahap demi tahap yang akan dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir. Adapun tahapan yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :





### III.2. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Perumusan masalah merupakan tahap awal dalam pelaksanaan tugas akhir. Tahap ini merupakan tahap yang sangat penting, dimana pada tahap inilah mengapa suatu permasalahan yang ada harus dipecahkan sehingga layak untuk dijadikan bahan dalam tugas akhir. Pencarian masalah dilakukan dengan cara menggali informasi mengenai masalah yang terjadi pada saat ini. Dari tahap ini juga, tujuan mengapa tugas akhir ini dikerjakan dapat diketahui. Dalam tugas akhir ini, masalah yang akan dibahas dan dipecahkan adalah mengenai Desain Kotak Pendingin Pada Kapal Nelayan Tradisional Menggunakan Insulasi Campuran Serbuk Gergaji Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) dan Jerami.

### III.3. Studi Literatur

Pada tahap studi literatur adalah mencari referensi permasalahan - permasalahan yang ada berikut solusinya dan juga mempelajari kedua hal tersebut untuk diimplementasikan pada tugas akhir ini, sehingga jelas apa saja yang harus dilakukan agar permasalahan tersebut dapat terpecahkan. Studi literatur dapat dilakukan dengan cara membawa paper atau jurnal yang berhubungan dengan permasalahan yang akan dipecahkan.

### III.4. Pembuatan Spesimen

Setelah dilakukan studi literatur terkait tugas akhir, maka didapat komposisi apa saja yang akan dipakai untuk memodifikasi insulasi pada cool box dalam hal ini campuran serbuk gergaji kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) dan jerami. Sebelum membuat kotak pendingin, maka perlu dilakukan pembuatan spesimen insulasi kotak pendingin tersebut yang selanjutnya akan dilakukan pengujian terhadap konduktivitas termal dan massa jenis dari insulasi yang dibuat. Pada penelitian ini, Bahan utama pembuatan insulasi kotak pendingin yang digunakan adalah serbuk gergaji kayu sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) dan Jerami. Sebelum dilakukan pencampuran bahan maka dilakukan beberapa persiapan terhadap bahan utama tersebut, antara lain:

1. Persiapan serbuk kayu sengon

Serbuk kayu yang dipakai hanya serbuk kayu sengon tanpa campuran serbuk kayu lain. Serbuk kayu diayak atau dipisahkan dari serutan atau potongan kayu yang tersisa sehingga menghasilkan serbuk kayu halus seperti yang terlihat pada gambar 3.1.



*Gambar 3. 1. Serbuk kayu sengon yang telah disaring*

Setelah mendapat serbuk kayu yang halus, maka dilakukan pengeringan dengan cara menjemur serbuk kayu dibawah sinar matahari selama 10 jam.

## 2. Persiapan Jerami

Jerami yang dipakai adalah jerami dari tanaman padi. Perlakuan yang digunakan untuk persiapan jerami adalah menjemur jerami hingga kering atau 10 jam dibawah sinar matahari. Setelah jerami kering, maka dilakukan pemotongan jerami hingga menjadi potongan kecil seperti yang terlihat pada gambar 3.2.



*Gambar 3. 2. Potongan jerami*

Jerami yang telah menjadi potongan yang lebih kecil dijemur kembali dibawah sinar matahari selama 10 jam. Setelah dilakukan persiapan bahan, maka pembuatan spesimen dapat dilakukan. Ukuran spesimen yang dibuat disesuaikan dengan standard pengujian laboratorium.

### III.4.1 Pembuatan Spesimen Untuk Pengujian Massa Jenis

Ukuran spesimen yang dipakai untuk pengujian massa jenis adalah  $5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} \times 2 \text{ cm}$ . Spesimen untuk pengujian massa jenis dicetak menggunakan cetakan yang terbuat dari kayu seperti yang terlihat pada gambar 3.3.



Gambar 3. 3. Cetakan untuk membuat spesimen pengujian massa jenis

Langkah pembuatan spesimen untuk pengujian massa jenis adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan
2. Mengukur komposisi bahan serbuk kayu sengon dan jerami menggunakan timbangan. Adapun komposisi bahan utama yang dibuat untuk setiap spesimen adalah sebagai berikut :
  - a. Spesimen 1 = 70 gram serbuk kayu sengon : 30 gram jerami
  - b. Spesimen 2 = 50 gram serbuk kayu sengon : 50 gram jerami
  - c. Spesimen 3 = 70 gram serbuk kayu sengon : 30 gram jerami
  - d. Spesimen 4 = 70 gram serbuk kayu sengon : 30 gram jerami
  - e. Spesimen 5 = 50 gram serbuk kayu sengon : 50 gram jerami
  - f. Spesimen 6 = 70 gram serbuk kayu sengon : 30 gram jerami
3. Mencampur bahan utama dengan perekat, perekat yang dipakai adalah lem polyvinyl acetate dan lem polyurethane. Komposisi perekat yang dipakai pada setiap spesimen adalah sama, yaitu 60 mililiter untuk setiap campuran. Perekat yang digunakan untuk setiap spesimen adalah sebagai berikut :
  - a. Spesimen 1 = menggunakan perekat polivinyl acetate
  - b. Spesimen 2 = menggunakan perekat polivinyl acetate
  - c. Spesimen 3 = menggunakan perekat polivinyl acetate
  - d. Spesimen 4 = menggunakan perekat polyurethane
  - e. Spesimen 5 = menggunakan perekat polyurethane
  - f. Spesimen 6 = menggunakan perekat polyurethane

4. Mengaduk campuran bahan utama dengan perekat hingga merata.
5. Menuang campuran pada cetakan yang terbuat dari kayu berukuran  $5\text{ cm} \times 5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ .
6. Menekan spesimen hingga padat dan berbentuk sesuai cetakan yang digunakan. Tekanan yang digunakan adalah 1:5, pada pembuatan spesimen untuk pengujian massa jenis ini dibutuhkan ukuran spesimen sebesar  $50\text{ cm}^3$  atau sama dengan 50 mililiter, sehingga banyaknya campuran yang harus disiapkan adalah sebesar 250 mililiter. Kemudian memadatkan campuran tersebut hingga menjadi ukuran 50 mililiter atau seukuran cetakan.
7. Mengeluarkan spesimen dari cetakan secara perlahan.
8. Mengeringkan spesimen di ruang terbuka selama 7 hari hingga spesimen mengering.

#### III.4.2 Pembuatan Spesimen Untuk Pengujian Konduktivitas Termal

Ukuran spesimen yang dipakai untuk pengujian konduktivitas termal disesuaikan dengan standard yang ditentukan oleh Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Ukuran yang ditentukan yaitu, tinggi spesimen 50 mm dan diameter sebesar 45-50 mm seperti pada gambar 3.4.



Gambar 3. 4. Standar ukuran spesimen untuk pengujian konduktivitas termal di Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa , Teknik Mesin, ITS

Sehingga ukuran spesimen yang digunakan untuk pengukuran konduktivitas termal pada penelitian ini adalah tinggi sebesar 50 mm dan diameter sebesar 45 mm. Spesimen untuk pengujian

konduktivitas termal dicetak menggunakan cetakan yang terbuat dari pipa PVC seperti yang terlihat pada gambar 3.5.



*Gambar 3. 5. Cetakan untuk membuat spesimen pengujian konduktivita termal*

Langkah pembuatan spesimen untuk konduktivitas termal adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan
2. Mengukur komposisi bahan serbuk kayu sengon dan jerami menggunakan timbangan. Adapun komposisi bahan utama yang dibuat untuk setiap spesimen adalah sebagai berikut :
  - a. Spesimen 1 = 70 gram serbuk kayu sengon : 30 gram jerami
  - b. Spesimen 2 = 50 gram serbuk kayu sengon : 50 gram jerami
  - c. Spesimen 3 = 70 gram serbuk kayu sengon : 30 gram jerami
  - d. Spesimen 4 = 70 gram serbuk kayu sengon : 30 gram jerami
  - e. Spesimen 5 = 50 gram serbuk kayu sengon : 50 gram jerami
  - f. Spesimen 6 = 70 gram serbuk kayu sengon : 30 gram jerami
3. Mencampur bahan utama dengan perekat, perekat yang dipakai adalah lem polyvinyl acetate dan lem polyurethane. Komposisi perekat yang dipakai pada setiap spesimen adalah sama, yaitu 60 mililiter untuk setiap campuran. Perekat yang digunakan untuk setiap spesimen adalah sebagai berikut :
  - a. Spesimen 1 = menggunakan perekat polivinyl acetate
  - b. Spesimen 2 = menggunakan perekat polivinyl acetate
  - c. Spesimen 3 = menggunakan perekat polivinyl acetate
  - d. Spesimen 4 = menggunakan perekat polyurethane
  - e. Spesimen 5 = menggunakan perekat polyurethane
  - f. Spesimen 6 = menggunakan perekat polyurethane

4. Mengaduk campuran bahan utama dengan perekat hingga merata.
5. Menuang campuran pada cetakan yang terbuat dari pipa PVC berukuran diameter 45 mm dan tinggi 50 mm.
6. Menekan spesimen hingga padat dan berbentuk sesuai cetakan yang digunakan. Tekanan yang digunakan adalah 1:5, pada pembuatan spesimen untuk pengujian konduktivitas termal ini dibutuhkan ukuran spesimen sebesar 79,5 cm<sup>3</sup> atau sama dengan 79,5 mililiter, sehingga banyaknya campuran yang harus disiapkan adalah sebesar 397,5 mililiter atau lima kali ukuran yang dibutuhkan. Kemudian memadatkan campuran tersebut hingga menjadi ukuran 79,5 mililiter atau seukuran cetakan.
7. Mengeluarkan spesimen dari cetakan secara perlahan.
8. Mengeringkan spesimen di ruang terbuka selama 7 hari hingga spesimen mengering.

### III.5. Pengujian Spesimen

Setelah dilakukan pembuatan insulasi dengan berbagai variasi, maka dapat dilakukan pengumpulan data bahan insulasi tersebut meliputi konduktivitas termal dan massa jenis di laboratorium. Dan insulasi yang memiliki konduktivitas termal dan massa jenis yang terbaik akan dipakai untuk melanjutkan ke tahap perancangan alat.

#### III.5.1 Pengujian Massa Jenis Spesimen

Massa jenis adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda maka semakin besar pula massa setiap satuan volumenya. Massa Jenis rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya. Sebuah benda yang memiliki massa jenis yang tinggi akan memiliki volume yang kecil daripada benda bermassa sama yang memiliki massa jenis lebih rendah.

Massa jenis benda padat berbentuk balok dapat ditentukan dengan mengukur massa, Panjang, lebar, dan tinggi benda. Besar massa jenis suatu benda dapat diukur dengan persamaan berikut:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \dots\dots\dots (6)$$

Dimana :

- $\rho$       = massa jenis benda (gr/cm<sup>3</sup>)  
 $m$        = massa benda (gr)  
 $V$        = volume (cm<sup>3</sup>)

Dalam penelitian ini specimen yang digunakan untuk pengujian massa jenis berukuran  $5\text{ cm} \times 5\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ . Berikut langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian massa jenis specimen.

1. Menyipakan specimen berukuran  $5\text{ cm} \times 5\text{ cm} \times 2\text{ cm}$  seperti yang terlihat pada gambar 3.6.



Gambar 3. 6. Spesimen berukuran  $5\text{ cm} \times 5\text{ cm} \times 2\text{ cm}$

2. Menimbang specimen menggunakan timbangan analog seperti yang terlihat pada gambar 3.7.



Gambar 3. 7. Timbangan Analog

3. Mencatat hasil pengukuran yang tertera pada layar timbangan.
4. Menghitung massa jenis menggunakan persamaan (6) dan mencatat hasilnya.

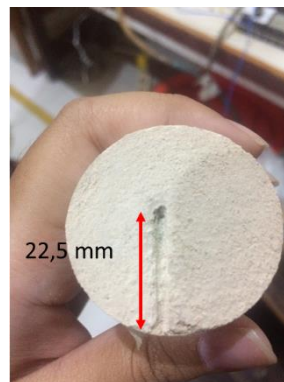
### III.5.2 Pengujian Konduktivitas Termal Spesimen

Pengujian konduktivitas termal specimen dilakukan di Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa, Departemen Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan menggunakan standar ASTM E 1225. Dalam pengujian konduktivitas termal bahan terdapat 3 tahap yang harus dilakukan, yaitu tahap persiapan specimen, tahap

persiapan alat, dan tahap pengambilan data. Berikut penjelasan mengenai 2 tahap pengujian konduktivitas termal spesimen.

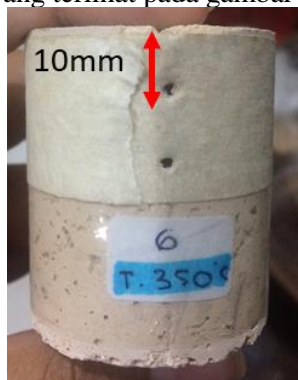
#### 1. Tahap Persiapan Spesimen

Spesimen harus memiliki permukaan yang rata di bagian permukaan atas dan alas spesimen, agar pembacaan alat lebih akurat, kemudian spesimen perlu diberi 2 celah untuk meletakkan *thermocouple*, *thermocouple* akan diletakkan pada permukaan atas spesimen dan bagian samping spesimen. Spesimen untuk pengujian konduktivitas termal di beri cekungan seukuran dengan *thermocouple* mencapai bagian tengah spesimen atau sepanjang jari-jari spesimen. Bentuk cekungan yang diperlukan bisa dilihat pada gambar 3.8.



Gambar 3. 8. Cekungan pada Permukaan AtasSpesimen

Lubang kedua akan dibuat pada bagian samping spesimen atau tubuh spesimen. Lubang kedua ini berada 1 cm dari permukaan atas spesimen. Untuk kedalaman lubang, dibuat sedalam jari-jari spesimen, seperti yang terlihat pada gambar 3.9.

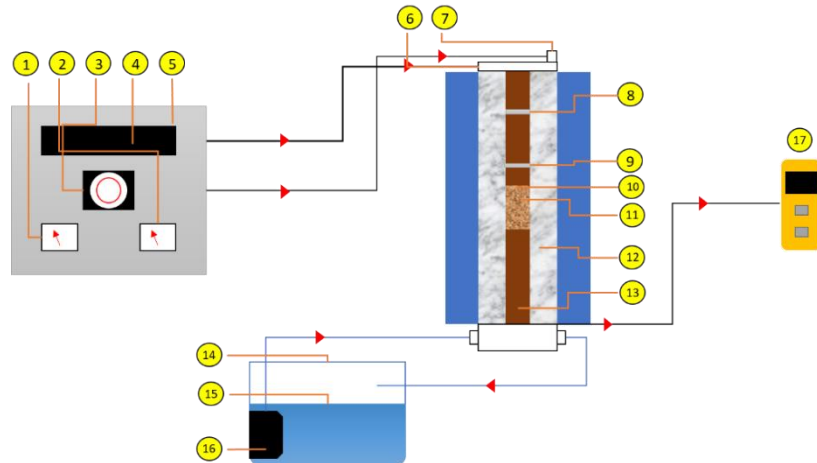


Gambar 3. 9. Lubang pada Badan Spesimen untuk Meletakkan Thermocouple



## 2. Tahap Persiapan Alat

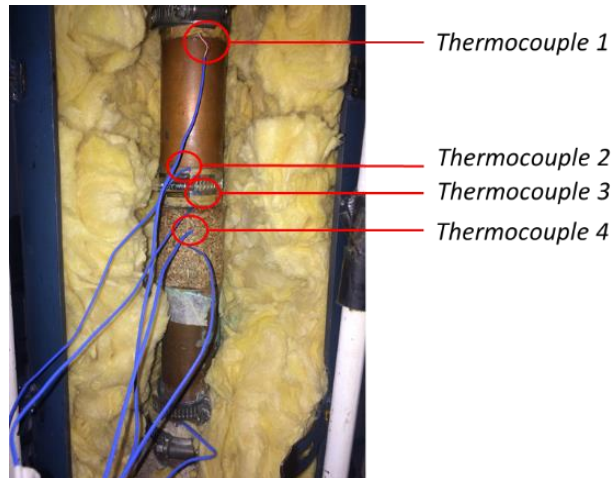
- a. Memastikan sistem peralatan uji konduktivitas termal telah terinstalasi dengan baik dan benar sesuai dengan gambar 3.10.



Gambar 3. 10. Skema Rangkaian Peralatan Uji Konduksi

### Keterangan :

1. Amperemeter
  2. Voltmeter
  3. *Setpointadjuster*
  4. *Thermocouple selector*
  5. *Thermocontrol*
  6. Logam perantara 1
  7. Elemen pemanas
  8. *Thermocouple 1*
  9. *Thermocouple 2*
  10. *Thermocouple 3*
  11. *Thermocouple 4*
  12. Isolator
  13. Logam perantara 2
  14. Penampung air pendingin
  15. Air pendingin
  16. Pompa
  17. *Digital thermometer*
- b. Memastikan tegangan pada *voltage regulator* bernilai 0 volt dan *setpointthermocontrol* pada nilai 0°C .
  - c. Memasang *thermocouple* pada pada spesimen. Pada pengujian ini terdapat 4 *thermocouple* seperti pada gambar 3.11.



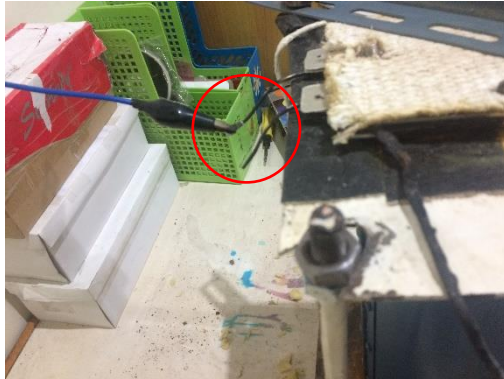
Gambar 3. 11. Peletakkan Thermocouple

- d. Memastikan *thermocouple* terpasang baik pada spesimen dengan mengecek nilai yang ditunjukkan pada *display digital thermometer*. Apabila nilai temperatur tidak relevan, dapat dilakukan pemasangan *thermocouple* kembali.
- e. Merapatkan isolator hingga tabung tertutup seperti gambar 3.12.



Gambar 3. 12. Isolator yang Telah Dirapatkan

- f. Memasang *heater* dengan mengencangkan dengan logam penghantar pada bagian atas sistem peralatan uji konduktivitas termal seperti pada gambar 3.13.



Gambar 3. 13. Logam Pengantar Disambungkan pada Rangkaian

3. Tahap Pengambilan Data
  - a. Mengatur tegangan voltage regulator sebesar 220 volt seperti pada gambar 3.14.



Gambar 3. 14. Tegangan Voltase Bernilai 220 V

- b. Memastikan bahwa pompa mensirkulasi air pendinginan dengan baik.
    - c. Menyalakan *thermocontrol* dengan menekan saklar tegangan *thermocontrol*. Memastikan *thermocontrol* pada posisi ON.
    - d. Mengatur *setpointthermocontrol* pada nilai 100 °C seperti pada gambar 3.15.



Gambar 3. 15. Setpoint Adjuster Bernilai 100 °C

- e. Data siap diambil dengan waktu tunggu 120 menit setelah *setpointthermocontrol* diatur pada nilai 100°C. Suhu pada *setpointthermocontrol* diatur konstan selama 120 menit. Kemudian mengambil data temperatur pada setiap *thermocouple* setiap 5 menit. Melakukan pengambilan data berikutnya pada menit ke 125, 130, 135, dan 140. Sehingga ada 5 kali pengambilan data untuk tempetaur spesimen.
- f. Mencatat hasil pembacaan suhu yang tertera pada layar *digital thermometer*.
- g. Setelah pengambilan data selesai, *setpointthermocontrol* diatur pada 0°C dan mematikan *thermocontrol*.
- h. Mengulang prosedur untuk pengambilan data konduktivitas termal masing-masing spesimen.
- i. Setelah data konduktivitas termal untuk spesimen terakhir selsai diambil, *voltage* regulator dimatikan dengan mengatur tegangan pada 0 volt. Kemudian melepas sumber listrik untuk pompa.

### III.6. Perancangan Alat

#### III.6.1. Pemilihan Spesimen

Setelah dilakukan pengujian massa jenis dan konduktivitas termal spesimen serta pembahasan mengenai kemudahan pembuatan spesimen, maka dapat dilakukan pemilihan spesimen yang akan dijadikan coolbox. Parameter untuk pemilihan spesimen yang paling utama adalah konduktivitas termal spesimen yaitu memiliki bobot sebesar 50% , karena konduktivitas termal dari spesimen akan berpengaruh pada sifat isolator insulasi, semakin kecil konduktivitas termal maka semakin baik juga dalam menahan perpindahan panas. Kemudian massa jenis spesimen dan kemudahan dalam pembuatan memiliki bobot 25% pada masing-masing parameter.

Tahap pertama yang dilakukan adalah dengan memberi peringkat pada masing-masing spesimen. Peringkat ini diberikan pada setiap parameter seperti pada tabel 3.1. .

Tabel 3. 1 Peringkat Spesimen Pada Berbagai Parameter

No. Spesimen	Peringkat		
	Kemudahan Dalam Pembuatan	Massa Jenis	Konduktivitas Termal
1	IV	I	II
2	V	II	V
3	VI	III	III
4	I	III	I
5	II	IV	VI
6	III	V	IV

Setelah memberikan peringkat pada keenam spesimen, maka dapat dilakukan penilaian sesuai dengan bobot dan peringkat yang telah ditentukan . Penilaian dilakukan dengan memberi nilai dengan skala 0-100. Hasil dari perhitungan nilai dapat dilihat pada tabel 3.2.

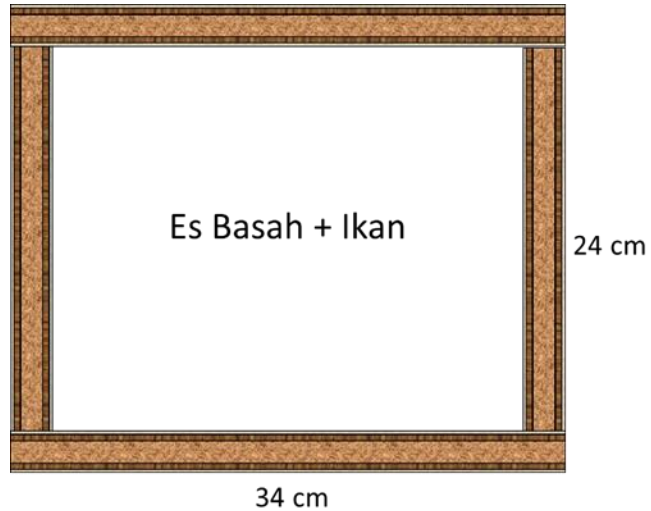
Tabel 3. 2. Hasil Pehitungan Nilai Spesimen

No. Spesimen	Kemudahan Dalam Pembuatan		Massa Jenis		Konduktivitas Termal		Total Nilai
	Peringkat	Nilai	Peringkat	Nilai	Peringkat	Nilai	
1	IV	50	I	100	II	83	79
2	V	33	II	80	V	33	45
3	VI	17	III	60	III	67	53
4	I	100	III	60	I	100	90
5	II	83	IV	40	VI	17	39
6	III	67	V	20	IV	50	47

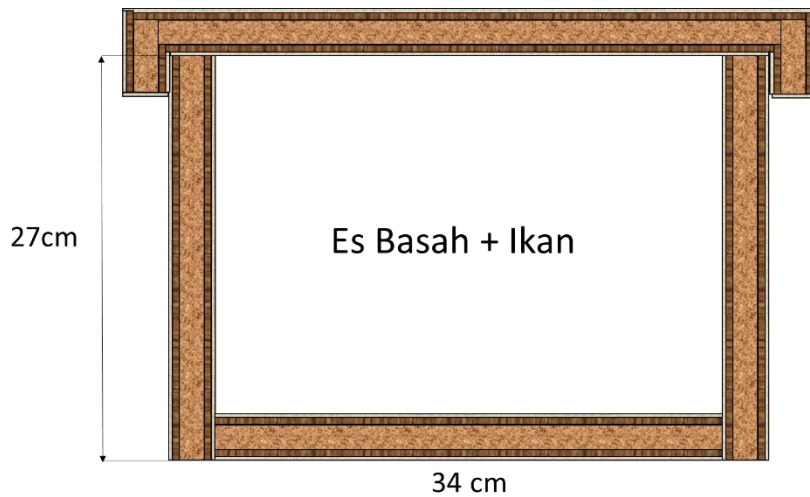
### III.6.2. Pembuatan Coolbox

Pada tahap pengumpulan data didapat bahan insulasi terbaik dari berbagai variasi komposisi campuran antara serbuk gergaji kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) dan jerami adalah spesimen 3 dengan kandungan 66% serbuk kayu sengon, 28% jerami, dan 6% polyurethane. *Cool box* yang akan dibuat memiliki dimensi sebagai berikut :

Panjang : 34 cm  
 Lebar : 24 cm  
 Tinggi : 27 cm



Gambar 3. 16. Potongan Tampak Atas Coolbox



Gambar 3. 17. Ilustrasi Potongan Membujur Coolbox

Untuk tebal dinding *coolbox* yang digunakan adalah sebesar 3 cm, ukuran ini dipakai karena pada percobaan, *coolbox* yang telah dimodifikasi ini akan dibandingkan dengan *coolbox* berbahan dasar styrofoam. Sehingga ukuran ini dipilih sesuai dengan ketebalan *coolbox* styrofoam yang ada di pasaran.

Begitu juga dengan dimensi kotak pendingin yang akan dibuat seperti yang terlihat pada gambar 3.16 dan gambar 3.17.



Gambar 3. 18. Lapisan pada Dinding Coolbox

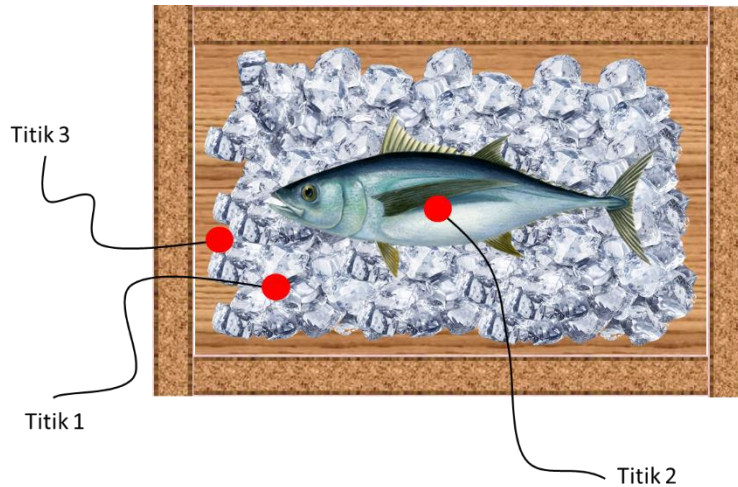
Pada dinding coolbox, dipakai resin dan kayu lapis (*plywood*) sebagai pelapis insulasi. Dimana resin akan menjadi lapisan terluar dari dinding *coolbox*. Kemudian kayu lapis (*plywood*) akan menjadi lapisan dalam insulasi. Ketebalan resin yang digunakan adalah 1 mm dan plywood 4 mm. Sedangkan insulasi setebal 20 mm. Untuk gambaran lebih jelas dari lapisan dinding *coolbox*, dapat dilihat pada gambar 3.18.

### III.7. Percobaan

Percobaan dilakukan dengan membandingkan performansi antara *coolbox* dengan insulasi kayu sengon dan jerami dan *coolbox* berbahan dasar *styrofoam*. Pada *coolbox* berbahan dasar *styrofoam* akan dilakukan perlakuan sama dengan *coolbox* dengan insulasi kayu sengon dan , yaitu melapisi *coolbox* dengan kayu lapis dan resin seperti pada gambar 3.18. Ikan laut digunakan sebagai beban pendinginan, yang digunakan adalah jenis ikan tongkol dengan massa 400 gram dan juga dimasukkan serpihan es dengan massa 2,0 kilogram. Akan dilakukan dua pengamatan yaitu :

1. Waktu pendinginan  
Dilakukan pengamatan terhadap coolbox berisi ikan dan es basah hingga ruang coolbox menjacapai 20 °C. Suhu 20 °C digunakan karena pada suhu ini ikan dapat dikatakan dalam kondisi segar.
2. Suhu terendah yang dapat dicapai masing-masing *coolbox*.  
Pada percobaan ini dilakukan pengamatan suhu terendah yang dapat dicapai coolbox dalam waktu 24 jam. Pengamatan dilakukan 30 menit sekali. Dengan titik pengamatan berada pada :
  - Titik 1 , berada pada bawah permukaan es basah
  - Titik 2, berada di dalam badan ikan (ikan dilubangi)
  - Titik 3, berada pada ruang coolbox

Gambar 3.19. menunjukkan titik pengamatan suhu pada penelitian ini.



Gambar 3. 19. Peletakan Titik Pengamatan pada Coolbox

### III.8. Analisa Data

Setelah dilakukan percobaan, maka didapatkan data percobaan. Dari data tersebut, dianalisis berdasarkan waktu pendinginan maksimal dan suhu terendah yang dicapai selama proses pendinginan baik dari *cool box* yang telah dimodifikasi dan *cool box* berbahan *styrofoam* atau gabus. Pada analisa waktu pendinginan maksimal coolbox, akan diberikan batasan dimana hingga suhu ruang coolbox berada pada titik 20 °C dan dilakukan pencatatan setiap 30 menit sekali. Sedangkan untuk pengamatan mengenai suhu terendah yang dapat dicapai, akan dilakukan pengamatan selama 24 jam dengan pencatatan dilakukan setiap 30 menit sekali.



*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### IV.1. Hasil dan Pembahasan Pembuatan Spesimen

Sebelum membuat kotak pendingin, maka perlu dilakukan pembuatan spesimen insulasi kotak pendingin tersebut yang selanjutnya akan dilakukan pengujian terhadap konduktivitas termal dan massa jenis dari insulasi yang dibuat. Pada penelitian ini, Bahan utama pembuatan insulasi kotak pendingin yang digunakan adalah serbuk gergaji kayu sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) dan Jerami. Komposisi spesimen yang digunakan merupakan hasil dari beberapa kali percobaan, sehingga spesimen yang dihasilkan merupakan hasil terbaik yang didapat oleh penulis.

##### IV.1.1. Hasil dan Pembahasan Spesimen Untuk Pengujian Massa Jenis



Gambar 4. 1. Spesimen untuk pengujian massa jenis

Gambar 4.1. merupakan hasil dari pembuatan spesimen untuk pengujian massa jenis dengan berbagai variasi. Terlihat perbedaan tekstur maupun warna dari keenam spesimen karena komposisi serbuk kayu sengon dan jerami yang berbeda. Variasi perekat yang digunakan juga menentukan tampilan fisik spesimen. Pembuatan spesimen ini melalui dua kali percobaan sampai ditemukan perlakuan dan komposisi yang pas untuk menghasilkan spesimen yang baik.

Pada percobaan pembuatan spesimen yang pertama, dipakai komposisi sebagai berikut:

1. Serbuk kayu sengon
2. Potongan jerami
3. Perekat 30 mililiter

Pada percobaan pertama ini, spesimen ditekan hingga padat dan berbentuk sesuai cetakan yang digunakan. Tekanan yang digunakan adalah 1:3, pada pembuatan spesimen untuk pengujian massa jenis ini dibutuhkan ukuran spesimen sebesar  $50 \text{ cm}^3$  atau sama dengan 50 mililiter, sehingga banyaknya campuran yang harus disiapkan adalah sebesar 150 mililiter. Pada percobaan pertama ini spesimen akan dikeluarkan setelah mengering atau dikeluarkan setelah 5 hari proses pengeringan. Namun hasilnya adalah spesimen tidak dapat dikeluarkan dari cetakan untuk spesimen dengan perekat polyurethane dan untuk spesimen dengan bahan perekat polyvinyl acetate, spesimen pecah saat dikeluarkan dari cetakan karena spesimen belum mengering setelah pengeringan 5 hari.

Pada percobaan kedua, digunakan komposisi yang sama dengan percobaan pertama namun dari percobaan pertama didapat evaluasi yang dapat dijadikan perbaikan untuk percobaan kedua, yaitu:

1. Spesimen yang pecah dikarenakan kurangnya tekanan, maka perlu ditambah tekanannya
2. Spesimen dikeluarkan dari cetakan setelah ditekan, agar tidak menempel lagi pada cetakan.
3. Waktu pengeringan ditambah, karena pada percobaan pertama spesimen belum mengering sempurna dalam waktu 5 hari.
4. Menambah perekat karena serbuk kayu bagian luar mudah terkikis.

Dari beberapa catatan yang didapat dari percobaan pertama maka didapat komposisi yang akan dipakai pada percobaan kedua yaitu :

1. Serbuk kayu sengon
2. Potongan jerami
3. Perekat 60 mililiter

Spesimen diberi perlakuan berbeda dengan cara ditekan hingga padat dan berbentuk sesuai cetakan yang digunakan. Tekanan yang digunakan adalah 1:5, pada pembuatan spesimen untuk pengujian massa jenis ini dibutuhkan ukuran spesimen sebesar  $50 \text{ cm}^3$  atau sama dengan 50 mililiter, sehingga banyaknya campuran yang harus disiapkan adalah sebesar 250 mililiter. Spesimen dikeluarkan dari cetakan setelah ditekan untuk menghindari melekatnya spesimen

pada cetakan. Juga dilakukan proses pengeringan selama 7 hari. Dari hasil percobaan kedua ini didapat komposisi yang baik dan spesimen berhasil dibuat dengan komposisi dan perlakuan pada percobaan kedua.

#### 1. Spesimen 1

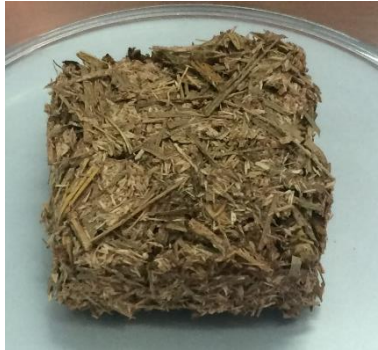
Spesimen 1 memiliki komposisi 70% serbuk kayu sengon dan 30% jerami dengan bahan perekat polyvinyl asetat (PVAc) seperti yang terlihat pada gambar 4.2. Bahan serbuk kayu sengon memiliki ukuran partikel lebih kecil daripada potongan jerami. Sehingga pada proses spesimen ini lebih mudah daripada spesimen 2 dan 3 karena serbuk kayu sengon lebih mudah menyatu ketika diberi perekat berbahan dasar polyvinyl asetat (PVAc). Namun kelemahan perekat polyvinyl asetat adalah dibutuhkan waktu lebih lama untuk pengeringan, untuk spesimen berukuran 5 cm × 5 cm × 2 cm dibutuhkan waktu 7 hari untuk mengering sempurna dan diletakkan di tempat kering dan terpapar sinar matahari. Perekat polyvinyl asetat (PVAc) juga mengandung air, sehingga apabila spesimen diletakkan di tempat tertutup akan menyebabkan spesimen berjamur.



*Gambar 4. 2. Spesimen 1 untuk pengujian massa jenis (70% serbuk kayu dan 30% jerami dengan perekat PVAc)*

#### 2. Spesimen 2

Spesimen 2 memiliki komposisi 50% serbuk kayu sengon dan 50% jerami dengan bahan perekat polyvinyl asetat (PVAc) seperti yang terlihat pada gambar 4.3. Pada pembuatan spesimen 2, kesulitan yang sama ditemukan yaitu perekat polyvinyl asetat (PVAc) memiliki waktu mengering yang lama .



*Gambar 4. 3. Spesimen 2 untuk pengujian massa jenis (50% serbuk kayu dan 50% jerami dengan perekat PVAc)*

### 3. Spesimen 3

Spesimen 3 memiliki komposisi 30% serbuk kayu sengon dan 70% jerami dengan bahan perekat polyvinyl asetat (PVAc) seperti yang terlihat pada gambar 4.4. Karena komposisi potongan jerami yang lebih banyak daripada serbuk kayu sengon, pada proses pembuatan spesimen ini bahan sulit menyatu. Menjadi lebih sulit karena bahan perekat polyvinyl asetat (PVAc) memerlukan waktu yang lama untuk mengering, sehingga pada pembuatan spesimen sebaiknya tidak langsung dikeluarkan dari cetakan. Menunggu spesimen sedikit mengering atau dikeringkan selama 1 malam merupakan waktu yang tepat untuk mengeluarkan spesimen dari cetakan.



*Gambar 4. 4. Spesimen 3 untuk pengujian massa jenis (30% serbuk kayu dan 70% jerami dengan perekat PVAc)*

### 4. Spesimen 4

Spesimen 4 memiliki komposisi 70% serbuk kayu sengon dan 30% jerami dengan bahan perekat polyurethane seperti yang terlihat pada gambar 4.5. Perekat berbahan dasar

polyurethane memiliki sifat mudah mengering, dimana dalam 2 menit pengaplikasian, perekat akan bereaksi ditandai dengan adanya kenaikan temperatur. Sifat polyurethane yang berubah wujud menjadi busa dan berekspansi saat bereaksi membuat perekat ini akan mengisi ruang-ruang kosong yang ada pada spesimen. Sehingga secara tampilan fisik, spesimen dengan bahan perekat polyurethane terlihat lebih halus dan beraturan disbanding dengan spesimen dengan bahan perekat polyvinyl asetat (PVAc). Namun, ada beberapa kelemahan pada bahan perekat ini diantaranya sangat cepat mengering sehingga pembuatan harus lebih cepat. Spesimen harus segera dikeluarkan dari cetakan sebelum perekat bereaksi agar spesimen dapat dikeluarkan dari cetakan dengan mudah. Namun secara keseluruhan, pembuatan spesimen dengan bahan perekat polyurethane lebih mudah daripada pembuatan spesimen dengan bahan perekat polyvinyl asetat (PVAc).



*Gambar 4. 5. Spesimen 4 untuk pengujian massa jenis (70% serbuk kayu dan 30% jerami dengan perekat polyuerthane)*

#### 5. Spesimen 5

Spesimen 5 memiliki komposisi 50% serbuk kayu sengon dan 50% jerami dengan bahan perekat polyurethane seperti yang terlihat pada gambar 4.6. Karena spesimen 5 juga menggunakan perekat berbahan dasar polyurethane seperti spesimen 4 dan 6, maka spesimen 5 memiliki tingkat kesulitan pembuatan yang lebih rendah disbanding dengan spesimen 2 yang memiliki komposisi yang sama, yaitu 50% serbuk kayu sengon dan 50% potongan jerami.



*Gambar 4. 6. Spesimen 5 untuk pengujian massa jenis (50% serbuk kayu dan 50%jerami dengan perekat polyuerthane)*

#### 6. Spesimen 6

Spesimen 6 memiliki komposisi 30% serbuk kayu sengon dan 70% jerami dengan bahan perekat polyurethane seperti yang terlihat pada gambar 4.7. Perekat polyurethane dapat dikatakan memiliki kekuatan merekatkan lebih baik daripada lem polyvinyl acetate, meskipun mengandung lebih banyak potongan jerami daripada serbuk kayu sengon namun tidak ditemukan kesulitan seperti yang ditemukan pada spesimen 3 . Pembuatan spesimen dengan bahan perekat polyurethane lebih mudah daripada pembuatan spesimen dengan bahan perekat polyvinyl asetat (PVAc) namun perlu diperhatikan, komposisi perekat polyurethane yang berlebihan akan menyebabkan spesimen mengembang dan berubah bentuknya menjadi tidak beraturan. Disarankan pula menggunakan sarung tangan pada saat proses pembuatan spesimen dengan bahan perekat polyurethane.



*Gambar 4. 7. Spesimen 4 untuk pengujian massa jenis (30% serbuk kayu dan 70%jerami dengan perekat polyuerthane)*

#### IV.1.2. Hasil dan Pembahasan Pembuatan Spesimen Untuk Pengujian Konduktivitas Termal



*Gambar 4. 8. Spesimen untuk pengujian konduktivitas termal*

Gambar 4.8. merupakan hasil dari pembuatan spesimen untuk pengujian konduktivitas termal dengan berbagai variasi bahan. Terlihat perbedaan tekstur maupun warna dari keenam spesimen karena komposisi serbuk kayu sengon dan jerami yang berbeda. Variasi perekat yang digunakan juga menentukan tampilan fisik spesimen. Pembuatan spesimen ini melalui dua kali percobaan sampai ditemukan perlakuan dan komposisi yang pas untuk menghasilkan spesimen yang baik.

Pada percobaan pertama ini, spesimen ditekan hingga padat dan berbentuk sesuai cetakan yang digunakan. Tekanan yang digunakan adalah 1:3, pada pembuatan spesimen untuk pengujian massa jenis ini dibutuhkan ukuran spesimen sebesar  $79,5 \text{ cm}^3$  atau sama dengan 79,5 mililiter, sehingga banyaknya campuran yang harus disiapkan adalah sebesar 240 mililiter. Pada percobaan pertama ini spesimen akan dikeluarkan setelah mengering atau dikeluarkan setelah 5 hari proses pengeringan. Namun hasilnya adalah spesimen tidak dapat dikeluarkan dari cetakan untuk spesimen dengan perekat polyurethane dan untuk spesimen dengan bahan perekat polyvinyl acetate, spesimen pecah saat dikeluarkan dari cetakan karena spesimen belum mengering setelah pengeringan 5 hari.

Pada percobaan kedua, digunakan komposisi yang sama dengan percobaan pertama namun dari percobaan pertama didapat evaluasi yang dapat dijadikan perbaikan untuk percobaan kedua, yaitu:

1. Spesimen yang pecah dikarenakan kurangnya tekanan, maka perlu ditambah tekanannya



2. Spesimen dikeluarkan dari cetakan setelah ditekan, agar tidak menempel lagi pada cetakan.
3. Waktu pengeringan ditambah, karena pada percobaan pertama spesimen belum mengering sempurna dalam waktu 5 hari.
4. Menambah perekat karena serbuk kayu bagian luar mudah terkikis.

Dari beberapa catatan yang didapat dari percobaan pertama maka didapat komposisi yang akan dipakai pada percobaan kedua yaitu :

1. Serbuk kayu sengon
2. Potongan jerami
3. Perekat 60 mililiter

Spesimen diberi perlakuan berbeda dengan cara ditekan hingga padat dan berbentuk sesuai cetakan yang digunakan. Tekanan yang digunakan adalah 1:5, pada pembuatan spesimen untuk pengujian massa jenis ini dibutuhkan ukuran spesimen sebesar  $79,5 \text{ cm}^3$  atau sama dengan 79,5 mililiter, sehingga banyaknya campuran yang harus disiapkan adalah sebesar 400 mililiter. Spesimen dikeluarkan dari cetakan setelah ditekan untuk menghindari melekatnya spesimen pada cetakan. Juga dilakukan proses pengeringan selama 7 hari. Dari hasil percobaan kedua ini didapat komposisi yang baik dan spesimen berhasil dibuat dengan komposisi dan perlakuan ini. Keenam spesimen akan dijelaskan secara detail dibawah ini:

#### 1. Spesimen 1

Spesimen 1 memiliki komposisi 70% serbuk kayu sengon dan 30% jerami dengan bahan perekat polyvinyl asetat (PVAc) sebanyak 60 ml atau sama dengan 66% serbuk kayu sengon 28 % jerami, dan bahan perekat polyvinyl asetat (PVAc) 6% seperti yang terlihat pada gambar 4.9. Bahan serbuk kayu sengon memiliki ukuran partikel lebih kecil daripada potongan jerami. Sehingga pada proses spesimen ini lebih mudah daripada spesimen 2 dan 3 karena serbuk kayu sengon lebih mudah menyatu ketika diberi perekat berbahan dasar polyvinyl asetat (PVAc). Namun kelemahan perekat polyvinyl asetat adalah dibutuhkannya waktu lebih lama untuk pengeringan, untuk spesimen berukuran  $5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} \times 2 \text{ cm}$  dibutuhkan waktu 7 hari untuk mengering sempurna dan diletakkan di tempat kering dan terpapar sinar matahari. Perekat polyvinyl asetat (PVAc) juga mengandung air, sehingga apabila spesimen diletakkan di tempat tertutup akan menyebabkan spesimen berjamur.



*Gambar 4. 9. Spesimen 1 untuk pengujian konduktivitas termal (70% serbuk kayu dan 30% jerami dengan perekat PVAc)*

## 2. Spesimen 2

Spesimen 2 memiliki komposisi 50% serbuk kayu sengon dan 50% jerami dengan bahan perekat polyvinyl asetat (PVAc) seperti yang terlihat pada gambar 4.10. Pada pembuatan spesimen 2, kesulitan yang sama ditemukan yaitu perekat polyvinyl asetat (PVAc) memiliki waktu mengering yang lama. Komposisi seluruh h bahan pada spesimen 2 adalah sebanyak 47% serbuk kayu sengon 47% jerami, dan bahan perekat polyvinyl asetat (PVAc) 6%.



*Gambar 4. 10. Spesimen 2 untuk pengujian konduktivitas termal (50% serbuk kayu dan 50% jerami dengan perekat PVAc)*

## 3. Spesimen 3

Spesimen 3 memiliki komposisi 30% serbuk kayu sengon dan 70% jerami dengan bahan perekat polyvinyl asetat (PVAc) sebanyak 60 ml atau sama dengan 28 % serbuk kayu sengon 66 % jerami, dan bahan perekat polyvinyl

asetat (PVAc) 6% seperti yang terlihat pada gambar 4.11. Karena komposisi potongan jerami yang lebih banyak daripada serbuk kayu sengon, pada proses pembuatan spesimen ini bahan sulit menyatu. Menjadi lebih sulit karena bahan perekat polyvinyl asetat (PVAc) memerlukan waktu yang lama untuk mengering, sehingga pada pembuatan spesimen sebaiknya tidak langsung dikeluarkan dari cetakan. Menunggu spesimen sedikit mengering atau dikeringkan selama 1 malam merupakan waktu yang tepat untuk mengeluarkan spesimen dari cetakan.



*Gambar 4. 11. Spesimen 3 untuk pengujian konduktivitas termal (30% serbuk kayu dan 70% jerami dengan perekat PVAc)*

#### 4. Spesimen 4

Spesimen 4 memiliki komposisi 70% serbuk kayu sengon dan 30% jerami dengan bahan perekat polyurethane seperti yang terlihat pada gambar 4.12. Perekat berbahan dasar polyurethane memiliki sifat mudah mengering, dimana dalam 2 menit pengaplikasian, perekat akan bereaksi ditandai dengan adanya kenaikan temperatur. Sifat polyurethane yang berubah wujud menjadi busa dan berekspansi saat bereaksi membuat perekat ini akan mengisi ruang-ruang kosong yang ada pada spesimen. Sehingga secara tampilan fisik, spesimen dengan bahan perekat polyurethane terlihat lebih halus dan beraturan disbanding dengan spesimen dengan bahan perekat polyvinyl asetat (PVAc). Namun, ada beberapa kelemahan pada bahan perekat ini diantaranya sangat cepat mengering sehingga pembuatan harus lebih cepat. Spesimen harus segera dikeluarkan dari cetakan sebelum perekat bereaksi agar spesimen dapat dikeluarkan dari cetakan dengan mudah. Namun secara keseluruhan, pembuatan spesimen dengan bahan perekat polyurethane lebih mudah daripada

pembuatan spesimen dengan bahan perekat polyvinyl asetat (PVAc).



*Gambar 4. 12. Spesimen 4 untuk pengujian konduktivitas termal (70% serbuk kayu dan 30% jerami dengan perekat polyurethane)*

5. Spesimen 5

Spesimen 5 memiliki komposisi 50% serbuk kayu sengon dan 50% jerami dengan bahan perekat polyurethane seperti yang terlihat pada gambar 4.13. Karena spesimen 5 juga menggunakan perekat berbahan dasar polyurethane seperti spesimen 4 dan 6, maka spesimen 5 memiliki tingkat kesulitan pembuatan yang lebih rendah disbanding dengan spesimen 2 yang memiliki komposisi yang sama, yaitu 50% serbuk kayu sengon dan 50% potongan jerami.



*Gambar 4. 13. Spesimen 5 untuk pengujian konduktivitas termal (50% serbuk kayu dan 50% jerami dengan perekat polyurethane)*

6. Spesimen 6

Spesimen 6 memiliki komposisi 30% serbuk kayu sengon dan 70% jerami dengan bahan perekat polyurethane seperti yang terlihat pada gambar 4.14. Perekat polyurethane dapat

dikatakan memiliki kekuatan merekatkan lebih baik daripada lem polyvinyl acetate, meskipun mengandung lebih banyak potongan jerami daripada serbuk kayu sengan namun tidak ditemukan kesulitan seperti yang ditemukan pada spesimen 3 . Pembuatan spesimen dengan bahan perekat polyurethane lebih mudah daripada pembuatan spesimen dengan bahan perekat polyvinyl asetat (PVAc) namun perlu diperhatikan, komposisi perekat polyurethane yang berlebihan akan menyebabkan spesimen mengembang dan berubah bentuknya menjadi tidak beraturan. Disarankan pula menggunakan sarung tangan pada saat proses pembuatan spesimen dengan bahan perekat polyurethane.



*Gambar 4. 14. Spesimen 6 untuk pengujian konduktivitas termal (30% serbuk kayu dan 70%jerami dengan perekat polyurethane)*

## **IV.2. Hasil Pengujian Spesimen**

Setelah dilakukan pembuatan insulasi dengan berbagai variasi, maka dapat dilakukan pengumpulan data bahan insulasi tersebut meliputi konduktivitas termal dan massa jenis di laboratorium. Dan insulasi yang memiliki konduktivitas termal dan massa jenis terbaik akan dipakai untuk melanjutkan ke tahap perancangan alat.

### **IV.2.1 Hasil Pengujian Massa Jenis Spesimen**

Massa jenis spesimen berbentuk balok dapat ditentukan dengan mengukur massa, panjang, lebar, dan tinggi benda. Massa benda diukur dengan timbangan analog, sedangkan volume benda sudah ditentukan pada saat proses pencetakan spesimen. Tabel 4.1

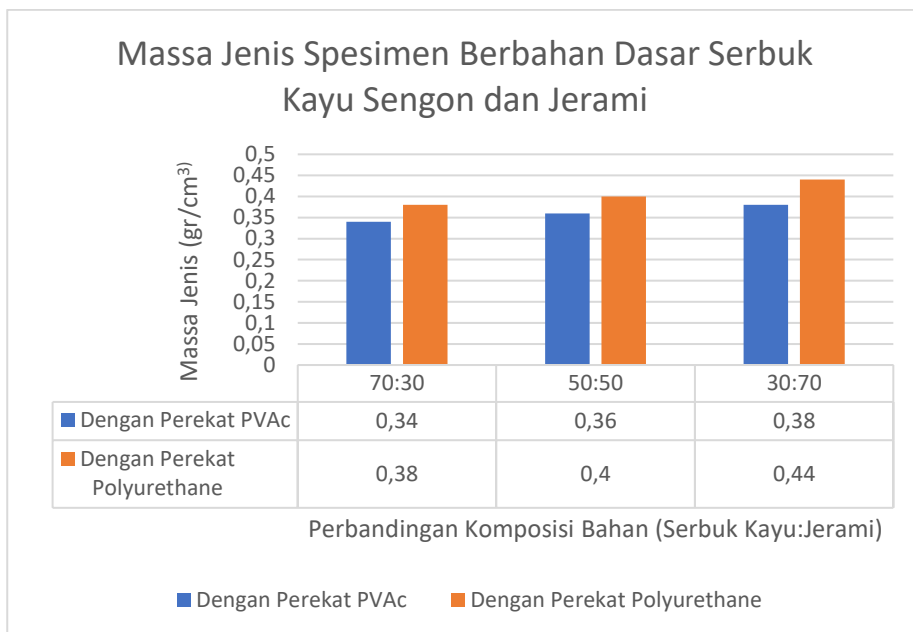
menunjukkan hasil pengukuran massa dan volume benda, juga hasil perhitungan massa jenis yang telah dilakukan.

*Tabel 4. 1. Hasil pengujian massa jenis spesimen*

No. Spesimen	Massa (gram)	Volume (cm <sup>3</sup> )	Massa Jenis (gr/cm <sup>3</sup> )
1	17	50	0.34
2	18	50	0.36
3	19	50	0.38
4	19	50	0.38
5	20	50	0.40
6	22	50	0.44

Dari hasil perhitungan massa jenis yang didapat, maka dapat dilihat bahwa spesimen 1 dengan komposisi 70% serbuk kayu sengon dan 30% jerami dengan bahan perekat polyvinyl asetat (PVAc) memiliki massa jenis terkecil yaitu 0,34 gr/cm<sup>3</sup>, kemudian spesimen 2 dengan komposisi 50% serbuk kayu sengon dan 50% jerami dengan bahan perekat polyvinyl asetat (PVAc) memiliki massa jenis terkecil kedua yaitu 0,36 gr/cm<sup>3</sup>, spesimen 3 dengan komposisi kandungan 30% serbuk kayu sengon dan 70% jerami dengan bahan perekat polyvinyl asetat (PVAc) memiliki massa jenis sama dengan spesimen 4 dengan komposisi 70% serbuk kayu sengon dan 30% jerami dengan bahan perekat polyurethane yaitu 0,38 gr/cm<sup>3</sup>, spesimen 5 dengan komposisi 50% serbuk kayu sengon dan 50% jerami dengan bahan perekat polyurethane memiliki massa jenis 0,40 gr/cm<sup>3</sup>, spesimen 6 dengan komposisi 30% serbuk kayu sengon dan 70% jerami dengan bahan perekat polyurethane memiliki massa jenis 0,44 gr/cm<sup>3</sup> memiliki massa jenis terbesar.

Dari perhitungan massa jenis yang diperoleh, dapat dilihat bahwa spesimen dengan kandungan jerami lebih banyak akan memiliki massa jenis yang lebih besar daripada spesimen yang memiliki kandungan serbuk kayu sengon yang lebih banyak. Dapat dilihat pula dengan komposisi serbuk kayu sengon dan jerami yang sama, spesimen dengan bahan perekat polyvinyl asetat (PVAc) memiliki massa jenis lebih kecil 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 4.1.



Grafik 4. 1. Massa Jenis Spesimen Berbahan Dasar Serbuk Kayu Sengon dan Jerami

#### IV.2.2 Hasil Pengujian Konduktivitas Termal Spesimen

Setelah dilakukan percobaan mengenai perpindahan konduksi, maka didapat hasil seperti pada tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4. 2. Hasil Percobaan Perpindahan Panas pada Spesimen

Pengambilan Data Ke-	Spesimen 1			
	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>3</sub> (°C)	T <sub>4</sub> (°C)
1	71,8	71,5	69,2	47,2
2	71,8	71,5	69,2	47,3
3	71,8	71,5	69,3	47,5
4	71,9	71,5	69,3	47,7
5	72	71,6	69,4	47,9
Pengambilan Data Ke-	Spesimen 2			
	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>3</sub> (°C)	T <sub>4</sub> (°C)
1	68,7	68,3	66	46,3
2	69	68,6	66,1	46,4
3	69,5	69,1	66,7	47
4	69,5	69,2	66,8	47,1
5	69,8	69,5	66,9	47,4

Pengambilan Data Ke-	Spesimen 3			
	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>3</sub> (°C)	T <sub>4</sub> (°C)
1	67,9	67,4	66,6	44,2
2	67,9	67,6	66,5	44,2
3	68	67,7	66,8	44,6
4	68,3	67,9	67	44,8
5	68,5	68,1	67,3	45,2
Pengambilan Data Ke-	Spesimen 4			
	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>3</sub> (°C)	T <sub>4</sub> (°C)
1	69,3	69,4	64	51,2
2	64,7	65	60,8	49,6
3	62,7	62,8	58,7	48,5
4	59,7	59,9	56,6	47,2
5	57,2	57,3	54,3	45,8
Pengambilan Data Ke-	Spesimen 5			
	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>3</sub> (°C)	T <sub>4</sub> (°C)
1	67,9	67,6	65,2	56
2	68,4	68,2	65,7	56,2
3	68,6	68,5	65,9	56,3
4	69	68,8	66,2	56,5
5	69,3	69,2	66,6	56,7
Pengambilan Data Ke-	Spesimen 6			
	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>3</sub> (°C)	T <sub>4</sub> (°C)
1	73,4	73	70,4	45,6
2	73,5	73,1	70,5	45,8
3	73,8	73,3	70,7	45,9
4	74	73,6	71	46,2
5	74,6	74,1	71,6	46,6

Dilakukan 5 kali pengambilan data, dimana data pertama diambil pada menit ke 120, dan untuk data ke 2 hingga ke 5 diambil dengan selang waktu setiap 5 menit dari pengambilan data pertama.

Berdasarkan pada data yang diperoleh dari hasil percobaan perpindahan panas konduksi, seperti yang terlihat pada tabel 4.2. Maka dapat dilakukan perhitungan untuk mendapatkan konduktivitas termal spesimen. Langkah-langkah untuk menghitung konduktivitas termal adalah sebagai berikut.



1. Menghitung temperatur rata-rata tembaga ( $T_{AVG}$  tembaga)

$$T_{AVG} = \frac{T_1 + T_2}{2} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana :

 $T_{AVG}$  tembaga = Temperatur rata-rata tembaga $T_1$  = Temperatur titik 1 $T_2$  = Temperatur titik 2

Tabel 4. 3. Hasil Perhitungan Temperatur Rata-Rata Tembaga

Pengambilan Data Ke-	Spesimen 1			
	$T_1(^{\circ}\text{C})$	$T_2(^{\circ}\text{C})$	$\Delta T_{\text{tembaga}} \text{ (K)}$	$T_{AVG} \text{ tembaga } (^{\circ}\text{C})$
1	68,7	68,3	0,3	68,5
2	69	68,6	0,3	68,8
3	69,5	69,1	0,3	69,3
4	69,5	69,2	0,4	69,35
5	69,8	69,5	0,4	69,65
Pengambilan Data Ke-	Spesimen 2			
	$T_1(^{\circ}\text{C})$	$T_2(^{\circ}\text{C})$	$\Delta T_{\text{tembaga}} \text{ (K)}$	$T_{AVG} \text{ tembaga } (^{\circ}\text{C})$
1	71,8	71,5	0,4	71,65
2	71,8	71,5	0,4	71,65
3	71,8	71,5	0,4	71,65
4	71,9	71,5	0,3	71,7
5	72	71,6	0,3	71,8
Pengambilan Data Ke-	Spesimen 3			
	$T_1(^{\circ}\text{C})$	$T_2(^{\circ}\text{C})$	$\Delta T_{\text{tembaga}} \text{ (K)}$	$T_{AVG} \text{ tembaga } (^{\circ}\text{C})$
1	67,9	67,4	0,5	67,65
2	67,9	67,6	0,3	67,75
3	68	67,7	0,3	67,85
4	68,3	67,9	0,4	68,1
Pengambilan Data Ke-	Spesimen 4			
	$T_1(^{\circ}\text{C})$	$T_2(^{\circ}\text{C})$	$\Delta T_{\text{tembaga}} \text{ (K)}$	$T_{AVG} \text{ tembaga } (^{\circ}\text{C})$
1	69,3	69,4	0,1	69,35
2	64,7	65	0,3	64,85
3	62,7	62,8	0,1	62,75
4	59,7	59,9	0,2	59,8
5	57,2	56,6	0,1	56,9

Pengambilan Data Ke-	Spesimen 5			
	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	ΔT tembaga (K)	T <sub>AVG</sub> tembaga (°C)
1	67,9	67,4	0,3	67,65
2	67,9	67,6	0,2	67,75
3	68	67,7	0,1	67,85
4	68,3	67,9	0,2	68,1
5	68,5	68,1	0,1	68,3
Pengambilan Data Ke-	Spesimen 6			
	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	ΔT tembaga (K)	T <sub>AVG</sub> tembaga (°C)
1	67,9	67,4	0,4	67,65
2	67,9	67,6	0,4	67,75
3	68	67,7	0,5	67,85
4	68,3	67,9	0,4	68,1
5	68,5	68,1	0,5	68,3

## 2. Menghitung nilai konduktivitas termal tembaga (K<sub>t</sub>)

Nilai konduktivitas termal dari tembaga dapat dilakukan dengan metode interpolasi. Terdapat tabel karakteristik termal beberapa logam padat seperti yang terlihat pada gambar 4.15 dibawah ini yang menunjukkan nilai konduktivitas termal tembaga pada beberapa temperatur.

Composition	Melting point (K)	Properties at various temperatures (K)										
		Properties at 300 K/353 K <sup>†</sup>					k(W/m K),c <sub>p</sub> (J/kg K)					
		ρ (kg/m <sup>3</sup> )	c <sub>p</sub> (J/kg K)	k (W/m K)	α·10 <sup>6</sup> (m <sup>2</sup> /s)	100	200	400	500	600	700	800
Aluminum	933	2702	906	237	97.1	302	237	240	237	232	226	220
Pure			901 <sup>†</sup>	240 <sup>†</sup>		485	802	935	996	1042	1091	1149
Alloy 2024-T6 (4.5% Cu, 1.5% Mg, 0.6% Mn)	775	2770	875	177	73.0	65	163	186		186		
Alloy 195, Case (4.5% Cu)		2790	883	168	68.2		174		185			
Copper												
Pure	1358	8933	386	401	117	483	413	393	388	383	377	371
			398 <sup>†</sup>	394 <sup>†</sup>		252	356	400	404	414	423	438
Commercial bronze (90% Cu, 10% Al)	1293	8800	420	52	14		42	52		59		
Phosphor gear bronze (89% Cu, 11% Sn)	1104	8780	355	54	17		41	65		74		
Catridge brass (70% Cu, 30% Zn)	1188	8530	380	110	33.9	75	95	137		149		
Constantan (55% Cu, 45% Ni)	1493	8920	384	23	6.71	17	19					
						237	362					
Iron	1810	7870	443	80.3	23.1	132	94.0	69.4	61.3	54.7	48.7	43.3
Pure			441 <sup>†</sup>	74.1 <sup>†</sup>		216	385	486	495	566	619	686

Gambar 4. 15. Karakteristik Termal Logam Padat (Incopera, 2007)

Karena temperatur tembaga berada diantara 300 K dan 400 K maka yang dipakai adalah konduktivitas termal tembaga pada 300 K dan 400 K.

Nilai konduktivitas termal tembaga didapat dari persamaan (8) dibawah ini:

$$K_t = K_{t(300K)} - \frac{(T_{AVG} - 300K)}{(400K - 300K)} \times (K_{t(300K)} - K_{t(400K)}) \dots\dots (8)$$

Dimana :

$K_t$  = konduktivitas termal tembaga (W/m.K)

$T_{AVG}$  = temperatur rata-rata tembaga (K)

$K_{t400K}$  = konduktivitas termal tembaga pada temperatur 400K (393 W/m.K)

$K_{t300K}$  = konduktivitas termal tembaga pada temperatur 300K (401 W/m.K)

Tabel 4. 4. Hasil Perhitungan Konduktivitas Termal Tembaga

Pengambilan Data Ke-	Spesimen 1		
	$T_{AVG}$ tembaga (°C)	$T_{AVG}$ tembaga (K)	$K_{tembaga}$ (W/mK)
1	68,5	341,5	397,68
2	68,8	341,8	397,656
3	69,3	342,3	397,616
4	69,35	342,35	397,612
5	69,65	342,65	397,588
Pengambilan Data Ke-	Spesimen 2		
	$T_{AVG}$ tembaga (°C)	$T_{AVG}$ tembaga (K)	$K_{tembaga}$ (W/mK)
1	71,65	344,65	397,428
2	71,65	344,65	397,428
3	71,65	344,65	397,428
4	71,7	344,7	397,424
5	71,8	344,8	397,416
Pengambilan Data Ke-	Spesimen 3		
	$T_{AVG}$ tembaga (°C)	$T_{AVG}$ tembaga (K)	$K_{tembaga}$ (W/mK)
1	67,65	340,65	397,748
2	67,75	340,75	397,74

3	67,85	340,85	397,732
4	68,1	341,1	397,712
5	68,3	341,3	397,696
Pengambilan Data Ke-	Spesimen 4		
	T <sub>AVG</sub> tembaga (°C)	T <sub>AVG</sub> tembaga (K)	K <sub>tembaga</sub> (W/mK)
1	69,35	342,35	397,612
2	64,85	337,85	397,972
3	62,75	335,75	398,14
4	59,8	332,8	398,376
5	56,9	329,9	398,608
Pengambilan Data Ke-	Spesimen 5		
	T <sub>AVG</sub> tembaga (°C)	T <sub>AVG</sub> tembaga (K)	K <sub>tembaga</sub> (W/mK)
1	67,65	340,65	396,252
2	67,75	340,75	396,26
3	67,85	340,85	396,268
4	68,1	341,1	396,288
5	68,3	341,3	396,304
Pengambilan Data Ke-	Spesimen 6		
	T <sub>AVG</sub> tembaga (°C)	T <sub>AVG</sub> tembaga (K)	K <sub>tembaga</sub> (W/mK)
1	67,65	340,65	396,252
2	67,75	340,75	396,26
3	67,85	340,85	396,268
4	68,1	341,1	396,288
5	68,3	341,3	396,304

3. Menghitung kalor masuk ( $Q_t$ )

Setelah menghitung konduktivitas termal tembaga ( $K_t$ ) menggunakan persamaan (8), maka jumlah kalor yang masuk dapat dihitung dengan persamaan perpindahan panas secara konduksi seperti persamaan (9) dibawah ini.

$$Q_t = \frac{K_t \times A_t \times \Delta T_t}{L_t} \dots\dots\dots (9)$$

$$Q_t = \frac{K_t \times (\pi \cdot r_t^2) \times (T_1 - T_2)}{L_t}$$

Dimana :

- $Q_t$  = Jumlah kalor yang masuk (W)  
 $\Delta T_t$  = Selisih temperatur temperatur tembaga ( $T_1-T_2$ )  
 $A_t$  = Luasan permukaan tembaga ( $m^2$ )  
 $r_t$  = Jari-jari permukaan tembaga (m)  
 $K_t$  = Konduktivitas termal tembaga (W/m.K)  
 $T_1$  = Temperatur titik 1 (K)  
 $T_2$  = Temperatur titik 2 (K)  
 $L_t$  = Panjang tembaga (m)

Tabel 4. 5. Hasil Perhitungan Jumlah Kalor yang Masuk

Pengambilan Data Ke-	Spesimen 1					
	$\Delta T$ tembaga (K)	$K_{\text{tembaga}}$ (W/mK)	$R_{\text{tembaga}}$ (m)	$A_{\text{tembaga}}$ ( $m^2$ )	$L_{\text{tembaga}}$ (m)	$Q_{\text{tembaga}}$ (W)
1	0,3	397,68	0,02	0,001256	0,09	1,664954
2	0,3	397,656	0,02	0,001256	0,09	1,664853
3	0,3	397,616	0,02	0,001256	0,09	1,664686
4	0,4	397,612	0,02	0,001256	0,09	2,219559
5	0,4	397,588	0,02	0,001256	0,09	2,219425
Pengambilan Data Ke-	Spesimen 2					
	$\Delta T$ tembaga (K)	$K_{\text{tembaga}}$ (W/mK)	$R_{\text{tembaga}}$ (m)	$A_{\text{tembaga}}$ ( $m^2$ )	$L_{\text{tembaga}}$ (m)	$Q_{\text{tembaga}}$ (W)
1	0,4	397,428	0,02	0,001256	0,09	2,218531
2	0,4	397,428	0,02	0,001256	0,09	2,218531
3	0,4	397,428	0,02	0,001256	0,09	2,218531
4	0,3	397,424	0,02	0,001256	0,09	1,663882
5	0,3	397,416	0,02	0,001256	0,09	1,663848
Pengambilan Data Ke-	Spesimen 3					
	$\Delta T$ tembaga (K)	$K_{\text{tembaga}}$ (W/mK)	$R_{\text{tembaga}}$ (m)	$A_{\text{tembaga}}$ ( $m^2$ )	$L_{\text{tembaga}}$ (m)	$Q_{\text{tembaga}}$ (W)
1	0,5	397,748	0,02	0,001256	0,09	2,775397
2	0,3	397,74	0,02	0,001256	0,09	1,665205
3	0,3	397,732	0,02	0,001256	0,09	1,665171
4	0,4	397,712	0,02	0,001256	0,09	2,220117
5	0,4	397,696	0,02	0,001256	0,09	2,220027

Pengambilan Data Ke-	Spesimen 4					
	$\Delta T_{\text{tembaga}}$ (K)	$K_{\text{tembaga}}$ (W/mK)	$R_{\text{tembaga}}$ (m)	$A_{\text{tembaga}}$ (m <sup>2</sup> )	$L_{\text{tembaga}}$ (m)	$Q_{\text{tembaga}}$ (W)
1	0,1	397,612	0,02	0,001256	0,09	0,55489
2	0,3	397,972	0,02	0,001256	0,09	1,666176
3	0,1	398,14	0,02	0,001256	0,09	0,555626
4	0,2	398,376	0,02	0,001256	0,09	1,111912
5	0,1	398,608	0,02	0,001256	0,09	0,55628
Pengambilan Data Ke-	Spesimen 5					
	$\Delta T_{\text{tembaga}}$ (K)	$K_{\text{tembaga}}$ (W/mK)	$R_{\text{tembaga}}$ (m)	$A_{\text{tembaga}}$ (m <sup>2</sup> )	$L_{\text{tembaga}}$ (m)	$Q_{\text{tembaga}}$ (W)
1	0,3	396,252	0,02	0,001256	0,09	1,658975
2	0,2	396,26	0,02	0,001256	0,09	1,106006
3	0,1	396,268	0,02	0,001256	0,09	0,553014
4	0,2	396,288	0,02	0,001256	0,09	1,106084
5	0,1	396,304	0,02	0,001256	0,09	0,553064
Pengambilan Data Ke-	Spesimen 6					
	$\Delta T_{\text{tembaga}}$ (K)	$K_{\text{tembaga}}$ (W/mK)	$R_{\text{tembaga}}$ (m)	$A_{\text{tembaga}}$ (m <sup>2</sup> )	$L_{\text{tembaga}}$ (m)	$Q_{\text{tembaga}}$ (W)
1	0,4	396,252	0,02	0,001256	0,09	2,211967
2	0,4	396,26	0,02	0,001256	0,09	2,212011
3	0,5	396,268	0,02	0,001256	0,09	2,76507
4	0,4	396,288	0,02	0,001256	0,09	2,212168
5	0,5	396,304	0,02	0,001256	0,09	2,765321

4. Menghitung nilai konduktivitas termal spesimen ( $K_{sp}$ )  
 Pada percobaan ini diasumsikan bahwa jumlah kalor yang masuk (kalor pada tembaga) sama dengan jumlah kalor yang keluar (kalor pada spesimen).

$$Q_{\text{masuk}} = Q_{\text{keluar}}$$

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

Setelah didapatkan hasil perhitungan jumlah kalor yang masuk ( $Q_i$ ) yang dapat dihitung dengan persamaan (9) , maka konduktivitas termal spesimen dapat dicari dengan persamaan (10) dibawah ini

..... (10)

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

$$K_{sp} = \frac{Q_{sp} \times L_{sp}}{(\pi \cdot r_{sp}^2) \times (T_3 - T_4)}$$

Dimana :

- $K_{sp}$  = Konduktivitas termal spesimen (W/m.K)  
 $\Delta T_{sp}$  = Selisih temperatur temperatur pada spesimen ( $T_3 - T_4$ )  
 $A_{sp}$  = Luasan permukaan spesimen ( $m^2$ )  
 $r_{sp}$  = Jari-jari permukaan spesimen (m)  
 $Q_{sp}$  = Jumlah kalor yang keluar (W)  
 $T_3$  = Temperatur titik 3 (K)  
 $T_4$  = Temperatur titik 4 (K)  
 $L_{sp}$  = Panjang tembaga (m)

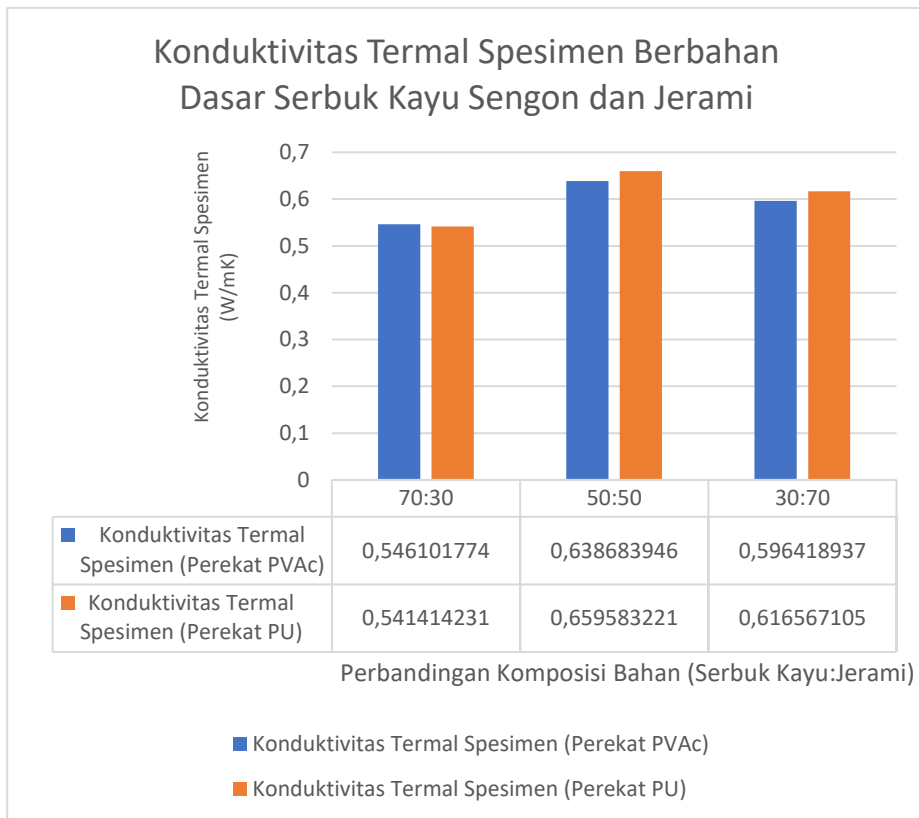
Tabel 4. 6. Hasil Perhitungan Konduktivitas Termal Spesimen

Pegambilan Data Ke-	Spesimen 1					
	$Q_{spesimen}$ (W)	$D_{spesimen}$ (m)	$A_{spesimen}$ ( $m^2$ )	$\Delta T_{spesimen}$ (K)	$L_{spesimen}$ (m)	$K_{spesimen}$ (W/mK)
1	1,664954	0,045	0,00159	22	0,01	0,4760853
2	1,664853	0,045	0,00159	21,9	0,01	0,4782303
3	1,664686	0,045	0,00159	21,8	0,01	0,4803757
4	2,219559	0,045	0,00159	21,6	0,01	0,646425
5	2,219425	0,045	0,00159	21,5	0,01	0,6493925
Pegambilan Data Ke-	Spesimen 2					
	$Q_{spesimen}$ (W)	$D_{spesimen}$ (m)	$A_{spesimen}$ ( $m^2$ )	$\Delta T_{spesimen}$ (K)	$L_{spesimen}$ (m)	$K_{spesimen}$ (W/mK)
1	2,218531	0,045	0,00159	19,7	0,01	0,7084426
2	2,218531	0,045	0,00159	19,7	0,01	0,7084426
3	2,218531	0,045	0,00159	19,7	0,01	0,7084426
4	1,663882	0,045	0,00159	19,7	0,01	0,5313266
5	1,663848	0,045	0,00159	19,5	0,01	0,5367653
Pegambilan Data Ke-	Spesimen 3					
	$Q_{spesimen}$ (W)	$D_{spesimen}$ (m)	$A_{spesimen}$ ( $m^2$ )	$\Delta T_{spesimen}$ (K)	$L_{spesimen}$ (m)	$K_{spesimen}$ (W/mK)
1	2,775397	0,045	0,00159	22,4	0,01	0,7794395

2	1,665205	0,045	0,00159	22,3	0,01	0,4697514
3	1,665171	0,045	0,00159	22,2	0,01	0,4718579
4	2,220117	0,045	0,00159	22,2	0,01	0,6291123
5	2,220027	0,045	0,00159	22,1	0,01	0,6319335
Pegambilan Data Ke-	Spesimen 4					
	$Q_{\text{spesimen}}$ (W)	$D_{\text{spesimen}}$ (m)	$A_{\text{spesimen}}$ (m <sup>2</sup> )	$\Delta T_{\text{spesimen}}$ (K)	$L_{\text{spesimen}}$ (m)	$K_{\text{spesimen}}$ (W/mK)
1	0,55489	0,045	0,00159	12,8	0,01	0,2727106
2	1,666176	0,045	0,00159	11,2	0,01	0,9358542
3	0,555626	0,045	0,00159	10,2	0,01	0,3426795
4	1,111912	0,045	0,00159	9,4	0,01	0,7441282
5	0,55628	0,045	0,00159	8,5	0,01	0,4116987
Pegambilan Data Ke-	Spesimen 5					
	$Q_{\text{spesimen}}$ (W)	$D_{\text{spesimen}}$ (m)	$A_{\text{spesimen}}$ (m <sup>2</sup> )	$\Delta T_{\text{spesimen}}$ (K)	$L_{\text{spesimen}}$ (m)	$K_{\text{spesimen}}$ (W/mK)
1	1,658975	0,045	0,00159	9,2	0,01	1,1343768
2	1,106006	0,045	0,00159	9,5	0,01	0,7323844
3	0,553014	0,045	0,00159	9,6	0,01	0,362385
4	1,106084	0,045	0,00159	9,7	0,01	0,7173344
5	0,553064	0,045	0,00159	9,9	0,01	0,3514356
Pegambilan Data Ke-	Spesimen 6					
	$Q_{\text{spesimen}}$ (W)	$D_{\text{spesimen}}$ (m)	$A_{\text{spesimen}}$ (m <sup>2</sup> )	$\Delta T_{\text{spesimen}}$ (K)	$L_{\text{spesimen}}$ (m)	$K_{\text{spesimen}}$ (W/mK)
1	2,211967	0,045	0,00159	24,8	0,01	0,5610896
2	2,212011	0,045	0,00159	24,7	0,01	0,5633726
3	2,76507	0,045	0,00159	24,8	0,01	0,7013903
4	2,212168	0,045	0,00159	24,8	0,01	0,5611406
5	2,765321	0,045	0,00159	25	0,01	0,6958424

Dari 5 kali pengambilan data, maka dilakukan perhitungan rata-rata konduktivitas termal pada setiap spesimen yang terlihat pada grafik 4.2.





*Grafik 4. 2. Konduktivitas Termal Spesimen Berbahan Dasar Serbuk Kayu Sengon dan Jerami*

Kesimpulan dari pengambilan data mengenai konduktivitas termal spesimen adalah Spesimen 4 atau spesimen dengan komposisi 70% serbuk kayu sengon , 30% jerami dengan perekat polyurethane memiliki konduktivitas termal terkecil dibandingkan spesimen lain, dengan nilai 0,54 W/mK. Dapat dilihat pada grafik 4.2. spesimen dengan kandungan 70% serbuk kayu sengon dan 30% jerami memiliki konduktivitas termal yang lebih kecil daripada spesimen dengan kandungan 50% serbuk kayu sengon dan 50% jerami, maupun spesimen dengan kandungan 30% serbuk kayu sengon dan 70% jerami. Dari data konduktivitas termal yang didapat tidak dapat ditarik kesimpulan mengenai perekat terbaik untuk dijadikan campuran insulasi. Pada spesimen dengan kandungan 70% serbuk kayu sengon dan 30% jerami, spesimen dengan perekat polyurethane memiliki nilai konduktivitas termal yang lebih kecil dibandingkan spesimen dengan perekat lem PVAc. Sedangkan untuk spesimen dengan kandungan 50% serbuk kayu sengon; 50% jerami dan spesimen dengan kandungan 30% serbuk kayu sengon; 70% jerami, nilai konduktivitas termal spesimen dengan perekat PVAc lebih kecil dibandingkan dengan spesimen dengan bahan perekat polyurethane. Sehingga dalam pengujian konduktivitas termal spesimen ini, diambil

spesimen dengan konduktivitas termal yang terkecil yaitu, adalah spesimen 4 atau spesimen dengan komposisi 70% serbuk kayu sengon , 30% jerami dengan perekat polyurethane memiliki konduktivitas termal terkecil dibandingkan spesimen lain, dengan nilai 0,54 W/mK.

### IV.3. Hasil Pembuatan *Coolbox*

Spesimen terbaik dari seluruh variasi yang ada telah didapat setelah dilakukan pengujian mengenai kemudahan dalam pembuatan, massa jenis, dan nilai konduktivitas termal dari spesimen tersebut. Maka spesimen 4 terpilih menjadi bahan insulasi kota pendingin. Komposisi dari insulasi yang dipakai adalah 66% serbuk kayu sengon, 28% jerami, dan 6% perekat polyurethane. Pengeringan dilakukan selama 7 hari untuk memastikan insulasi di dalam kotak mengering sempurna. Hasil pembuatan kotak pendingin dapat dilihat pada gambar 4.16.



Gambar 4. 16. Hasil Pembuatan *Coolbox*

Setelah pengeringan dilakukan, maka kotak dapat dilapisi dengan resin setebal 1mm. Pemberian resin dilakukan untuk memastikan bahwa kotak pendingin tahan terhadap air. Karakteristik fisik dari *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami ditunjukkan pada tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Karakteristik Fisik Dari *Coolbox* Dengan Insulasi Serbuk Gergaji Kayu Sengon Dan Jerami

Ukuran	Tutup	Panjang : 34 cm ; Lebar : 24 cm
	Alas	Panjang : 32 cm ; Lebar : 26 cm
	Tinggi	27 cm
Volume		16.500 cm <sup>3</sup>
Massa		3,2 kg
Insulasi	Kandungan	66% serbuk gergaji kayu sengon ; 28% jerami ; 6% polyurethane

Insulasi	Massa Jenis	0,38 gr/cm <sup>3</sup>
	Konduktivitas Termal	0,54 W/mK
	Tebal	2 cm
Lapisan		Kayu lapis 4 mm ; resin 1 mm

#### IV.4. Hasil Percobaan

Percobaan yang dilakukan adalah dengan mengisi *coolbox* dengan es basah dan ikan tongkol. Perbandingan antara ikan dan es basah yang digunakan dalam percobaan ini adalah 1:5, dimana massa ikan adalah 400 gram dan 2000 gram es basah. Dengan perbandingan ini, seluruh badan ikan belum tertutup dengan es basah. Es basah menutupi seluruh permukaan bawah ikan namun pada permukaan atas es basah hanya berada pada bagian badan hingga ekor, bagian kepala tidak tertutup dengan es basah. Percobaan dimulai pada hari Sabtu tanggal 7 Juli 2018 jam 19:50 Waktu Indonesia bagian Barat dan akan berakhir pada hari Minggu tanggal 8 Juli 2018 jam 19:50 Waktu Indonesia bagian Barat. Percobaan dilakukan di ruang terbuka di depan Laboratorium Mesin Fluida, Departemen Teknik Sistem Perkapalan. Kondisi lingkungan pada saat percobaan dimulai adalah cerah berangin dengan temperatur rata-rata pada hari Sabtu, 7 Juli 2018 adalah 29°C. Tabel 4.8. menunjukkan data percobaan yang dilakukan.

Tabel 4. 8. Data Hasil Percobaan

Pengambilan Data Ke-	Menit Ke-	Coolbox Kayu Sengon + Jerami			Coolbox Styrofoam			T <sub>Ling</sub> (°C)
		T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>3</sub> (°C)	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>3</sub> (°C)	
1	0	-0,1	5,1	24,2	0,1	3,4	20,2	28,4
2	30	-0,1	4,0	21,1	0,1	1,8	18,7	28,1
3	60	0,1	3,3	20,5	0,2	2,1	18,5	28,1
4	90	0,3	3,2	20,2	0,3	2,6	18,4	27,8
5	120	0,4	3,6	20,0	0,4	2,9	18,2	27,8
6	150	0,6	4,7	19,9	0,6	3,1	18,2	27,4
7	180	0,8	5,2	19,6	0,9	3,3	18,1	27,3
8	210	1,1	5,5	19,6	1,3	3,4	18,2	27,4
9	240	1,5	5,8	19,6	1,8	3,6	18,2	27,3
10	270	2,1	6,1	19,5	1,9	3,9	18,2	26,8
11	300	2,5	6,4	19,5	2,2	4,2	18,2	26,6
12	330	2,9	6,7	19,4	2,1	4,4	18,2	26,4

Pengambilan Data Ke-	Menit Ke-	Coolbox Kayu Sengon + Jerami			Coolbox Styrofoam			T <sub>Ling</sub> (°C)
		T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>3</sub> (°C)	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>3</sub> (°C)	
13	360	3,5	7,0	19,5	2,6	4,6	18,3	26,3
14	390	3,9	7,4	19,6	3,1	4,9	18,3	26,2
15	420	4,4	7,8	19,7	3,5	5,3	18,3	26,1
16	450	4,9	8,3	19,8	4,1	5,6	18,4	26,0
17	480	5,3	8,8	19,9	4,4	6,0	18,5	25,8
18	510	5,9	9,4	20,1	4,9	6,5	18,7	25,1
19	540	6,6	10,0	20,2	5,1	6,8	18,6	25,4
20	570	7,3	10,6	20,4	5,5	7,2	18,7	25,4
21	600	8,1	11,1	20,6	5,8	7,5	18,7	25,4
22	630	9,1	11,9	21,0	6,1	7,8	19,1	25,7
23	660	10,3	12,7	21,5	6,5	8,3	19,5	26,4
24	690	11,7	13,6	22,2	7,0	8,8	20,2	26,8
25	720	13,0	14,6	22,9	7,7	9,6	20,9	27,4
26	750	14,0	15,5	23,6	8,7	10,5	21,7	28,0
27	780	14,8	16,2	24,1	9,5	11,3	22,3	28,3
28	810	16,5	17,7	25,1	11,5	13,2	23,9	29,4
29	840	17,5	18,7	26,1	13,2	14,1	25,1	29,7
30	870	18,4	19,4	26,5	14,7	16,2	25,9	29,7
31	900	19,1	20,0	26,9	16,0	17,3	26,5	29,6
32	930	20,0	20,9	27,2	17,9	19,0	27,1	29,9
33	960	20,9	21,7	27,6	19,6	20,6	27,8	30,4
34	990	22,5	21,7	28,1	21,1	21,9	28,5	30,5
35	1020	23,1	22,4	28,4	22,2	23,0	28,9	30,7
36	1050	23,1	22,4	28,4	23,4	24	29,3	30,8
37	1080	23,6	23,1	28,6	24,1	24,8	29,5	30,9
38	1110	24,7	24,3	29,1	25	25,5	29,8	31,0
39	1140	25,2	24,8	29,2	25,7	26,0	30,0	30,8
40	1170	25,6	25,3	29,4	26,2	26,6	30,1	30,4
41	1200	25,9	25,6	29,3	26,6	26,8	30,0	30,2
42	1230	26,2	26	29,2	27,3	27,1	29,9	30,1
43	1260	26,5	26,4	29,1	27	27,4	29,8	30,1
44	1290	26,7	26,6	29	27,4	27,5	29,7	30,1
45	1320	26,8	26,7	28,8	27,5	27,7	29,5	30,1
46	1350	26,9	26,9	28,8	27,6	27,8	29,5	30,1

Pengambilan Data Ke-	Menit Ke-	<i>Coolbox</i> Kayu Sengon + Jerami			<i>Coolbox</i> Styrofoam			T <sub>Ling</sub> (°C)
		T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>3</sub> (°C)	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>3</sub> (°C)	
47	1380	27	27,1	28,7	27,9	27,8	29,3	30,1
48	1410	27,1	27,1	28,6	28	28,1	29,2	30,1

Keterangan :

- T<sub>1</sub> = Temperatur es basah di dalam *coolbox* (°C)  
 T<sub>2</sub> = Temperatur ikan (°C)  
 T<sub>3</sub> = Temperatur ruang *coolbox* (°C)  
 T<sub>ling</sub> = Temperatur lingkungan (°C)

*Coolbox* dibuka pada hari Minggu, 8 Juli 2018 pukul 20.00 Waktu Indonesia bagian Barat untuk melihat kondisi akhir setelah 24 jam pengamatan. Setelah *coolbox* dibuka, dapat diketahui bahwa es basah mencair sempurna dan ikan masih dalam keadaan segar. Gambar 4.17 menunjukkan kondisi akhir di dalam *coolbox* setelah 24 jam pengamatan.

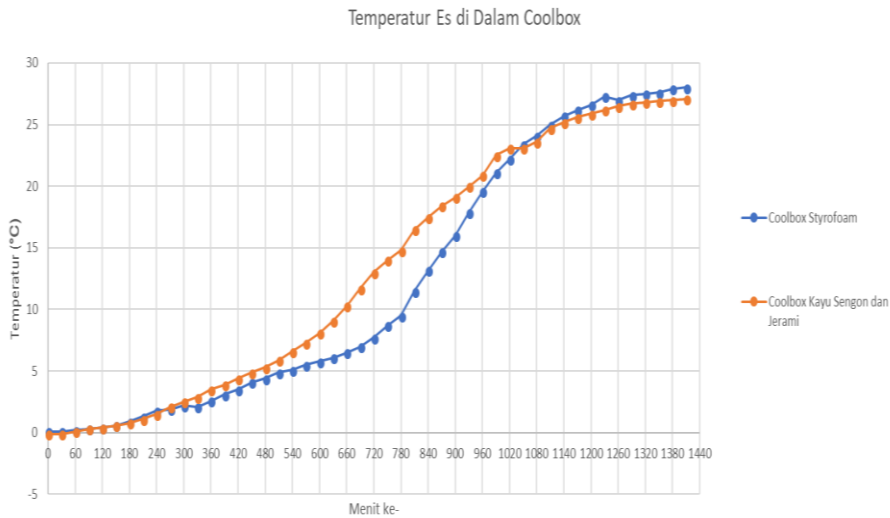


Gambar 4. 17. Kondisi di dalam *coolbox* setelah 24 jam pengamatan

#### IV.5. Analisa Hasil Percobaan

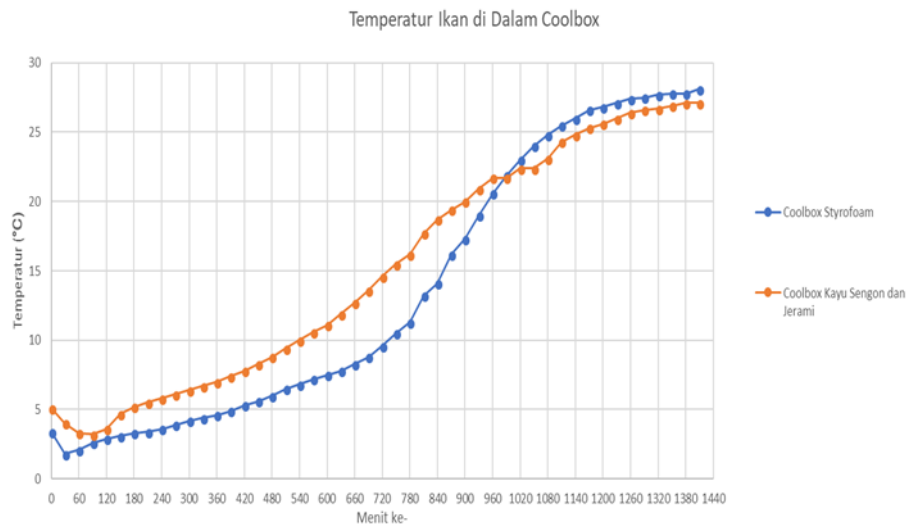
Pada percobaan ini, terdapat 3 titik pengamatan temperatur di dalam *coolbox*. Titik 1 berada pada dasar *coolbox*, digunakan untuk mengukur temperatur es basah di dalam *coolbox*, titik 2 berada pada badan ikan dengan cara melubangi ikan dan memasukkan termometer di dalamnya, dan titik 3 berada pada dinding *coolbox* digunakan untuk mengukur temperatur ruang *coolbox*. Grafik 4.3. menjelaskan perubahan temperatur pada titik 1, yaitu menunjukkan perubahan es di dalam *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami maupun *coolbox* dengan insulasi styrofoam. Pada menit ke-0 atau

pengambilan data pertama, *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami menunjukkan bahwa temperatur es basah sebesar  $-0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , temperatur tersebut lebih kecil daripada temperatur es basah pada *coolbox* styrofoam yaitu  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Kondisi ini terus berlanjut hingga menit ke 60, dimana temperatur es basah di dalam *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami lebih rendah dari pada *coolbox* dengan insulasi styrofoam. Kemudian pada menit ke 90 hingga 150, kedua *coolbox* memiliki temperatur yang sama di titik 1. Kondisi awal terjadi kembali pada menit ke 180 hingga 240, *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami menunjukan temperatur yang lebih rendah. Besar perbedaan temperatur pada kedua *coolbox* tidak terlalu besar, selisih rata-rata kedua temperatur sebesar  $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Kemudian pada menit ke 270 atau pengambilan data ke 10, *coolbox* styrofoam menunjukkan temperatur lebih kecil dibanding *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami, pada menit ke 270 termometer pada *coolbox* styrofoam menunjukkan temperatur  $1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$  sedangkan termometer pada *coolbox* dengan serbuk gergaji kayu sengon dan jerami menunjukkan angka  $2,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Dari menit ke 270 ini kondisi berlanjut hingga menit ke 1020 atau pengambilan data ke 35, dimana termometer *coolbox* dengan insulasi styrofoam menunjukkan angka yang lebih rendah dibanding *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami. Selisih paling besar antara kedua kotak terjadi pada menit ke 720 sampai 750, dimana terdapat selisih temperatur sebesar  $5,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Kemudian pada pengambilan data ke 36, atau pada menit ke 1050 termometer pada *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami menunjukkan angka yang lebih rendah dibanding *coolbox* dengan insulasi styrofoam. Hingga pada pengambilan data ke 48, termometer pada *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami masih menunjukkan menunjukkan temperatur yang lebih rendah pada es basah. Dari 48 kali pengambilan data temperatur es basah di dalam *coolbox*, sebanyak 19 data menunjukkan temperatur es basah di dalam *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami lebih rendah dari temperatur pada *coolbox* dengan insulasi styrofoam, dan sebanyak 29 data menunjukkan bahwa temperatur pada *coolbox* dengan insulasi styrofoam lebih rendah seperti yang terlihat pada grafik 4.3. Sehingga, dari keseluruhan pengambilan data temperatur pada titik 1 atau temperatur pada es basah, *coolbox* dengan insulasi styrofoam lebih unggul daripada *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami.



*Grafik 4. 3. Perubahan Temperatur Es di Dalam Coolbox*

Titik pengamatan 2 berada di dalam badan ikan. Dalam percobaan ini digunakan ikan tongkol dengan massa 500 gram kemudian dilubangi di tengah badan ikan sebagai tempat untuk mengukur temperatur. Grafik 4.4. menunjukkan perubahan temperatur pada badan ikan di dalam *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami maupun *coolbox* dengan insulasi styrofoam. Ikan yang dimasukkan ke dalam *coolbox* memiliki temperatur yang sama dengan temperatur lingkungan, sehingga dapat terlihat pada pengambilan pertama ikan berada pada temperatur yang tidak terlalu rendah. Pada *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami temperatur awal adalah 5,1°C dan pada *coolbox* dengan insulasi styrofoam sebesar 3,4°C. Kemudian pada pengambilan data kedua atau pada menit ke 30, terjadi penurunan temperatur 0,9°C pada *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami dan 1,6°C pada *coolbox* dengan insulasi styrofoam. Terjadi perbedaan kondisi pada kedua *coolbox*, dimana pada *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami terjadi penurunan temperatur hingga menit ke 90 sedangkan pada *coolbox* dengan insulasi styrofoam penurunan terjadi pada menit ke 30 kemudian langsung terjadi peningkatan temperatur pada menit ke 60. Namun, lebih cepatnya peningkatan temperatur pada *coolbox* dengan insulasi Styrofoam tidak membuat *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami lebih unggul. Parameter yang digunakan untuk perbandingan kedua *coolbox* adalah waktu pengawetan hingga suhu menunjukkan 20°C. Pada *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami, temperatur 20°C terlihat tepat pada menit ke 900 atau 15 jam setelah pengambilan data pertama. Sedangkan untuk *coolbox* dengan insulasi styrofoam baru menandakan 20,6 °C pada menit ke 960 atau 16 jam setelah pengambilan data pertama yang sebelumnya 19°C pada menit ke 930.



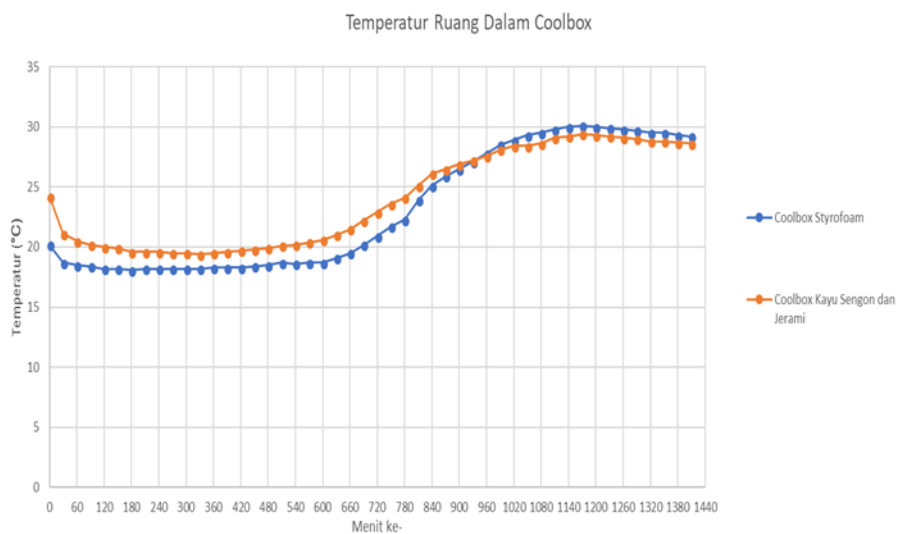
Grafik 4. 4. Perubahan Temperatur Ikan di Dalam Coolbox

Hingga pada pengambilan data ke 33 atau pada menit ke 960 termometer pada *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami menunjukkan temperatur yang lebih rendah daripada *coolbox* dengan insulasi styrofoam. Sehingga, dari keseluruhan pengambilan data temperatur pada titik 2 atau temperatur pada ikan, *coolbox* dengan insulasi styrofoam lebih unggul daripada *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami dalam mengawetkan ikan.

Titik pengamatan 3 berada pada dinding *coolbox*. Termometer dipasang 10cm dibawah permukaan atas *coolbox* untuk membaca temperatur ruang *coolbox*. Grafik 4.5 menunjukkan perubahan perubahan temperatur ruang *coolbox* selama 24 jam di dalam *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami maupun *coolbox* dengan insulasi styrofoam. Pada *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami temperatur awal adalah 24,2 °C dan pada *coolbox* dengan insulasi styrofoam sebesar 20,2°C. Temperatur kedua *coolbox* dapat dilihat selalu beriringan baik penurunan ataupun kenaikan temperatur. Penurunan paling drastis pada *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami terjadi pada menit ke 30, dimana terjadi penurunan suhu sebesar 3,1°C dimana es basah mulai mendinginkan ruang *coolbox*. Sedangkan pada *coolbox* dengan insulasi styrofoam juga terjadi penurunan paling drastis pada menit ke 30, dimana terjadi penurunan sebesar 1,5°C. Penurunan temperatur terus berlangsung hingga pengambilan data ke 14, hingan kedua *coolbox* perlahan mengalami kenaikan temperatur pada menit ke 420 atau pada pengambilan data ke 15.



Pada titik pengamatan 3, tidak terjadi selisih suhu yang terlalu besar, selisih suhu pada kedua *coolbox* rata-rata sebesar  $1,26\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Hingga pada menit ke 960 kondisi berbalik, temperatur titik 3 pada *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami lebih rendah daripada *coolbox* dengan insulasi styrofoam sampai pada pengambilan data ke 48. Dari seluruh pengambilan data terdapat 16 data yang menunjukkan temperatur ruang di dalam *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami lebih rendah dari temperatur pada *coolbox* dengan insulasi styrofoam, dan sebanyak 32 data menunjukkan bahwa temperatur pada *coolbox* dengan insulasi styrofoam lebih rendah seperti yang terlihat pada grafik 4.5. Sehingga, dari keseluruhan pengambilan data temperatur pada titik 3 atau temperatur ruang *coolbox*, *coolbox* dengan insulasi styrofoam lebih unggul daripada *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami.



Grafik 4. 5. Perubahan Temperatur Ruang Coolbox

Setelah mengamati perubahan temperatur di beberapa titik di dalam *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami serta melakukan perbandingan mengenai perubahan suhu dan durasi pengawetan ikan dengan *coolbox* styrofoam, maka didapatkan kesimpulan bahwa *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami tidak lebih baik daripada *coolbox* dengan insulasi styrofoam. Ditinjau dari laju perubahan temperatur, *coolbox* styrofoam mampu mempertahankan temperatur lebih baik dibanding *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami. Meskipun pada temperatur lingkungan di atas  $30^{\circ}\text{C}$  *coolbox* dengan insulasi styrofoam mengalami peningkatan temperatur cukup signifikan sedangkan *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami cenderung lebih baik dalam mempertahankan temperatur di dalam *coolbox*, namun secara

keseluruhan percobaan *coolbox* dengan insulasi styrofoam lebih unggul dari *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami.

Konduktivitas termal bahan sangat memengaruhi proses perpindahan panas, konduktivitas termal dari insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami yang digunakan pada *coolbox* memiliki nilai sebesar 0,54 W/mK sedangkan konduktivitas termal styrofoam memiliki nilai sebesar 0,16 W/mK. Sehingga dapat disimpulkan bahwa styrofoam memiliki sifat isolator yang lebih baik.

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### V.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari pembuatan kotak pendingin pada kapal nelayan tradisional menggunakan insulasi campuran serbuk gergaji kayu sengon dan jerami ini adalah sebagai berikut :

1. Insulasi dengan bahan dasar campuran serbuk gergaji kayu sengon dan jerami yang digunakan untuk pembuatan *coolbox* memiliki kandungan 66% serbuk gergaji kayu sengon, 28% jerami, dan 6% perekat polyurethane. Setelah dilakukan pengujian konduktivitas termal insulasi, maka didapatkan hasil 0,54 W/mK. Insulasi serbuk kayu sengon dan jerami yang dipakai dalam pembuatan *coolbox* memiliki massa jenis sebesar 0,38 gr/cm<sup>3</sup>. Penambahan perekat *polyurethane* dibawah 6% tidak dapat dilakukan karena menyebabkan serbuk gergaji kayu sengon dan jerami tidak dapat berikatan dengan baik.
2. Hasil percobaan pada *coolbox* menunjukkan suhu 20°C pada pengambilan data ke 31 yang berarti *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami mampu mengawetkan ikan selama 15 jam , dengan perbandingan berat antara ikan dengan es basah sebesar 1:5.
3. Suhu minimum yang dapat dicapai *coolbox* adalah -0,1°C di titik 1 atau di bawah permukaan es basah pada tiga puluh menit pertama setelah ikan dan es basah dimasukkan dalam *coolbox*. Pada titik 2 atau pada badan ikan, suhu terendah yang dapat dicapai adalah 3,2 °C pada 1 jam 30 menit setelah ikan dan es basah dimasukkan dalam *coolbox*. Sedangkan pada ruang *coolbox* atau titik 3, suhu terendah adalah 19,4 °C pada 5 jam 30 menit setelah ikan dan es basah dimasukkan dalam *coolbox*.
4. Hasil percobaan menunjukkan bahwa *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon mapu mengawetkan ikan selama 15 jam menit sedangkan *coolbox* dengan insulasi styrofoam mampu mengawetkan ikan selama 16 jam dengan massa ikan dan es basah yang sama. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *coolbox* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami tidak lebih baik dari *coolbox* dengan insulasi styrofoam.

#### V.2. Saran

Berdasarkan hasil pengujian dan percobaan yang telah dilakukan , penulis memberikan saran pada pihak-pihak yang terkait, antara lain:

1. Melakukan modifikasi terhadap insulasi, yaitu dengan mengganti jerami dengan bahan yang memiliki konduktivitas termal rendah .
2. Bahan yang digunakan hendaknya diolah menjadi serbuk seluruhnya agar tidak terdapat banyak rongga pada insulasi.
3. Melakukan pengujian kekuatan *coolbox* dan pengujian ketahanan terhadap pelapukan.
4. Melakukan analisa ekonomi pembuatan *coolbox*.
5. Melakukan uji konduktivitas termal insulasi pada temperatur lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, M. (2017). *Desain Sistem Pendingin Ruang Muat Kapal Ikan Tradisional Menggunakan Insulasi dari Sekam Padi*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember .
- Anton Prasajo, J. S. (2013). *Konduktivitas Panas Empat Jenis Kayu dalam Kondisi Kadar Air yang Berbeda*.
- ASTM International. (n.d.). *Standard Test Method for Thermal Conductivity of Solids by Means of the Guarded Comparative-Longitudinal Heat Flow Technique*. In ASTM International Annual Book, *ASTM E 1225*.
- Erizal, & C., R. (1998). *Karakteristik Hidrogel Poli(Vinil) Alkohol (PVA) Hasil Polimerisasi Radiasi*. *Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi BATAN*, 137-144.
- Hidayat, M. (2017). *Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu Sebagai Campuran Polyurethane Pada Insulasi Palka Kapal Ikan Tradisional*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember .
- Hidayat, M. N. (2017). *Modifikasi Sistem Pendingin Ruang Muat Kapal Ikan Tradisional dengan Insulasi Serbuk Kayu dan Karung Goni*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember .
- Holman, J. (1994). *Perpindahan Kalor (Edisi Keenam)*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Incopera, F. P. (2007). *Fundamental of Heat and Mass Transfer 7th edition*. New Jersey: John Wiley.
- Kangcheng Wei, C. L. (2015). *Development and Performance Evaluation Of a New Thermal Insulation Material From Rice Straw Using High Frequency Hot-Pressing*.
- L.L., Sparks dkk. (1988). *Thermal Conductivity of Selected Foams and Systems from 100 K to 300 K*. Colorado : National Bureau of Standard
- P. Nasution, S. F. (2014). *Karakteristik Sabut Kelapa Sebagai Insulator Palka Ikan Berkala Perikanan Terubuk*. 82-92.
- Pratiwi, D. A., & Taufiq, D. A. (2014). *Optimasi Penggunaan Binder Akrilik dan Polivinil Asetat dalam Pembuatan Cat Tembok*. *Program Studi Kimia Universitas Pakuan*, 2.
- Badrawada, I, G, Gde., Susilo, A. (2009). *Pengaruh Kepadatan Papan Partikel dari Tiga Jenis Serbuk Kayu Terhadap Nilai Konduktivitas Panasnya*.

W.C. Reynolds, H. P. (1983). *Engineering Thermodynamics*. New York: McGraw Hill.

Y. S. Touloukian, R. W. Powell, C. Y. Ho and P. G. Klemens (1970a) *Thermophysical Properties of Matter Volume 1: Thermal Conductivity: Metallic Elements and Alloys*, IFI/Plenum Data Corp., New York, Washington.

Y. S. Touloukian, R. W. Powell, C. Y. Ho and P. G. Klemens (1970b) *Thermophysical Properties of Matter Volume 2: Thermal Conductivity: Nonmetallic Solids*, IFI/Plenum Data Corp., New York, Washington

Zahfar, E. S. (2013, 22 Juni). *Introduction: Polyurethane*. Diambil kembali dari Intech.com: [http://cdn.intechopen.com/pdfs/38589/InTech-Polyurethane\\_an\\_introduction.pdf](http://cdn.intechopen.com/pdfs/38589/InTech-Polyurethane_an_introduction.pdf)

## LAMPIRAN

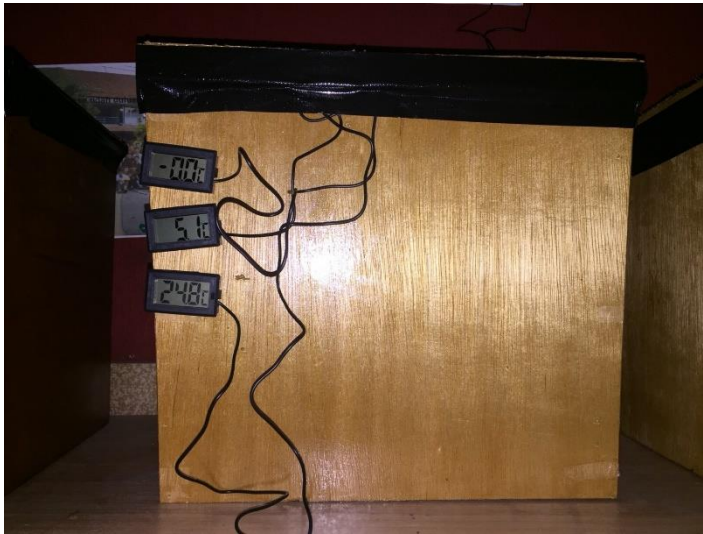


Peralatan Uji Konduktivitas Termal di Laboririum  
Perpindahan Panas dan Massa, Depatemen Teknik  
Mesin ITS



Ikan Tongkol yang Telah Dilubangi bagian Badannya





Kondisi awal sebelum pengambilan data temperature coolbox



Prose Pengambilan data dala percobaan di depan Laboraturium Mesin Fluida, Departemen Sistem Perkapala, ITS

No.	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T lingkungan
1.	-0.1	5.1	29.2	
2.	-0.1	4.0	21.1	
3.	0.1	3.3	20.5	
4.	0.3	3.2	20.2	
5.	0.9	3.6	20	
6.	0.9	4.7	19.9	
7.	0.8	5.2	19.6	
8.	1.1	5.5	19.6	
9.	1.5	5.8	19.6	
10.	2.1	6.1	19.5	
11.	2.5	6.4	19.5	
12.	2.9	6.7	19.4	
13.	3.5	7.0	19.5	
14.	3.9	7.4	19.6	
15.	4.4	7.8	19.7	
16.	4.9	8.3	19.8	
17.	5.3	8.8	19.9	
18.	5.9	9.4	20.1	
19.	6.6	10.0	20.2	
20.	7.3	10.6	20.4	
21.	8.1	11.1	20.6	
22.	9.1	11.9	21.0	
23.	10.3	12.7	21.5	
24.	11.7	13.6	22.2	
25.	13.0	14.6	22.5	
26.	14.0	15.5	23.4	
27.	14.8	16.2	24.1	
28.	15.5	17.7	25.1	
29.	17.5	18.7	26.1	
30.	18.9	19.9	26.8	
31.	19.1	20.0	26.9	
32.	20.0	20.9	27.2	
33.	20.9	21.7	27.6	
34.	22.5	21.7	28.1	
35.	23.1	22.1	28.4	
36.	23.1	22.1	28.4	
37.	23.6	23.1	28.6	
38.	24.7	24.3	29.1	
39.	25.2	24.8	29.2	
40.	26.6	25.3	29.4	
41.	25.9	25.6	29.3	
42.	26.2	26	29.2	
43.	26.5	26.4	29.1	
44.	26.7	26.6	29	
45.	26.8	26.7	28.8	
46.	26.9	26.9	28.8	
47.	26.9	26.9	28.8	
48.	27.1	27.1	28.6	

Coolbox  
Kayu sengon + Jerami  
No. 4

27 27.1 28.7

Hasil Pengambilan data Perubahan Temperatur pada Coolbox dengan Insulasi Kayu Sengon dan Jerami

No.	T1	T2	T3	Tlingkungan
1.	0.1	3.4	20.2	28.4
2.	0.1	1.8	18.7	28.1
3.	0.2	2.1	18.5	28.1
4.	0.3	2.6	18.4	27.8
5.	0.4	2.9	18.2	27.8
6.	0.6	3.1	18.2	27.4
7.	0.9	3.5	18.1	27.3
8.	1.3	3.4	18.2	27.4
9.	1.8	3.6	18.2	27.3
10.	1.9	3.9	18.2	26.8
11.	2.2	4.2	18.2	26.6
12.	2.1	4.4	18.2	26.4
13.	2.6	4.6	18.3	26.3
14.	3.1	4.9	18.3	26.2
15.	3.5	5.3	18.3	26.1
16.	4.1	5.6	18.4	26.0
17.	4.4	6.0	18.5	25.8
18.	4.9	6.5	18.7	25.1
19.	5.1	6.8	18.6	25.4
20.	5.5	7.2	18.7	25.4
21.	5.8	7.5	18.7	25.4
22.	6.1	7.8	19.1	25.7
23.	6.5	8.3	19.5	26.4
24.	7.0	8.8	19.7	26.8
25.	7.7	9.6	20.3	27.4
26.	8.7	10.5	21.7	28.0
27.	9.5	11.7	22.3	28.3
28.	11.5	13.2	23.3	29.4
29.	13.2	14.1	25.1	29.7
30.	14.7	16.2	26.5	29.7
31.	16.0	17.3	26.5	29.6
32.	17.9	19.0	27.1	29.9
33.	19.6	20.6	27.8	30.4
34.	21.1	21.9	28.5	30.5
35.	22.2	23.7	28.9	30.7
36.	23.4	24.1	29.3	30.8
37.	24.1	24.8	29.5	30.9
38.	25.0	25.85	29.8	31
39.	25.7	26.0	30.0	30.8
40.	26.2	26.6	30.1	30.4
41.	26.6	26.8	30.0	30.2
42.	2.7	27.1	29.9	30.1
43.	27.3	28.6	30.4	30.4
44.	27.4	27.5	~	~
45.	27.15	27.7	29.5	29.0
46.	27.0	27.8	29.5	29.0
47.	27.9	27.8	29.3	29.0
48.	28	28.1	29.4	29.0

Coolbox  
Styrofoam  
No. 1

T1 = atas  
T2 = tengah  
T3 = bawah

27,3 27,4 29,0  
27,4 27,5 29,7

Hasil Pengambilan data Perubahan Temperatur pada Coolbox dengan Insulasi Styrofoam



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
**LABORATORIUM REKAYASA THERMAL**  
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN – FTI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
Kampus ITS Keputih-Sukolilo, Surabaya-60111 No Hp 083862724688

---

Surabaya, 26 April 2018

Saya yang bertanda tangan di bawah ini Pengawas Uji Konduktivitas Thermal menyatakan bahwa:

Nama : Puteri Ladikha Sihombing  
NRP : 04211440000115  
Fakultas : Teknologi Kelautan  
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan

Telah melakukan pengambilan data Uji Konduktivitas Thermal pada tanggal 21-23 April 2018 di Laboratorium Rekayasa Thermal Departemen Teknik Mesin FTI-ITS

Demikian surat keterangan ini dibuat agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya

Mengetahui,  
Koordinator Laboratorium  
Rekayasa Thermal

**Nila Rahmawati**  
02111440000053

Pengawas  
Uji Konduktivitas Thermal

**Ahmad Saiful Hadi**  
021114400000116



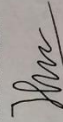
## HASIL PENGAMBILAN DATA KONDUKSI

NAMA = PUTERI LADIKHA SIHOMBING  
 JURUSAN = TEKNIK SISTEM PERKAPALAN FTK-ITS  
 TANGGAL = 22-24 APRIL 2018  
 ASISTEN JAGA = AHMAD SAIFUL HADI

VARIASI SPESIMEN	SET POINT TERMOCONTROL (°C)	TEGANGAN (V)	ARUS (I)	TEMPERATUR TIAP TITIK (°C)				KONDUKTIVITAS THERMAL (W/MK)
				T1	T2	T3	T4	
PVAC 70:30	100	220	1,4	71,86	71,52	69,28	47,52	0,5461
PVAC 50:50	100	220	1,4	69,30	68,94	66,50	46,84	0,6387
PVAC 30:70	100	220	1,4	68,12	67,74	66,84	44,60	0,5964
PU 70:30	100	220	1,4	62,72	62,88	58,88	48,46	0,5414
PU 50:50	100	220	1,4	68,64	68,46	65,92	56,34	0,6596
PU 30:70	100	220	1,4	73,86	73,42	70,84	46,02	0,6166

KETERANGAN (SERBUK KAYU SENGON : JERAMI)

ASISTEN JAGA



AHMAD SAIFUL HADI

## BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Pontianak pada tanggal 22 Agustus tahun 1996. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari pasangan suami istri, Richard Sihombing dan Christina R. Wahyuni. Penulis menempuh pendidikan formal di TK Katolik Suster, Pontianak. Kemudian melanjutkan Pendidikan ke jenjang sekolah dasar di SD Katolik Santo Yusup Tropodo di Sidoarjo dan lulus pada tahun 2008. Penulis kemudian menempuh Pendidikan menengah pertama di SMP Katolik Santo Yusup Tropodo di Sidoarjo dari tahun 2008 hingga tahun 2011. Setelah itu menempuh pendidikan di SMA Katolik Santo Carolus Surabaya pada tahun 2011 hingga 2014.

Kemudian penulis melanjutkan ke jenjang Strata-1 ke Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2014. Di departemen Teknik Sistem Perkapalan penulis mengambil bidang studi Marine Machinery and System (MMS) untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

*“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”*