



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

SKRIPSI – ME141501

**ANALISA PERFORMA KOTAK PENDINGIN PADA KAPAL
NELAYAN TRADISIONAL MENGGUNAKAN INSULASI
CAMPURAN KAYU MAHONI (*SWIETENIA MACROPHYLLA*) DAN
SERAT KAPUK**

Iqbal Nashrullah
NRP 04211440000065

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

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

SKRIPSI - ME 141501

**ANALISA PERFORMA KOTAK PENDINGIN PADA KAPAL
NELAYAN TRADISIONAL MENGGUNAKAN INSULASI CAMPURAN
KAYU MAHONI (SWIETENIA MACROPHYLLA) DAN SERAT
KAPUK**

Iqbal Nashrullah
NRP 0421144000065

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

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

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

SKRIPSI - ME 141501

**PERFORMANCE ANALYSIS OF COOLING BOX FOR
TRADITIONAL FISHING VESSELS WITH MIXED INSULATION OF
MAHOGANY WOOD (*SWIETENIA MACROPHYLLA*) AND KAPOK
FIBRE**

Iqbal Nashrullah
NRP 0421144000065

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

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA PERFORMA KOTAK PENDINGIN IKAN PADA KAPAL
NELAYAN TRADISIONAL MENGGUNAKAN INSULASI CAMPURAN
KAYU MAHONI (*SWIETENIA MACROPHYLLA*) DAN SERAT KAPUK**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

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

Oleh :

Iqbal Nashrullah
NRP. 0421144000065

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

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



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



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA PERFORMA KOTAK PENDINGIN IKAN PADA KAPAL
NELAYAN TRADISIONAL MENGGUNAKAN INSULASI CAMPURAN
KAYU MAHONI (*SWIETENIA MACROPHYLLA*) DAN SERAT KAPUK**

TUGAS AKHIR

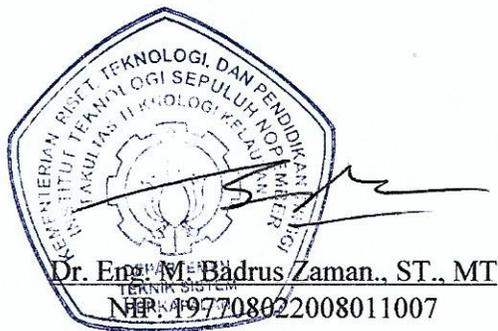
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

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

Oleh :

Iqbal Nashrullah
NRP. 0421144000065

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan :



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Analisa Performa Kotak Pendingin Pada Kapal Nelayan Tradisional Menggunakan Insulasi Campuran Kayu Mahoni (*Swietenia Macrophylla*) dan Serat Kapuk

Nama Mahasiswa : Iqbal Nashrullah
NRP : 0421144000065
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan ITS
Dosen Pembimbing 1 : Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.
Dosen Pembimbing 2 : Ede Mehta Wardhana, S.T., M.T.

Abstrak

Di Indonesia, produksi perikanan tangkap dan budidaya sangatlah tinggi. Bahkan, sebagai negara produsen sektor perikanan, Indonesia menempati peringkat kedua di dunia setelah China dengan total produksi 6,6 juta ton pada tahun 2017. Namun dengan tingginya produksi perikanan tangkap di Indonesia, terdapat persoalan besar yang perlu dicari solusinya, tidak lain adalah pencemaran lingkungan karena penggunaan kotak pendingin *styrofoam* oleh nelayan. Oleh karena itu diperlukan terobosan-terobosan baru untuk menggantikan *styrofoam* sebagai bahan utama kotak pendingin sehingga lebih ramah lingkungan dan memiliki performa untuk penyimpanan hasil tangkapan ikan yang tidak jauh berbeda. Penelitian kali ini akan dilakukan dengan pembuatan kotak pendingin ikan pada kapal nelayan tradisional menggunakan bahan insulasi campuran Kayu Mahoni (*Swietenia macrophylla*) dan Serat Kapuk. Kemudian hasil insulasi campuran tersebut akan dibandingkan performanya dengan kotak pendingin Styrofoam. Percobaan dilakukan mulai dari pengujian massa jenis dan konduktivitas termal dengan 5 variasi presentase dari komposisi kayu mahoni dan serat kapuk. Ditemukan presentase komposisi terbaik adalah 40% kayu mahoni dan 60% kapuk dengan nilai konduktivitas termal 0,5802 W/m.K dan massa jenis 0,5556 gr/cm³. Pada percobaan yang telah dilakukan dengan beban 400 gr ikan segar dan 1,2 kg es serut didapatkan bahwa performa dari kotak pendingin dengan bahan insulasi campuran kayu mahoni dan kapuk terbilang cukup baik. Hal ini dapat ditunjukkan dengan kestabilan temperatur ruangnya setelah 24 jam percobaan yang cukup lama yaitu 9 jam pada temperatur sekitar 20 °C sampai dengan 21 °C, dengan temperatur terendah pada titik T1 adalah 0.2 °C, T2 adalah 0.8 °C, dan T3 adalah 20.2 °C. Hanya saja belum lebih baik dibandingkan dengan kotak pendingin berbahan styrofoam, kotak pendingin berbahan styrofoam memiliki kestabilan temperatur ruangnya setelah 24 jam percobaan dengan lama 11 jam pada temperatur sekitar 18 °C sampai dengan 19 °C, dengan temperatur terendah pada titik T1 adalah 0.1 °C, T2 adalah 1.8 °C, dan T3 adalah 18.1 °C.

Kata kunci : kotak pendingin, insulasi, konduktivitas termal, kayu mahoni, serat kapuk

\

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Performance Analysis of Cooling Box for Traditional Fishing Vessels with Mixed Insulation of Mahogany Wood (*Swietenia Macrophylla*) and Kapok Fibre

Name of Student : Iqbal Nashrullah
NRP : 04211440000065
Department : Marine Engineering
Supervisor 1 : Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.
Supervisor 2 : Ede Mehta Wardhana, S.T., M.T.

Abstract

In Indonesia, the production of capture fisheries and cultivation is very high. In fact, as a country producer of the fishery sector, Indonesia is ranked second in the world after China with total production of 6.6 million tons in 2017. But with the high production of capture fisheries in Indonesia, there is a big problem that needs to be solved, such as environmental pollution due to the use of styrofoam coolers by fishermen. Therefore, new breakthroughs are needed to replace Styrofoam as the main ingredient of cooler box so it is more environmentally friendly and has a performance for storage of fish catch that is not much different between them. This research will be conducted by making fish coolbox on traditional fishing boats using mixed material of Mahogany Wood (*Swietenia macrophylla*) and Kapok Fibre. Then the result of the mixed insulation will be compared to its performance with Styrofoam coolbox. The experiments were conducted from density testing and thermal conductivity testing with 5 percentage variations of mahogany wood and kapok fibre composition. The best composition percentage was found 40% mahogany wood and 60% kapok fibre with thermal conductivity value 0,5802 W/m.K and density 0,5556 gr/cm³. In the experiments that have been done with a load of 400 grams of fresh fish and 1.2 kg of shaved ice, it was found that the performance of the cooling box with the insulation material of mahogany wood and kapok fibre mixture is quite good. This can be showed after 24 hours of experiments, the stability of room temperature can be maintained at temperatures of about 20 °C to 21 °C for 570 minutes, with the lowest temperature at point T₁ being 0.2 °C, T₂ being 0.8 °C, and T₃ being 20.2 °C. It's just not better than the coolbox made from Styrofoam, Styrofoam coolers have their room temperature stability after 24 hours of experiments with a duration of 11 hours at a temperature of about 18 °C to 19 °C, with the lowest temperature at point T₁ being 0.1 °C, T₂ being 1.8 °C, and T₃ being 18.1 °C.

Keywords : Coolbox, Insulation, Thermal Conductivity, Mahogany Wood, Kapok Fibre

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Azza Wa Jalla, yang telah memberikan rahmat dan anugerah-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **Analisa Performa Kotak Pendingin Pada Kapal Nelayan Tradisional Menggunakan Insulasi Campuran Kayu Mahoni (*Swietenia Macrophylla*) dan Serat Kapuk** dengan baik dan tepat waktu. Tugas akhir tersebut diajukan sebagai salah satu persyaratan kelulusan program studi sarjana Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

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

1. Kedua orang tua penulis, Umi Nunuk Iswahyuni dan Abi Arief Nurbiantoro yang selalu mendukung dan memberikan semangat kepada penulis setiap kegiatan dan aktivitas hingga saat ini serta mengingatkan untuk taat beribadah.
2. Saudara penulis, Nurul Izzati sebagai sosok kakak terbaik dan Farah Layli Ramadhani sebagai seorang adik yang dengan canda dan tawanya memberikan semangat bagi penulis.
3. Bapak Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT., selaku dosen wali yang telah banyak memberikan bimbingan dan pendidikan baik akademik maupun non akademik sehingga kami sebagai mahasiswa wali dapat belajar bekerja keras, pantang menyerah, dan bekerjasama.
4. Bapak Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc., selaku dosen pembimbing penulis dan dosen pengampu Laboratorium MMS yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian Tugas Akhir dan memberikan motivasi untuk terus belajar dan mengembangkan diri.
5. Bapak Ede Mehta Wardhana ST., MT., selaku dosen pembimbing kedua sekaligus Kepala Laboratorium MMS yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan penelitian Tugas Akhir, memberikan motivasi, dan pelajaran baik akademik dan non akademik berupa karakter, etika, dan sikap.
6. Bapak Ir. Bambang Supakat, Bapak Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT., Prof. Semin, ST., MT., Ph.D., dan Bapak Ir. Agoes Santoso, M.Sc., yang telah membimbing penulis dalam mata kuliah Desain I, II, III, dan IV serta seluruh dosen, tenaga kependidikan serta manajemen Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS.
7. Indira Ratna Ningtyo beserta keluarga yang telah memberikan semangat, doa, saran dan motivasi tiada henti kepada penulis selama menempuh pendidikan di Teknik Sistem Perkapalan ITS.
8. Teman-teman sahabat *coolbox* yaitu Azis, Denny, Cece, dan Yuniar yang selalu kompak walaupun tidak dilahirkan dari rahim yang sama. Berkah dan selalu sukses kawan.

9. Seluruh kawan-kawan seperjuangan diseng dan tugas akhir penulis selama kuliah yaitu Galih, Ari, Tio, Gilang, Linggar, Reggi, Afif, Uyab, dan Icol yang telah saling menyemangati dan berjuang bersama tanpa henti.
10. Keluarga 2 bulan dan selamanya, kerja praktek kedua di Tuban. Tio, Fatiya, dan Mego. Terimakasih atas bantuan dan kebaikan kalian. Yang terjadi di Tuban, jangan pernah dilupakan kawan.
11. Seluruh member MMS terutama Sabil, Raka, Ikbar, Evan, Horas, dan semuanya yang telah menjadi rekan dan tempat belajar bagi penulis selama menjadi member MMS.
12. Kawan seperjuangan angkatan MERCUSUAR '14 yang telah menjadi teman dan bagian dari pengalaman penulis.
13. Keluarga kedua yang kini telah saling berjuang memperjuangkan masa depan masing-masing yaitu Penuh Amarah, Kongkow, dan Mbledos Rusak. Terimakasih telah membentuk karakter penulis seperti adanya saat ini, dan semua kenangan masa kejayaan kita akan selalu membekas di hati penulis. Kita pasti tua dan lupa, namun semoga persahabatan kita tak lekang oleh waktu.
14. Kepada pihak yang tidak bisa disebutkan satu per satu, terima kasih atas segala bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa penelitian yang dilakukan dalam tugas akhir ini jauh dari sebuah kesempurnaan, oleh karenanya kritik dan saran sangat terbuka untuk menjadikan karya yang lebih baik dan memberikan kebermanfaatannya. Penulis berharap bahwa karya tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi seluruh pembaca di kemudian hari.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Perpindahan Panas.....	5
2.2 Konduktivitas Termal.....	7
2.3 Kapal Nelayan Tradisional.....	9
2.4 Kotak Pendingin.....	12
2.5 Kayu Mahoni (<i>Swietenia Macrophylla</i>).....	13
2.6 Serat Kapuk.....	15
2.7 Perekat PVAC.....	16
BAB III METODE PENELITIAN.....	18
3.1 Studi Literatur.....	19
3.2 Pembuatan Insulasi.....	20
3.2.1 Pemotongan Kayu Mahoni.....	21
3.2.2 Pengisian Kapuk pada Kayu Mahoni.....	25
3.3 Pengumpulan Data Uji Spesimen.....	27
3.4 Pembuatan Kotak Pendingin.....	34
3.5 Percobaan.....	35
3.6 Analisa Data.....	37
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	39
4.1 Pengujian Massa Jenis.....	39
4.2 Pengujian Konduktivitas Termal.....	45
4.3 Percobaan Kotak Pendingin.....	59
4.4 Analisa Hasil Percobaan.....	64
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	74
5.1 Kesimpulan.....	74
5.2 Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA.....	77
LAMPIRAN.....	79
BIODATA PENULIS.....	81

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tabel Konduktivitas Termal Beberapa Bahan (Holman, 1991).....	9
Gambar 2. 2 Kapal pukat hela Sumber: (FAO, 2018).....	10
Gambar 2. 3 Kapal pukat Tarik Sumber: (FAO, 2018).....	11
Gambar 2. 4 Kapal keruk Sumber: (FAO, 2018).....	11
Gambar 2. 5 Kapal rawai Sumber: (FAO, 2018).....	12
Gambar 2. 6 Kapal pemasang jebakan Sumber: (FAO, 2018).....	12
Gambar 2. 7 Kotak pendingin ikan Sumber: https://finance.detik.com/berita-ekonomi-bisnis/d-3074876	13
Gambar 2. 8 Pohon mahoni Sumber: http://bibitbunga.com/blog/cara-budidaya-pohon-mahoni/	14
Gambar 2. 9 Pohon kapuk randu Sumber: https://id.wikipedia.org/wiki/Kapuk_randu	15
Gambar 2. 10 Biji dan serat kapuk Sumber: https://www.bukalapak.com/51ft9n-jual-benih-biji-kapuk	16
Gambar 2. 11 Lem PVAc alifatik.....	17
Gambar 3. 1 Flowchart Pengerjaan.....	19
Gambar 3. 2 Panjang kayu mahoni.....	21
Gambar 3. 3 Diameter kayu mahoni.....	21
Gambar 3. 4 Pemotongan kayu tahap 1.....	22
Gambar 3. 5 Pemotongan kayu tahap 2.....	22
Gambar 3. 6 Pengukuran kayu.....	23
Gambar 3. 7 Pemberian lem PVAc pada satu sisi kayu.....	24
Gambar 3. 8 Perekatan empat potong kayu.....	24
Gambar 3. 9 Potongan awal kayu untuk uji konduktivitas termal.....	25
Gambar 3. 10 Potongan akhir kayu untuk uji konduktivitas termal.....	25
Gambar 3. 11 Pemasangan kapuk sebelum ditutup.....	26
Gambar 3. 12 Pemasangan kapuk setelah ditutup.....	26
Gambar 3. 13 Pemasangan kapuk untuk uji konduktivitas termal.....	27
Gambar 3. 14 Electronic Digital Scale.....	28
Gambar 3. 15 Thermocontrol.....	29
Gambar 3. 16 alat uji konduktivitas termal.....	29
Gambar 3. 17 Thermocouple Selector.....	30
Gambar 3. 18 Digital Thermometer.....	30
Gambar 3. 19 Spesimen uji konduktivitas termal 1.....	31
Gambar 3. 20 Spesimen uji konduktivitas termal 2.....	31
Gambar 3. 21 Pemasangan spesimen ke alat uji.....	32
Gambar 3. 22 Alat uji yang sudah ditutup rapat.....	32
Gambar 3. 23 Set point adjustment thermocontrol.....	33
Gambar 3. 24 Digital thermometer.....	33
Gambar 3. 25 Voltmeter yang ada di thermocontrol.....	34
Gambar 3. 26 Thermocouple selector.....	34
Gambar 3. 27 Rancangan kotak pendingin.....	35
Gambar 3. 28 Digital thermometer.....	36
Gambar 3. 29 Ikan segar.....	36

Gambar 4. 1 Pengukuran massa sampel insulasi 80% : 20%.....	40
Gambar 4. 2 Pengukuran massa sampel insulasi 60% : 40%.....	41
Gambar 4. 3 Pengukuran massa sampel insulasi 50% : 50%.....	42
Gambar 4. 4 Pengukuran massa sampel insulasi 40% : 60%.....	43
Gambar 4. 5 Pengukuran massa sampel insulasi 20% : 80%.....	44
Gambar 4. 6 Grafik uji massa jenis sampel insulasi.....	45
Gambar 4. 7 Skema pengujian spesimen.....	46
Gambar 4. 8 Karakteristik termal logam padat.....	50
Gambar 4. 9 Grafik konduktivitas termal spesimen berbahan kayu mahoni dan kapuk.....	58
Gambar 4. 10 Tampak depan kotak pendingin berbahan kayu mahoni dan kapuk.....	60
Gambar 4. 11 Tampak samping kotak pendingin berbahan kayu mahoni dan kapuk.....	61
Gambar 4. 12 Tampak atas kotak pendingin berbahan kayu mahoni dan kapuk.....	61
Gambar 4. 13 Kotak pendingin berbahan kayu mahoni dan kapuk tanpa penutup.....	61
Gambar 4. 14 Komposisi campuran dinding kotak pendingin dengan bahan kayu mahoni dan kapuk.....	62
Gambar 4. 15 Ikan segar di dalam kotak pendingin.....	63
Gambar 4. 16 Kotak pendingin pada saat percobaan.....	63
Gambar 4. 17 Grafik perbandingan temperatur T_1 pada kotak pendingin kayu mahoni dan kapuk dengan kotak pendingin styrofoam.....	64
Gambar 4. 18 Grafik perbandingan temperatur T_2 pada kotak pendingin kayu mahoni dan kapuk dengan kotak pendingin styrofoam.....	66
Gambar 4. 19 Grafik perbandingan temperatur T_3 pada kotak pendingin kayu mahoni dan kapuk dengan kotak pendingin styrofoam.....	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Konduktivitas termal kayu (Prasojo, et al., 2012).....	15
Tabel 3. 1 Variasi Ketebalan Sampel.....	20
Tabel 4. 1 Data hasil uji massa jenis berdasarkan perbandingan bahan.....	44
Tabel 4. 2 Data utama spesimen 1 hasil pengujian konduktivitas termal.....	46
Tabel 4. 3 Data utama spesimen 2 hasil pengujian konduktivitas termal.....	47
Tabel 4. 4 Data utama spesimen 3 hasil pengujian konduktivitas termal.....	47
Tabel 4. 5 Data utama spesimen 4 hasil pengujian konduktivitas termal.....	47
Tabel 4. 6 Data utama spesimen 5 hasil pengujian konduktivitas termal.....	47
Tabel 4. 7 Hasil perhitungan temperatur tembaga spesimen 1.....	48
Tabel 4. 8 Hasil perhitungan temperatur tembaga spesimen 2.....	49
Tabel 4. 9 Hasil perhitungan temperatur tembaga spesimen 3.....	49
Tabel 4. 10 Hasil perhitungan temperatur tembaga spesimen 4.....	49
Tabel 4. 11 Hasil perhitungan temperatur tembaga spesimen 5.....	50
Tabel 4. 12 Hasil perhitungan konduktivitas termal tembaga spesimen 1.....	51
Tabel 4. 13 Hasil perhitungan konduktivitas termal tembaga spesimen 2.....	51
Tabel 4. 14 Hasil perhitungan konduktivitas termal tembaga spesimen 3.....	52
Tabel 4. 15 Hasil perhitungan konduktivitas termal tembaga spesimen 4.....	52
Tabel 4. 16 Hasil perhitungan konduktivitas termal tembaga spesimen 5.....	52
Tabel 4. 17 Hasil perhitungan jumlah kalor masuk spesimen 1.....	53
Tabel 4. 18 Hasil perhitungan jumlah kalor masuk spesimen 2.....	54
Tabel 4. 19 Hasil perhitungan jumlah kalor masuk spesimen 3.....	54
Tabel 4. 20 Hasil perhitungan jumlah kalor masuk spesimen 4.....	54
Tabel 4. 21 Hasil perhitungan jumlah kalor masuk spesimen 5.....	55
Tabel 4. 22 Hasil perhitungan konduktivitas termal spesimen 1.....	56
Tabel 4. 23 Hasil perhitungan konduktivitas termal spesimen 2.....	56
Tabel 4. 24 Hasil perhitungan konduktivitas termal spesimen 3.....	57
Tabel 4. 25 Hasil perhitungan konduktivitas termal spesimen 4.....	57
Tabel 4. 26 Hasil perhitungan konduktivitas termal spesimen 5.....	58
Tabel 4. 27 Peringkat variasi spesimen.....	60

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pergantian pemimpin di Indonesia menyebabkan beberapa bidang ekonomi mengalami kenaikan dan penurunan dari nilai yang didapatkan oleh masing-masing bidang. Salah satu yang mengalami kenaikan nilai adalah hasil produksi ikan tangkap. Di Indonesia, produksi perikanan tangkap dan budidaya sangatlah tinggi. Bahkan, sebagai negara produsen sektor perikanan Indonesia menempati peringkat kedua di dunia setelah China dengan total produksi 6,6 juta ton pada tahun 2017. Dalam konteks perikanan budidaya pun Indonesia menempati urutan kedua pula setelah China dengan total produksi sebanyak 14,3 juta ton pada tahun 2017. Hal ini bukan hanya karena Indonesia merupakan salah satu negara dengan garis pantai yang panjang dan sumber daya laut yang melimpah, kampanye makan ikan di seluruh Nusantara yang sedang dilakukan Pemerintah Indonesia memang sedang ramai dibicarakan. Hasilnya dari kampanye ini dan di dukung dengan produksi ikan yang meningkat, data konsumsi ikan nasional pada tahun 2014 yang jumlahnya 38,14 kilogram per kapita meningkat pada tahun 2016. Peningkatannya mencapai 5,8 kilogram per kapita, dengan nilai 43,94 kilogram per kapita pada tahun 2016. Menurut Sekretaris Jenderal KIARA (Koalisi Rakyat Untuk Keadilan Perikanan), Susan Herawati, menyatakan sektor perikanan memberikan penghidupan bagi 75,385 juta orang di Indonesia. Namun, Susan menambahkan bahwa terdapat sejumlah persoalan besar salah satunya adalah pencemaran lingkungan.

Memang akhir-akhir ini isu lingkungan menjadi suatu faktor yang sangat kuat mempengaruhi perkembangan teknologi. Banyak perusahaan dan pabrik yang berusaha mengeluarkan produk se-ramah mungkin kepada lingkungan dan juga sebisa mungkin proses pembuatannya juga ramah lingkungan. Sedangkan Styrofoam yang masih umum digunakan oleh nelayan untuk menyimpan ikan yang akan dijual merupakan bahan yang tidak ramah 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. Dalam hal ini, kotak pendingin untuk kapal ikan tradisional yang ramah lingkungan sangat diperlukan. Oleh karena itu diperlukan terobosan-terobosan baru untuk menggantikan Styrofoam untuk bahan utama kotak pendingin sehingga lebih ramah lingkungan dan memiliki performa untuk penyimpanan hasil tangkapan ikan yang tidak jauh berbeda.

Penelitian kali ini akan dilakukan dengan metode eksperimen, analisa, dan komparasi dalam pembuatan kotak pendingin ikan pada kapal nelayan tradisional menggunakan bahan insulasi campuran Kayu Mahoni (*Swietenia macrophylla*) dan Serat Kapuk dengan lapisan luar resin. Kemudian hasil insulasi campuran tersebut akan dibandingkan performanya dengan kotak pendingin Styrofoam. Sebelum dilakukan eksperimen, hal yang perlu dilakukan adalah analisa dari karakteristik kedua bahan yaitu Kayu Mahoni (*Swietenia macrophylla*) dan Serat Kapuk berdasarkan pada konduktivitas termal atau kemampuan kedua bahan tersebut untuk menjadi isolator. Untuk menemukan komposisi insulasi terbaik akan dilakukan beberapa kali percobaan

pencampuran dengan variabel berupa ketebalan dari Kayu Mahoni (*Swietenia macrophylla*) dan kandungan dari Serat Kapuk dalam campuran insulasi.

1.2 Perumusan Masalah

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

1. Bagaimana performa kotak pendingin dengan insulasi campuran dari Kayu Mahoni (*Swietenia Macrophylla*) dan Serat Kapuk dalam mempertahankan temperatur dan menjaga kesegaran ikan?
2. Apakah kotak pendingin dengan insulasi campuran dari Kayu Mahoni (*Swietenia Macrophylla*) dan serat kapuk memiliki kemampuan mempertahankan temperatur dan menjaga kesegaran ikan lebih baik daripada kotak pendingin dengan bahan *Styrofoam*?

1.3 Batasan Masalah

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

1. Kotak pendingin ikan yang dibandingkan hanya kotak pendingin hasil modifikasi campuran insulasi dari Kayu Mahoni (*Swietenia macrophylla*) dan Serat Kapuk dengan kotak pendingin berbahan *Styrofoam*.
2. Beban pendingin yang digunakan untuk percobaan hanya ikan segar dan es serut (basah) dengan variabel beban yang digunakan hanya satu macam.
3. Variabel untuk komposisi pencampuran di batasi 5 macam komposisi campuran.
4. Percobaan dilakukan hanya dengan satu macam ukuran kotak pendingin.
5. Percobaan tidak mempertimbangkan kadar air dan berat jenis dari bahan insulasi campuran.

1.4 Tujuan Penelitian

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

1. Mengetahui performa kotak pendingin dengan insulasi campuran yang terdiri dari Kayu Mahoni (*Swietenia macrophylla*) dan Serat Kapuk dalam mempertahankan temperatur dan menjaga kesegaran ikan.
2. Mengetahui perbandingan performa kotak pendingin dengan insulasi campuran dari Kayu Mahoni (*Swietenia macrophylla*) dan Serat Kapuk dengan kotak pendingin berbahan *Styrofoam*.

1.5 Manfaat

Manfaat yang didapatkan dari dilakukannya kajian berikut adalah:

1. Memberikan referensi ilmiah tentang performa kotak pendingin dengan insulasi campuran dari Kayu Mahoni (*Swietenia macrophylla*) dan Serat Kapuk.
2. Memberikan alternatif untuk penggunaan kotak pendingin ikan yang lebih ramah lingkungan kepada nelayan.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perpindahan Panas

Dalam bidang teknik terdapat banyak masalah perpindahan panas, pengetahuan tentang mekanisme perpindahan panas mutlak diperlukan untuk dapat memahami peristiwa-peristiwa yang berlangsung, ada 3 (tiga) cara perpindahan panas yang mekanismenya berbeda, yaitu:

a. Secara molekuler (konduksi)

Ketika benda yang memiliki temperatur tinggi bertemu dengan benda yang memiliki temperatur yang lebih rendah, sebagian molekul-molekul yang aktif tersebut akan bergetar dan mengenai molekul-molekul yang memiliki kecepatan rata-rata lebih rendah dan memindahkan energi yang mereka miliki. Sehingga molekul-molekul pada benda yang lebih dingin tersebut menjadi lebih aktif bergerak. Hal ini biasa disebut dengan istilah perpindahan panas. Konduksi adalah berpindahnya panas melalui getaran antar molekul secara langsung. Besarnya fluksi panas antara dua tempat dalam padatan dinyatakan dengan Persamaan Fourier. Jika suatu benda terdapat gradient suhu, maka akan terjadi perpindahan energi dari bagian bersuhu tinggi ke bagian bersuhu rendah.

$$Q = -k.A \frac{dT}{dx} \dots\dots\dots (2.1)$$

Konduktivitas termal dari bahan insulasi campuran dapat dihitung dengan menggunakan Hukum Fourier, yaitu :

$$k = \frac{q.dx}{A(dT)} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

- Q : Laju aliran panas (watt)
- A : Luas penampang perpindahan kalor (m²)
- dT : Beda temperatur (°C)
- dx : Tebal bahan (m)

Perasamaan diatas tidaklah mudah untuk diaplikasikan apabila diinginkan keakuratan yang tinggi, karena persamaan tersebut membutuhkan kondisi yang sebenarnya terjadi perpindahan panas konduksi satu dimensi, atau dengan kata lain panas hanya mengalir sumbu x dan tidak mengalir ke arah sumbu yang lain. Ini merupakan suatu kondisi yang sulit untuk dipenuhi.

b. Secara aliran (konveksi)

Perpindahan kalor secara konveksi adalah proses perpindahan energi dengan kerja gabungan dari konduksi kalor, penyimpanan energi dan gerakan mencampur. Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat dan cair atau gas. Perpindahan kalor secara konveksi dari suatu permukaan yang suhunya di atas suhu fluida disekitarnya berlangsung dalam beberapa tahap. Pertama kalor akan mengalir dengan cara konduksi dari permukaan ke partikel- partikel fluida yang berbatasan. Energi yang berpindah dengan cara demikian akan menaikkan suhu dan energi dalam partikel- partikel fluida tersebut. Kedua, partikel-partikel tersebut akan bergerak ke daerah suhu yang lebih rendah dimana partikel tersebut akan bercampur dengan partikel-partikel fluida lainnya.

Perpindahan kalor secara konveksi dapat dikelompokkan menurut gerakan alirannya, yaitu konveksi bebas (free convection) dan konveksi paksa (forced convection). Apabila gerakan fluida tersebut terjadi sebagai akibat dari perbedaan densitas (kerapatan) yang disebabkan oleh gradient suhu maka disebut konveksi bebas atau konveksi alamiah (natural convection). Bila gerakan fluida tersebut disebabkan oleh penggunaan alat dari luar, seperti pompa atau kipas, maka prosesnya disebut konveksi paksa.

Laju perpindahan kalor antara suatu permukaan plat dan suatu fluida dapat dihitung dengan hubungan :

$$Q_c = H_c A \Delta T \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

Q_c : Laju perpindahan kalor secara konveksi (W)

H_c : Koefisien perpindahan kalor konveksi ($W/m^2.K$)

A : Luas perpindahan kalor (m^2)

ΔT : Beda temperatur ($^{\circ}C$)

c. Secara gelombang elektromagnetik, disebut radiasi

Berlainan dengan mekanisme konduksi dan konveksi, dimana perpindahan energi terjadi karena bahan antara, kalor juga dapat berpindah melalui daerah-daerah hampa. Mekanismenya disini adalah sinaran atau radiasi elektromagnetik. Laju perpindahan kalor radiasi dapat dihitung dengan :

$$Q = \sigma A T_a^4 \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana :

σ = Konstanta Stefan-Boltzman ($5,669 \times 10^8 W/m^2.^{\circ}C$)

A = Luas permukaan bidang (m²)

T_a⁴ = Temperatur (°C)

2.2 Konduktivitas Termal

Konduktivitas termal adalah ilmu untuk mengetahui perpindahan energi karena perbedaan suhu diantara benda atau material, dan juga menunjukkan baik buruknya suatu material dalam menghantarkan panas. Material yang dapat menghantarkan panas dengan baik disebut konduktor sedangkan yang kurang baik disebut isolator. Untuk mengetahui konduktivitas termal zat cair dan zat padat ada teori teori yang dapat digunakan dalam beberapa situasi tertentu, tetapi pada umumnya, dalam zat cair dan zat padat terdapat banyak masalah yang masih memerlukan penjelasan. Konduktivitas termal merupakan fungsi suhu dan akan bertambah sedikit kalau suhu naik, akan tetapi variasinya kecil dan sering dapat diabaikan.

Nilai konduktivitas termal suatu material dapat ditentukan melalui pengukuran tak langsung. Dengan melakukan pengukuran secara langsung terhadap beberapa besaran lain, maka nilai konduktivitas termal secara umum dapat ditentukan melalui persamaan berikut : (Holman, 1991)

$$k_2 = \frac{L_2 \times A_2}{\frac{T_1 - T_2}{q} \times \frac{L_1 \times A_1}{k_1}} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

q = Laju perpindahan panas (W)

k = Konduktivitas termal bahan (W/m)°C

A = Luas penampang benda = P x L (m)

T₁, T₂ = Temperatur muka dinding (°C)

Δ L = Tebal dinding / bahan (m)

Rumus diatas akan berlaku jika laju perpindahan secara konduksi pada dinding datar lapisan rangkap dua satu dimensi. Perpindahan panas pada dinding datar dapat dirumuskan dengan mengintegrasikan hukum fourier, jika konduktivitas termalnya tetap, persamaannya dapat dihitung sebagai berikut :

$$q = -\frac{k \times A}{\Delta x} \times (T_2 - T_1) \dots \dots \dots (2.6)$$

Bila laju perpindahan kalor pada suatu dinding datar, seperti dalam hal dinding lapisan angkap dua, satu dimensi yang tersusun atas dua lapisan, plat aluminium dan papan partikel sekam padi. Maka aliran kalor dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$q = \frac{T_1 - T_2}{\frac{\Delta x_A}{k_A \times A}} = \frac{T_2 - T_3}{\frac{\Delta x_B}{k_B \times A}} \dots\dots\dots (2.7)$$

Persamaan tersebut dikonversikan menjadi :

$$q = \frac{T_1 - T_3}{\frac{\Delta x_A}{k_A \times A} + \frac{\Delta x_B}{k_B \times A}} \dots\dots\dots (2.8)$$

Laju aliran kalor ΔQ , gradien temperatur ΔT , luas plat A, dan ketebalan plat d diukur. Energi listrik ΔW yang diserap pemanas selama interval waktu Δt sebanding dengan kuantitas kalor yang mengalir pada sampel selama selang waktu tertentu. Jika diasumsikan tidak ada energi yang hilang, maka kuantitas yang diperoleh digunakan untuk menghitung konduktivitas termal (k) sampel dengan perumusan sebagai berikut:

$$k = \frac{\Delta W}{\Delta t} \times \frac{d}{A \times \Delta T} \dots\dots\dots (2.9)$$

Berbagai penelitian tentang nilai konduktivitas termal dari macam-macam bahan telah dilakukan oleh beberapa orang. Salah satunya oleh J.P Holman dan dituliskan di dalam bukunya tentang nilai konduktivitas termal dari beberapa bahan sebagai berikut:

No	Bahan	Suhu	k	ρ	Cp	α
		$^{\circ}\text{C}$	$\text{W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$	Kg/m^3	$\text{kJ/kg}\cdot^{\circ}\text{C}$	$\text{m}^2/\text{s}\times 10^6$
Bahan Isolasi						
1	Asbes:					
	Ditetal longgar	0	0,154	470 - 570	0,816	3,3 - 4
	Papan asbes semen	20	20	0,74		
	Lembaran	51	0,166			
	Lakan, 40 laminasi/in	38	0,057			
	Lakan, 20 laminasi /in	38	0,078			
	Gelombang, 4 plain/in	38	0,087			
Asbes semen	-	2,08				
2	Wol balsam 2,2 lb/ft3	32	0,04	35		
3	Karton, gelombang	-	0,064			
4	Celotex	32	0,048			
5	Papan gabus, 10 lb/ft3	30	0,043			
6	Gabus butiran Ulang	32	0,045	45 - 120	1,88	2 - 5,3
	Giling halus	32	0,043	150		
7	Tanah diatome (Sil-o-cel)	0	0,061	320		
	Lakan, rambut	30	0,036	130-200		
	Wol	30	0,052	330		
8	Serat, papan isolasi	20	0,048	240		
9	Wol gelas, 1,5 lb/ft3	23	0,038	24	0,7	22,6
10	Insulex, kering	32	0,064			
11	Kapuk	30	0,035			
12	Magnesia, 85%	38	0,067	270		
13	Wol batuan, 10 lb/ft3	32	0,04	160		
	Ditetal longgar	150	0,067	64		
14	Serbuk gergaji	23	0,059			
15	Silika aerogel	32	0,024	140		
16	Serutan kayu	23	0,059			

Gambar 2. 1 Tabel Konduktivitas Termal Beberapa Bahan (Holman, 1991)

2.3 Kapal Nelayan Tradisional

Kapal nelayan tradisional adalah kapal atau perahu yang digunakan untuk menangkap ikan di laut, danau, atau sungai. Ada berbagai jenis perahu yang digunakan untuk penangkapan ikan komersial.

Sebelum tahun 1950an, standarisasi kapal ikan tidak memiliki banyak aturan sehingga mempengaruhi keberagaman desain yang ada. Dari sudut material pun kapal nelayan tradisional juga mengalami perkembangan. Sebelumnya, perahu kebanyakan dibuat dari kayu. Namun karena perkembangan teknologi, banyak perahu yang dibuat dari material baja, fiberglass hingga serat karbon. Sedangkan jika ditinjau dari lama pembuatannya, kapal nelayan tradisional rata-rata dikerjakan antara enam bulan hingga satu tahun.

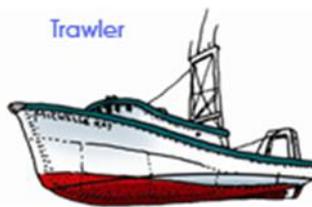
Menurut data yang terdapat di FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), sampai dengan akhir tahun 2017 setidaknya terdapat 700 ribu Kapal Ikan dengan berbagai macam jenis, dengan seperempatnya berupa kano dan

setengahnya tidak memiliki mesin. Sejumlah besar kapal dan perahu nelayan tradisional masih digunakan di negara berkembang dengan garis pantai perikanan produktif yang panjang.

Pola perikanan tangkap internasional mulai berubah sejak zona ekonomi eksklusif diratifikasi. Kapal penangkap ikan mulai terspesialisasi dan memiliki fungsi khusus untuk lebih memaksimalkan tangkapan tertentu, mulai dari kapal penangkap ikan paus hingga kapal penangkap cumi. Hal tersebut menyebabkan standarisasi yang semakin meningkat. Penangkapan ikan komersial termasuk salah satu lapangan pekerjaan yang berisiko tinggi sehingga standarisasi fasilitas kesehatan dan keselamatan kerja diperlukan. IMO (International Maritime Organization) melalui PBB membuka sebuah konvensi pada tahun 1959 untuk mencegah terjadinya kecelakaan, termasuk tentang standarisasi desain, konstruksi, peralatan, pengoperasian, dan kualitas tenaga kerja di atas kapal.

Secara umum, kapal penangkap ikan komersial dapat diklasifikasikan berdasarkan desain, jenis hewan laut yang ditangkap, metode penangkapan ikan yang digunakan, dan asalnya. Berdasarkan (FAO, 2018) , kapal penangkap ikan yang beroperasi di seluruh dunia mencapai empat juta kapal, dengan 1.3 juta kapal dilengkapi dengan geladak. Hampir seluruh kapal yang bergeladak memiliki mesin dan 86 %-nya berlabuh di Asia. Kapal penangkap ikan komersial secara umum dapat dibagi menjadi :

- Pukat Hela
Pukat hela (trawler) adalah kapal penangkap ikan yang digunakan untuk menarik jaring sepanjang alur pelayaran untuk menangkap ikan dalam jumlah besar sekaligus.



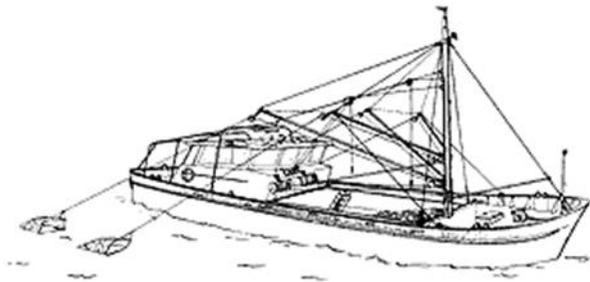
Gambar 2. 2 Kapal pukat hela
Sumber: (FAO, 2018)

- Pukat Tarik
Pukat tarik (seiner) adalah kapal yang menggunakan jaring penangkap ikan yang lebar untuk mengurung ikan. Umumnya digunakan untuk menangkap ikan yang berenang dekat dengan permukaan, namun telah ada desain pukat yang dapat menangkap ikan laut dalam.



Gambar 2. 3 Kapal pukat Tarik
Sumber: (FAO, 2018)

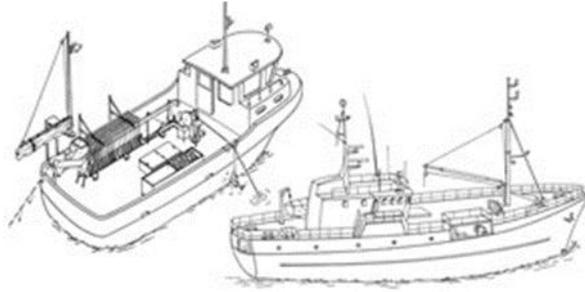
- Dredger
 Dredger atau kapal keruk digunakan untuk mengumpulkan kerang di dasar laut. Metode pengerukan dasar laut dapat dibagi menjadi pengerukan dengan sekop atau kantung besar yang ditarik dan dengan menggunakan pompa hidrolis untuk menyedot apapun yang berada di dasar laut.



Gambar 2. 4 Kapal keruk
Sumber: (FAO, 2018)

- Kapal Rawai
 Kapal rawai (longliner) adalah kapal yang menggunakan satu atau lebih tali atau kail dengan rangkaian umpan dan kait. Panjang dan jumlah kail, umpan, dan kait bervariasi tergantung pada ukuran kapal, jumlah kru, dan level mekanisasi kapal. Jenis ikan yang ditangkap pun bergantung pada umpan yang digunakan. Kail dapat diulur dan ditarik menggunakan drum berputar yang besar, yang biasanya diletakkan di buritan kapal. Kapal rawai ukuran kecil dapat menggunakan tangan untuk mengulur dan menarik kail.

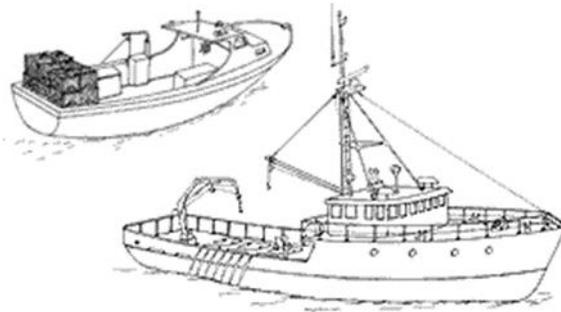
Kecepatan kapal menentukan seberapa dalam dan seberapa jauh jangkauan kail.



Gambar 2. 5 Kapal rawai
Sumber: (FAO, 2018)

Troller adalah salah satu jenis longliner dengan kail yang tergantung di sisi kapal yang bergerak. Squid jigger menggunakan kail yang panjang untuk menangkap cumi-cumi. Squid jigger biasanya dilengkapi dengan cahaya lampu yang terang untuk menarik perhatian cumi-cumi.

- Pemasang Jebakan
Kapal pemasang jebakan ikan digunakan untuk memasang jebakan penangkap hewan laut.



Gambar 2. 6 Kapal pemasang jebakan
Sumber: (FAO, 2018)

2.4 Kotak Pendingin

Kotak pendingin ikan adalah suatu alat untuk menyimpan atau membawa ikan yang biasanya digunakan oleh para nelayan untuk menjaga kesegaran ikan. Kotak pendingin ikan yang digunakan nelayan kebanyakan menggunakan Styrofoam. Penggunaan Styrofoam memiliki banyak alasan, salah satunya adalah murah dan kemampuan konduktivitas termal dari Styrofoam baik untuk menjadi suatu bahan insulasi. Namun, Styrofoam merupakan salah satu bahan yang kurang ramah

lingkungan sehingga penggunaannya harus segera dapat digantikan dengan alternatif bahan lainnya.



Gambar 2. 7 Kotak pendingin ikan

Sumber: <https://finance.detik.com/berita-ekonomi-bisnis/d-3074876>

Sampai saat ini banyak penelitian yang dilakukan untuk dapat mengurangi atau bahkan mengganti Styrofoam. Salah satunya yang dilakukan oleh Sofwan Hariady, M. Amien Fauzie dan Sukarmansyah (2014), penelitian ini mencoba mencampurkan Styrofoam dengan kulit jengkol sebagai alternatif bahan isolator dengan tujuan mengetahui besarnya nilai konduktivitas termal dalam berbagai variasi campuran Styrofoam, kulit jengkol, dan semen putih. Namun, nilai konduktivitas termal yang didapatkan masih terlalu besar yaitu di kisaran 0,598 W/m°C sampai 0,673 W/m°C.

2.5 Kayu Mahoni (*Swietenia Macrophylla*)

Tanaman mahoni (*Swietenia macrophylla* King) termasuk dalam famili Meliaceae. Pohon selalu hijau (evergreen) dengan tinggi pohon antara 30 - 35 m, Kulit batang berwarna coklat muda kemerah-merahan atau kekuning-kuningan ketika masih muda lalu berubah menjadi coklat tua, menggelembung dan mengelupas setelah pohon berumur tua. Daun bertandan dan menyirip panjangnya antara 35 - 50 cm, tersusun bergantian, teksturnya halus, serta sedikit licin ketika diraba, terdapat 4 - 6 pasang anak daun, panjangnya antara 9 - 18 cm. Bunga kecil berwarna putih, panjangnya 10 - 20 cm, malai bercabang (Jaker, 2001) . Tanaman mahoni dapat tumbuh baik pada daerah beriklim tipe A -C, walaupun dapat tumbuh pada tipe iklim D, suhu rata-rata 20 - 28°C. Tumbuh baik pada dataran rendah sampai 1500 m dpl (di atas permukaan air laut) pada berbagai jenis tanah yang bebas genangan dan pH 6,5 - 7,5 (Lemmens, et al., 1995) . Kegunaan kayu mahoni untuk bahan bangunan, kayu lapis dan meubel, dan termasuk kayu kelas awet III - IV dan kelas kuat III. Pohon mahoni memiliki pertumbuhan yang cepat, dan pada umur 7 hingga 15 tahun mahoni sudah tumbuh besar dan bisa ditebang untuk diambil kayunya. (Nurysamsi & Suhartati, 2013)



Gambar 2. 8 Pohon mahoni

Sumber: <http://bibitbunga.com/blog/cara-budidaya-pohon-mahoni/>

- **Konduktivitas Termal Kayu Mahoni**
 Konduktivitas termal dari kayu mahoni telah menjadi perhatian oleh beberapa peneliti. Setidaknya dua tim penelitian telah melakukan penelitian tentang konduktivitas termal Kayu Mahoni (*Swietenia Macrophylla*) dengan metode komparasi atau perbandingan antara Kayu Mahoni (*Swietenia Macrophylla*) dengan kayu jenis lainnya dinilai dari variasi ketebalan dan kadar airnya. Penelitian pertama dilakukan oleh Tim Dosen dan Alumni Bagian Teknologi Hasil Hutan Fakultas Kehutanan, Universitas Gajah Mada Yogyakarta. Tim tersebut menganalisa konduktivitas panas empat jenis kayu dalam kondisi air yang berbeda. Empat jenis kayu yang dijadikan bahan penelitian 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. Dari keempat jenis kayu tersebut diambil sampel berupa silinder dengan ukuran panjang 30 mm dan diameter 13 mm. Dimensi panjang sampel dibuat searah dengan arah radial kayu. British Standar Methods tahun 1957 dimodifikasi untuk menjadi standar dalam pengukuran Berat Jenis (BJ) kayu dan penentuan Kadar Air (KA) yaitu kering tanur 0%, kering angina 10% dan basah 30%. Pengukuran nilai k (konduktivitas panas) dilakukan dengan menggunakan heat conduction apparatus berdasarkan metode ASTM C 177 dengan modifikasi. Setelah dilakukan beberapa tahapan penelitian, Tim Dosen dan Alumni tersebut menemukan hasil dari

Konduktivitas Panas empat jenis kayu dalam berbagai kandungan Kadar Air (KA) kayu yang disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 2. 1 Konduktivitas termal kayu (Prasojo, et al., 2012)

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	

2.6 Serat Kapuk

Kapuk adalah pohon tropis ber kayu yang menghasilkan serat kapuk. Pohon ini banyak ditanam di Asia, terutama di pulau Jawa, Malaysia, dan Filipina. Serat kapuk adalah serat alami yang tipis dan ringan. Kapuk memiliki serat selulosa lebar dengan persentase tertinggi volume berongga yang bisa menghalau angin dan kelembaban. Karakteristik dari serat kapuk yaitu berkilau, sangat nyaman, sangat lembut, alami berongga, ekologis, antiseptic, mouldproof, penyerap kelembaban, konduktif kelembaban, anti-scarid, dan anti-static. Kehalusannya setengah dari serat kapas. Pada industri meubel serat kapuk banyak digunakan sebagai pengisi bantal, kasur, pelampung, dan jok kursi. Pada industri permesinan, serat kapuk dapat digunakan sebagai filter dan oil separator. Pada industri pemintalan, serat kapuk dapat digunakan untuk benang dan dengan proses yang benar dapat dijadikan kain tenun.



Gambar 2. 9 Pohon kapuk randu

Sumber: https://id.wikipedia.org/wiki/Kapuk_randu

Serat kapuk adalah salah satu bahan yang memiliki nilai konduktivitas termal relatif rendah yaitu $0,035 \text{ W/m}^\circ\text{C}$. Hal ini menjadikan serat kapuk sebagai salah satu bahan alternatif yang baik untuk isolator dengan harga yang cukup terjangkau dan ramah lingkungan.



Gambar 2. 10 Biji dan serat kapuk

Sumber: <https://www.bukalapak.com/5lft9n-jual-benih-biji-kapuk>

2.7 Perekat PVAc

Perekat PVAc memiliki sifat dasar elastis dan dapat menyesuaikan terhadap perubahan keadaan lingkungan. Perekat jenis ini sering digunakan untuk keperluan bangunan seperti pembuatan meja atau kursi kayu. Kelebihan dari perekat PVAc adalah permukaan sambungan yang bergerak atau mengalami penyusutan tidak pecah dan retak. Meskipun memiliki banyak kelebihan suatu bahan pasti memiliki kelemahan. Kelemahan dari perekat PVAc ini adalah waktu pengeringan yang relatif lama.

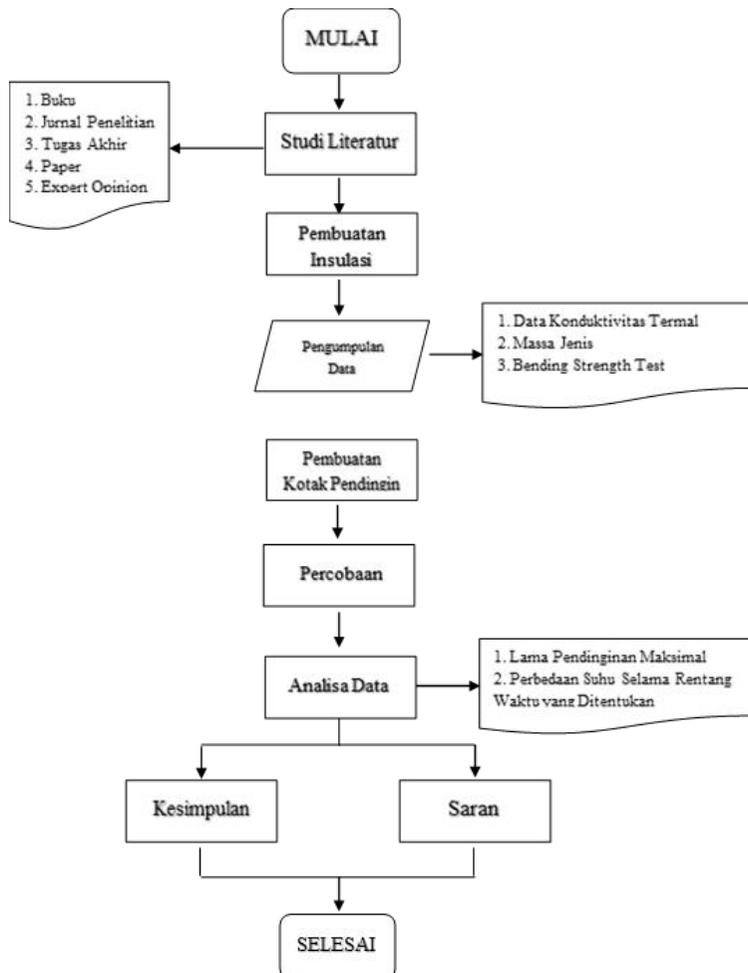


Gambar 2. 11 Lem PVAc alifatik

Faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam penggunaan perekat PVAc meliputi komponen-komponen perekat (substrate), permukaan bahan yang direkat, viskositas, lama waktu perekatan, dan kondisi pemakaian. Penggunaan khusus perekat ini adalah untuk pembuatan kayu lapis atau papan blok, karena perekat ini mampu meningkatkan kekuatan rekat secara ekstrem dan cepat. Tingkat polimerisasi ini sangat berpengaruh terhadap sifat PVAcnya dimana berat molekul yang tinggi memberikan kekentalan yang tinggi pula (Vick, 1999).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODE PENELITIAN



Gambar 3. 1 Flowchart Pengerjaan

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

3.1 Studi Literatur

Tahap studi literatur adalah pencarian referensi berbagai masalah yang ada tentang kotak pendingin serta bahan-bahannya berikut solusinya dan juga mempelajari kedua hal tersebut untuk diimplementasikan pada skripsi ini, sehingga jelas apa saja yang harus dilakukan agar permasalahan tersebut dapat terpecahkan. Studi literatur dilakukan dengan mempelajari paper atau jurnal yang berhubungan dengan permasalahan yang akan dipecahkan. Kemudian untuk mencari data – data

bahan dan kriteria nya dapat juga dilakukan dengan membaca dan menganalisa sumber – sumber seperti paper, jurnal, buku, artikel atau tugas akhir. Berikut beberapa literatur berupa artikel, jurnal, maupun buku yang telah dipelajari penulis untuk mendukung penyelesaian permasalahan yang digagas:

- a. Perpindahan Kalor (Holman, 1991)
- b. Petunjuk Praktis Sifat-Sifat Dasar Jenis Kayu Indonesia (P3HH, 2008)
- c. Artikel dan jurnal tentang konduktivitas termal
- d. Tugas akhir, jurnal, dan artikel tentang kotak pendingin

3.2 Pembuatan Insulasi

Setelah dilakukan studi literatur terkait skripsi, maka didapat komposisi apa saja yang akan dipakai untuk memodifikasi insulasi pada kotak pendingin ikan dalam hal ini campuran Kayu Mahoni (*Swietenia macrophylla*) dan Serat Kapuk dengan lapisan luar resin. Pembuatan insulasi dilakukan dengan melakukan variasi presentase ketebalan Kayu Mahoni (*Swietenia macrophylla*) dan Serat Kapuk yang akan dibuat. Pembuatan insulasi akan dilakukan sebanyak 5 kali dengan pendekatan pada variasi tersebut. Untuk presentase tebal Kayu Mahoni (*Swietenia macrophylla*) dan jumlah serat kapuk yang digunakan menyesuaikan kebutuhan ditinjau dari ketebalan total alat yang akan dibuat sehingga serat kapuk akan memadatkan lubang antara kayu mahoni dalam dan kayu mahoni luar. Ketebalan total alat adalah 3 cm dan variasinya adalah sebagai berikut :

Tabel 3. 1 Variasi Ketebalan Sampel

No	Bahan	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3	Variasi 4	Variasi 5
1	Kayu Mahoni	80 %	60 %	50 %	40 %	20 %
2	Serat Kapuk	20 %	40 %	50 %	60 %	80 %

Selain dengan melihat data variasi dari tabel 3.1 diatas, pembuatan insulasi atau sampel mengacu kepada standar laboratorium tempat uji bahan dan desain utama kotak pendingin. Untuk pengujian konduktivitas termal yang akan dilakukan di Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa, S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri memiliki batasan untuk dimensi spesimen yang akan di uji. Spesimen yang akan di uji harus berbentuk tabung atau silinder dan memiliki tinggi 50 mm dan diameter 45-50 mm. Karena sampel yang dibuat harus memenuhi dimensi tersebut maka pemotongan kayu pun dilakukan dengan pendekatan tersebut.

3.2.1 Pemotongan Kayu Mahoni

Bahan untuk kayu yang digunakan oleh penulis berasal dari Desa Remen, Kecamatan Jenu, Kabupaten Tuban. Kayu yang didapatkan penulis masih berupa potongan dari tebang pohon sehingga perlu dipotong lagi agar dapat digunakan. Pemotongan kayu dilakukan pula di Desa Remen. Ukuran kayu sebelum dipotong memiliki panjang 1 m dan diameter 25-27 cm.



Gambar 3. 2 Panjang kayu mahoni



Gambar 3. 3 Diameter kayu mahoni

Kemudian kayu dipotong menjadi beberapa bagian berupa balok agar lebih mudah ketika dilakukan pemotongan yang sesuai dengan ukuran sampel yang akan diuji.



Gambar 3. 4 Pemotongan kayu tahap 1



Gambar 3. 5 Pemotongan kayu tahap 2

Setelah kayu dipotong menjadi balok, dilakukan pengukuran pada kayu yang sudah berbentuk balok tadi. Sehingga mempermudah pemotongan selanjutnya yang sesuai dengan kebutuhan ukuran dari sampel yang akan diuji.



Gambar 3. 6 Pengukuran kayu

Pemotongan kayu selanjutnya dibagi menjadi dua, yaitu untuk uji massa jenis dan uji konduktivitas termal. Penanganan yang dilakukan untuk kedua uji tersebut berbeda satu sama lain. Berikut penjelasan tahapan dari pembuatan sampel insulasi untuk kedua uji tersebut :

a. Pembuatan sampel uji massa jenis :

Kayu yang dibentuk untuk uji massa jenis memiliki ukuran ketebalan yang sama dengan rancangan kotak pendingin yang penulis buat, yaitu total ketebalan 3 cm. Kayu yang sudah dipotong direkatkan dahulu dengan lem PVAc Kayu. Setelah kayu direkatkan, kayu akan terbentuk menjadi balok dengan tutup atas terbuka agar dapat diisi dengan serat kapuk nantinya. Setelah serat kapuk dimasukkan barulah tutup atas dapat direkatkan. Semua spesimen memiliki dimensi umum yang sama yaitu 6 cm x 3 cm x 3 cm. Berikut gambar dari proses pembuatan kayu untuk uji massa jenis:



Gambar 3. 7 Pemberian lem PVAc pada satu sisi kayu



Gambar 3. 8 Perekatan empat potong kayu

- b. Pembuatan sampel uji konduktivitas termal :
- Pemotongan kayu dilakukan sesuai ukuran yang dibutuhkan dan telah ditentukan oleh laboratorium perpindahan panas dan massa Teknik mesin ITS yaitu tinggi nya 50 mm dan diameter 45-50 mm.. Karena itu kayu akan dibentuk balok terlebih dahulu untuk langkah pertamanya, kemudian kayu akan dibentuk silinder pejal. Baru langkah terakhir

adalah pembuatan rongga pada tiap silinder untuk mengisi serat kapuk di dalamnya. Berikut gambar dari proses pembuatan kayu untuk uji konduktivitas termal:



Gambar 3. 9 Potongan awal kayu untuk uji konduktivitas termal



Gambar 3. 10 Potongan akhir kayu untuk uji konduktivitas termal

3.2.2 Pengisian Serat Kapuk pada Kayu Mahoni

Serat kapuk yang telah disiapkan dikeringkan terlebih dahulu agar ketika dilakukan pencampuran, serat kapuk tersebut akan menyatu dengan baik pada kayu mahoni yang telah dibentuk.

- a. Pengisian serat kapuk untuk uji massa jenis
Serat kapuk yang telah dikeringkan sebelumnya langsung dimasukkan ke dalam *hollow* atau rongga yang dibentuk pada kayu mahoni dengan gaya tekan kurang lebih 36,57 N. Sedangkan massa dari serat kapuk yang dimasukkan pada tiap spesimen bervariasi. Semakin besar rongga yang ada, maka akan semakin besar massa yang dibutuhkan untuk memenuhi

rongga yang ada pada kayu. Sedangkan variasi rongga sudah ditentukan sebelumnya menjadi 5 variasi presentase dari kayu mahoni dan serat kapuk. Berikut gambar dari kayu mahoni yang telah terisi serat kapuk:



Gambar 3. 11 Pematatan serat kapuk sebelum ditutup



Gambar 3. 12 Pematatan serat kapuk setelah ditutup

- b. Pengisian serat kapuk untuk uji konduktivitas termal
- Sedangkan untuk pengisian serat kapuk pada kayu mahoni yang akan digunakan pada uji konduktivitas termal menggunakan metode dipadatkan pula. Cara pematatan serat kapuknya hampir sama dengan saat mengisi serat kapuk untuk sampel insulasi uji massa jenis. Namun, untuk uji konduktivitas termal tiap spesimen memiliki gaya tekan yang berbeda untuk membuat serat kapuk dapat dipadatkan dengan baik. Perbedaan paling besar terlihat dari spesimen dengan variasi presentase kayu mahoni 80% dan serat kapuk 20% dengan variasi presentase kayu mahoni 20% dan serat kapuk 80% yaitu sebesar 1,459 N. Sedangkan massa dari serat kapuk yang dimasukkan pada tiap spesimen bervariasi. Semakin besar rongga yang ada, maka akan semakin besar massa yang dibutuhkan untuk memenuhi rongga yang ada pada kayu. Sedangkan variasi rongga sudah

ditentukan sebelumnya menjadi 5 variasi presentase dari kayu mahoni dan serat kapuk. Berikut gambar dari kayu mahoni yang telah diisi oleh serat kapuk:



Gambar 3. 13 Pemadatan serat kapuk untuk uji konduktivitas termal

3.3 Pengumpulan Data Uji Spesimen

Pada tahapan ini penulis melakukan pengumpulan data yang diperlukan dalam penyelesaian tugas akhir ini yang didapatkan dari uji massa jenis dan uji konduktivitas termal. Setelah dilakukan pembuatan sampel insulasi dengan berbagai variasi, maka dapat dilakukan pengumpulan data bahan insulasi berupa konduktivitas termal dan massa jenis dari sampel insulasi tersebut. Pengujian konduktivitas termal akan dilakukan dengan cara pengujian bahan di Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa, Departemen Teknik Mesin. Sedangkan untuk pencarian massa jenis akan dilakukan di Laboratorium Mesin Fluida dan Sistem, Departemen Teknik Sistem Perkapalan. Berikut beberapa tahapan yang dilalui dalam pengujian bahan sampel insulasi:

a. Uji massa jenis

Pengujian massa jenis dilakukan dengan menggunakan beberapa alat sebagai berikut:

- Penggaris
- *Electronic Digital Scale*



Gambar 3. 14 *Electronic Digital Scale*

Berikut langkah-langkah pengumpulan data untuk uji massa jenis:

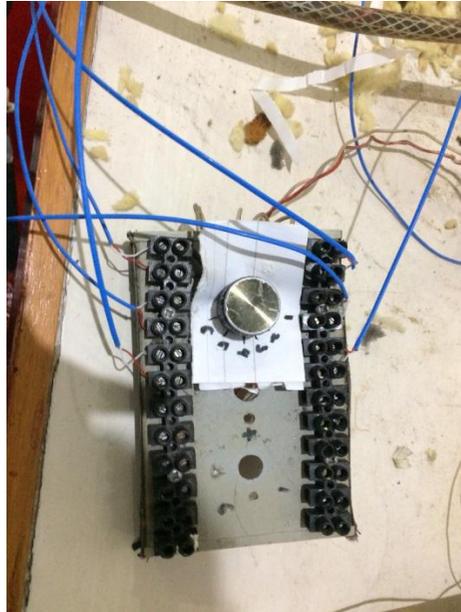
1. Menyiapkan alat yang dibutuhkan dan spesimen yang sudah dibuat.
 2. Hal pertama yang dilakukan adalah memastikan bahwa timbangan awal nilainya 0.
 3. Kemudian sampel insulasi mulai diukur massanya satu per satu. Untuk pengukuran volume dilihat dari desain awal yaitu 6 cm x 3cm x 3cm. Nilai dari volume adalah 54 cm³.
 4. Kemudian massa jenis akan didapatkan dengan menggunakan rumus 4.1
- b. Uji konduktivitas termal
- Pengujian konduktivitas termal spesimen dilakukan dengan menggunakan beberapa alat yang ada di Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa, Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh nopember. Sedangkan alat-alat yang digunakan adalah sebagai berikut:
- Amperemeter
 - Voltmeter
 - *Set point adjuster*
 - *Thermocouple selector*
 - *Thermocontrol*
 - Logam perantara
 - *Heater*
 - *Thermocouple*
 - Penampung air pendingin
 - *Digital Thermometer*



Gambar 3. 15 Thermocontrol



Gambar 3. 16 alat uji konduktivitas termal



Gambar 3. 17 Thermocouple Selector



Gambar 3. 18 Digital Thermometer

Berikut langkah-langkah pengujian konduktivitas termal spesimen:

1. Hal pertama yang perlu dilakukan adalah mempersiapkan spesimen yang akan diuji dengan memperhatikan ketentuan yang ada. Spesimen harus diberikan satu lubang berukuran 3-4 mm yang menembus hingga ke tengah spesimen yang memiliki jari-jari sebesar 25 mm dengan jarak dari permukaan spesimen sebesar

23mm dan celah dibagian permukaan atas spesimen dengan kedalaman sekitar 3 mm sepanjang jari-jari dari spesimen, hal ini bertujuan untuk penempatan *thermocouple* pada spesimen.



Gambar 3. 19 Spesimen uji konduktivitas termal 1



Gambar 3. 20 Spesimen uji konduktivitas termal 2

2. Pastikan alat dalam keadaan mati terlebih dahulu pada saat spesimen dipasang pada alat agar menghindari terjadi kecelakaan yang tidak diinginkan. Setelah itu spesimen dapat dipasangkan ke alat uji beserta *thermocouple* yang dibutuhkan.



Gambar 3. 21 Pemasangan spesimen ke alat uji

3. Menutup dengan rapat alat uji agar meminimalisir udara yang masuk pada saat pengujian.



Gambar 3. 22 Alat uji yang sudah ditutup rapat

4. Pastikan *heater* sudah terpasang dengan benar.
5. Sebelum alat dinyalakan, pastikan sirkulasi air pendingin sudah berjalan dengan baik.
6. Menyalakan *thermocontrol* dan mengatur *set point adjustment* dari *thermocontrol* pada temperature 100 °C.



Gambar 3. 23 Set point adjustment thermocontrol

7. Pastikan pula *digital thermometer* sudah menyala dan *thermocouple selector* dapat bekerja dengan baik.



Gambar 3. 24 Digital thermometer

8. Ketika semua hal diatas sudah dilakukan, maka pengambilan data dapat diambil setelah menunggu selama 120 menit agar temperatur dan kalor yang masuk stabil. Kemudian pengambilan data berikutnya dapat diambil setiap 5 menit. Dengan total pengambilan data temperature sebanyak 5 kali.
9. Mencatat nilai dari arus dan tegangan yang terlihat di *thermocontrol*.



Gambar 3. 25 Voltmeter yang ada di *thermocontrol*

10. Mencatat nilai temperature dari tiap *thermocouple* yang dipasang pada spesimen dan alat uji dilihat dari *digital thermometer*. Total ada 4 *thermocouple* yang dipasang, 2 di logam perantara panas dan 2 di spesimen. Untuk memindah *thermocouple* yang ingin dilihat temperaturnya menggunakan *thermocouple selector*.



Gambar 3. 26 *Thermocouple selector*

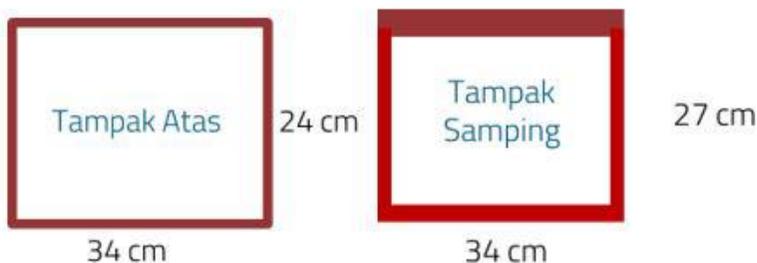
11. Setelah pengambilan data selesai, matikan terlebih dahulu alat dengan mengatur *set point adjustment* pada *thermocontrol* pada nilai 0 °C. Kemudian matikan *thermocontrol*.
12. Mengulangi semua prosedur untuk variasi spesimen lainnya.

3.4 Pembuatan Kotak Pendingin

Pada tahap pengumpulan data didapat bahan insulasi terbaik dilihat dari aspek konduktivitas termal dari berbagai variasi komposisi insulasi campuran dari Kayu Mahoni (*Swietenia macrophylla*) dan Serat kapuk yang telah dilakukan. Data dari kedua uji bahan sampel insulasi yang didapatkan akan dicari yang terbaik untuk

kemudian dipakai dalam pembuatan kotak pendingin. Sedangkan untuk dimensi dari kotak pendingin sendiri adalah sebagai berikut :

Panjang : 34 cm
 Lebar : 24 cm
 Tinggi : 27 cm
 Tebal : 3 cm



Gambar 3. 27 Rancangan kotak pendingin

Konduktivitas termal disini menjadi nilai yang di prioritaskan karena melihat bahwa semakin baik konduktivitas termal dari bahan tersebut maka semakin baik pula kemampuan sampel tersebut sebagai isolator. Jika bahan tersebut memiliki nilai isolator yang bagus, kemungkinan untuk menjaga temperatur es dan kesegaran ikan akan semakin bagus pula. Sedangkan data pengujian massa jenis dibutuhkan agar ketika diterapkan di kapal dapat ditentukan nilai dari volume dan massa menurut massa jenis yang sudah didapatkan. Dan juga jika ingin diterapkan komposisi insulasi tersebut pada pembuatan kotak pendingin ikan. Aspek lainnya yang ditinjau adalah dimensi dari alat yang akan dibuat, referensi untuk dimensi akan dilihat dari pengambilan satu sampel kotak pendingin yang telah beredar di pasaran dan kebutuhan-kebutuhan modifikasi tertentu.

3.5 Percobaan

Percobaan dilakukan selama 24 jam dengan membandingkan performa dari kotak pendingin hasil modifikasi dari insulasi campuran kayu mahoni dan Serat Kapuk dengan kotak pendingin dari *styrofoam*. Percobaan kotak pendingin diberi beban ikan segar dan es serut (basah). Pada lapisan luar kotak pendingin *styrofoam* diberi lapisan kayu lapis untuk memberikan perlakuan yang sama dengan coolbox kayu mahoni dan serat kapuk. Hal ini bertujuan agar perbandingan lebih akurat dan aktual.

Seberapa bagus kotak pendingin memiliki performa akan ditinjau dari kemampuan kotak pendingin mempertahankan temperaturnya. Pengukuran temperatur akan dilakukan menggunakan *digital thermometer* yang akan diletakkan pada 3 lokasi berbeda, yaitu pada dasar kotak pendingin, di dalam ikan, dan diletakkan di sisi dalam kotak pendingin dengan jarak 10 cm dari atas. Dalam

percobaan kotak pendingin yang akan dilakukan nantinya menggunakan alat-alat sebagai berikut :

1. Kotak pendingin modifikasi
2. Kotak pendingin *Styrofoam*
3. Ikan segar 400 gr
4. Es serut 1,2 kg
5. Timer
6. *Digital thermometer*
7. Selotip
8. Buku catatan



Gambar 3. 28 *Digital thermometer*



Gambar 3. 29 Ikan segar

3.6 Analisa Data

Setelah percobaan, data yang diperoleh akan dianalisis berdasarkan durasi pemeliharaan suhu maksimum yang dicapai selama proses pendinginan baik dari kotak pendingin yang telah dimodifikasi dan kotak yang hanya berbahan Styrofoam dan perbedaan suhu selama waktu yang akan ditentukan dari kedua kotak pendingin tersebut. Sehingga diketahui performa dari kedua kotak pendingin dan dapat dibandingkan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV
ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada pengerjaan tugas akhir yang dilakukan, penulis melakukan dua kali uji bahan untuk sampel insulasi, yaitu uji massa jenis dan uji konduktivitas termal. Sedangkan untuk kotak pendingin yang akan dibuat nanti dilakukan pengujian dua kali, yaitu pengujian dengan es serut (basah) saja dan pengujian dengan ikan segar yang diberi es serut (basah).

4.1 Pengujian Massa Jenis

Pengujian massa jenis bertujuan untuk mengetahui nilai dari volume dan massa ketika diterapkan di kapal jika dimensi yang digunakan berbeda dari dimensi yang penulis rancang. Massa jenis sendiri adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Sebuah benda yang memiliki massa jenis lebih tinggi akan memiliki volume lebih kecil dibanding benda yang lain jika massa kedua benda sama. Contohnya seperti baja dan air. Baja akan memiliki volume lebih rendah ketika massanya sama dengan air. Sedangkan rumusan untuk massa jenis sendiri adalah sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{V} \dots\dots\dots(4.1)$$

Dimana:

- ρ = Massa jenis (gr/cm³)
- M = Massa (gr)
- V = Volume (cm³)

Pengujian massa jenis dilakukan dengan penimbangan sampel insulasi menggunakan *electronic digital scale* atau timbangan elektrik untuk mengetahui massanya. Berikut hasil perhitungan massa dari masing-masing variable sampel insulasi:

- a. Perbandingan Kayu Mahoni dan Serat kapuk 80% : 20%
Nilai volume dari perbandingan sampel insulasi kayu mahoni 80% dan serat kapuk 20% sesuai dengan rancangan pembuatan sampel dari penulis, yaitu 54 cm³. Sedangkan nilai massa yang didapatkan dari pengukuran adalah 40 gram. Sehingga massa jenis yang didapatkan sesuai rumus adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \rho &= m \div v \\ \rho &= 40 \text{ gram} \div 54 \text{ cm}^3 \\ \rho &= 0.7407 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$



Gambar 4. 1 Pengukuran massa sampel insulasi 80% : 20%

- b. Perbandingan Kayu Mahoni dan Serat kapuk 60% : 40%
Nilai volume dari perbandingan sampel insulasi kayu mahoni 60% dan serat kapuk 40% sesuai dengan rancangan pembuatan sampel dari penulis, yaitu 54 cm³. Sedangkan nilai massa yang didapatkan dari pengukuran adalah 36 gram. Sehingga massa jenis yang didapatkan sesuai rumus adalah sebagai berikut:

$$\rho = m \div v$$

$$\rho = 36 \text{ gram} \div 54 \text{ cm}^3$$

$$\rho = 0.6667 \text{ gr/cm}^3$$



Gambar 4. 2 Pengukuran massa sampel insulasi 60% : 40%

- c. Perbandingan Kayu Mahoni dan Serat kapuk 50% : 50%
Nilai volume dari perbandingan sampel insulasi kayu mahoni 50% dan serat kapuk 50% sesuai dengan rancangan pembuatan sampel dari penulis, yaitu 54 cm^3 . Sedangkan nilai massa yang didapatkan dari pengukuran adalah 31 gram. Sehingga massa jenis yang didapatkan sesuai rumus adalah sebagai berikut:

$$\rho = m \div v$$

$$\rho = 31 \text{ gram} \div 54 \text{ cm}^3$$

$$\rho = 0.5740 \text{ gr/cm}^3$$



Gambar 4. 3 Pengukuran massa sampel insulasi 50% : 50%

- d. Perbandingan Kayu Mahoni dan Serat kapuk 40% : 60%
Nilai volume dari perbandingan sampel insulasi kayu mahoni 40% dan serat kapuk 60% sesuai dengan rancangan pembuatan sampel dari penulis, yaitu 54 cm³. Sedangkan nilai massa yang didapatkan dari pengukuran adalah 30 gram. Sehingga massa jenis yang didapatkan sesuai rumus adalah sebagai berikut:

$$\rho = m \div v$$

$$\rho = 30 \text{ gram} \div 54 \text{ cm}^3$$

$$\rho = 0.5556 \text{ gr/cm}^3$$



Gambar 4. 4 Pengukuran massa sampel insulasi 40% : 60%

- e. Perbandingan Kayu Mahoni dan Serat kapuk 20% : 80%
Nilai volume dari perbandingan sampel insulasi kayu mahoni 20% dan serat kapuk 80% sesuai dengan rancangan pembuatan sampel dari penulis, yaitu 54 cm³. Sedangkan nilai massa yang didapatkan dari pengukuran adalah 28 gram. Sehingga massa jenis yang didapatkan sesuai rumus adalah sebagai berikut:

$$\rho = m \div v$$

$$\rho = 28 \text{ gram} \div 54 \text{ cm}^3$$

$$\rho = 0,5185 \text{ gr/cm}^3$$



Gambar 4. 5 Pengukuran massa sampel insulasi 20% : 80%

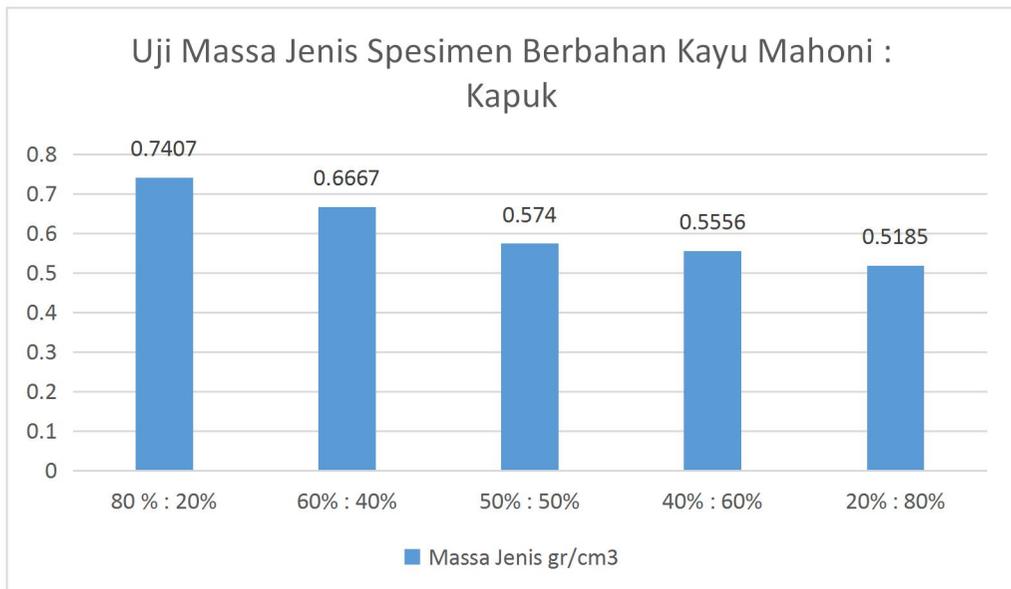
Setelah mendapatkan data hasil uji massa jenis dari masing-masing variabel sampel insulasi berdasarkan perbandingan ketebalan bahan, dibuat tabel untuk memudahkan perbandingan data nya sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Data hasil uji massa jenis berdasarkan perbandingan bahan

Parameter Uji	Perbandingan Presentase Kayu : Serat kapuk				
	80% : 20%	60% : 40%	50% : 50%	40% : 60%	20% : 80%
Volume (cm³)	54 cm ³	54 cm ³	54 cm ³	54 cm ³	54 cm ³
Massa (gr)	40	36	31	30	28
Massa jenis (gr/cm³)	0,7407	0,6667	0,5740	0,5556	0,5185

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa semakin besar presentase kayu mahoni pada sampel insulasi, maka semakin besar pula nilai massa jenisnya. Hal ini menunjukkan bahwa kayu mempengaruhi nilai massa. Setiap kali kayu mahoni ditambahkan presentasinya, maka nilai massa dari sampel insulasi akan bertambah mengingat bahwa volume dari sampel insulasi disini dijadikan sebagai variabel tetap. Terlihat bahwa massa jenis sampel insulasi kayu mahoni dan serat kapuk dengan presentase perbandingan 80% : 20%; 60% : 40%; 50% : 50%; 40% : 60%; dan 20% : 80%

secara berurutan adalah $0,7407 \text{ gr/cm}^3$; $0,6667 \text{ gr/cm}^3$; $0,5740 \text{ gr/cm}^3$; $0,5556 \text{ gr/cm}^3$; dan $0,5185 \text{ gr/cm}^3$.

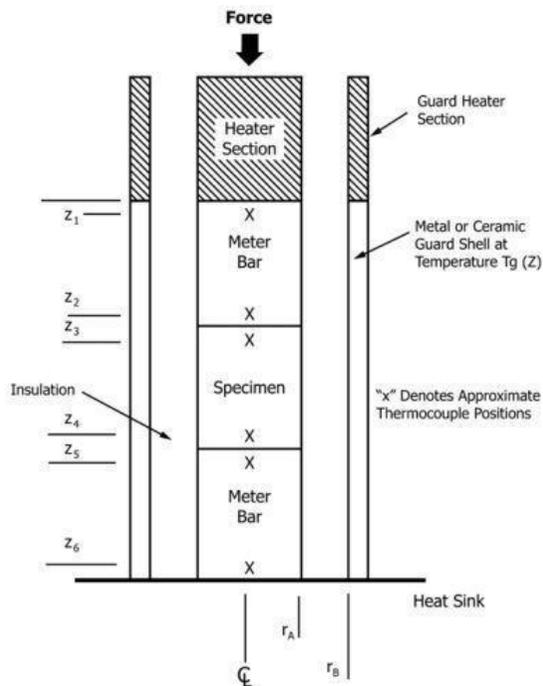


Gambar 4. 6 Grafik uji massa jenis sampel insulasi

4.2 Pengujian Konduktivitas Termal

Pengujian spesimen dilakukan di Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa Departemen Teknik Mesin FTI – ITS. Pengujian dilakukan dengan meletakkan spesimen uji pada batang logam panas dan dingin yang kemudian diukur dengan menggunakan termokopel pada kedua sisi bagian batang logam dan spesimen uji. Standar pengujian sifat termal pada komposit menggunakan ASTM E-1225-13. Metode pengujian ini menjelaskan teknik *steady* untuk menentukan nilai konduktivitas termal.

Nilai konduktivitas suatu material dipengaruhi oleh kandungan uap air dimana konduktivitas termal air $0,556 \text{ W/mK}$ lebih tinggi daripada konduktivitas termal udara $0,024 \text{ W/mK}$. Oleh karena itu apabila suatu benda berpori diisi oleh air, maka akan berpengaruh terhadap nilai konduktivitas termalnya. Hal ini menjelaskan bahwa semakin kering kondisi dari benda itu akan menjadikan nilai konduktivitas termalnya semakin rendah. Maka dari itu, penulis menjemur terlebih dahulu tiap bahan yang akan diujikan. Sehingga, setiap bahan yang akan diujikan akan berkurang kandungan uap airnya dengan harapan nilai konduktivitas termal akan naik. Konduktivitas termal yang rendah pada bahan isolator adalah selaras dengan kandungan udara dalam bahan tersebut. Konduktivitas termal akan memiliki pengaruh yang berbeda terhadap kepadatan. Terutama pada pengujian dengan skema uji yang dipakai pada kesempatan kali ini. Kepadatan serat kapuk yang ada di dalam sampel insulasi akan memengaruhi nilai konduktivitas termal dari sampel insulasi. Skema pengujian dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 4. 7 Skema pengujian spesimen

Konduktivitas termal (k) merupakan suatu besaran intensif bahan yang menunjukkan kemampuannya untuk menghantarkan kalor. Konduksi termal adalah kejadian berpindahnya energi termal dari satu daerah benda panas ke daerah yang sama pada temperature lebih rendah disebabkan oleh perbedaan temperatur. Percobaan untuk mengambil data konduktivitas termal (K) dilakukan pada 5 spesimen yang telah dibuat. Pengambilan data dilakukan sebanyak 5 kali, data pertama akan diambil setelah 120 menit dari pertama alat dijalankan. Hal ini bertujuan agar kalor yang masuk sudah stabil sehingga temperatur juga menjadi stabil. Kemudian data kedua sampai dengan keempat diambil dengan selang waktu 5 menit dengan pertimbangan telah stabilnya temperatur dan kalor masuk tadi. Berikut tabel data hasil percobaan perpindahan panas pada sampel insulasi:

Tabel 4. 2 Data utama spesimen 1 hasil pengujian konduktivitas termal

Spesimen 1 (Kapuk 20:80 Kayu)				
Pengambilan data	T_1	T_2	T_3	T_4
1	80.3	79.8	75.1	40.4
2	80.4	79.9	75.3	40.5
3	80.6	80.1	75.5	40.7
4	80.6	80.1	75.6	40.7
5	80.7	80.2	75.7	40.7

Tabel 4. 3 Data utama spesimen 2 hasil pengujian konduktivitas termal

Spesimen 2 (Kapuk 40:60 Kayu)				
Pengambilan data	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
1	98.5	97.9	96.3	43.9
2	98.8	98	96.5	44
3	99.1	98.3	97	44.3
4	99.2	98.4	97.1	44.4
5	99.5	98.8	97.4	44.7

Tabel 4. 4 Data utama spesimen 3 hasil pengujian konduktivitas termal

Spesimen 3 (Kapuk 50:50 Kayu)				
Pengambilan data	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
1	95.1	94.4	92	41.5
2	95	94.3	92	41.5
3	95	94.4	92	41.3
4	95	94.5	92.1	41.3
5	95.2	94.6	92.3	41.1

Tabel 4. 5 Data utama spesimen 4 hasil pengujian konduktivitas termal

Spesimen 4 (Kapuk 60:40 Kayu)				
Pengambilan data	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
1	86.9	86.5	84.2	38.6
2	86.8	86.4	84	38.4
3	86.7	86.3	84.1	38.5
4	86.5	86.1	84.2	38.3
5	86.4	86	84.2	38.2

Tabel 4. 6 Data utama spesimen 5 hasil pengujian konduktivitas termal

Spesimen 5 (Kapuk 80:20 Kayu)				
Pengambilan data	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
1	80.7	80.2	75.6	36.7
2	80.8	80.3	75.7	36.6
3	80.9	80.4	75.9	36.6
4	81.1	80.7	76.2	36.4
5	81.3	80.9	76.5	36.5

Keterangan:

- T₁ = Temperatur titik atas logam perantara (°C)
- T₂ = Temperatur titik bawah logam perantara (°C)
- T₃ = Temperatur titik atas permukaan spesimen (°C)
- T₄ = Temperatur titik tengah spesimen dengan jarak dari permukaan 2.3 cm (°C)

Dilihat dari tabel diatas temperatur paling atas dalam skema pengujian yang memiliki posisi paling awal kalor masuk memiliki nilai yang tidak jauh berbeda dari 5 percobaan masing-masing spesimen yaitu kisaran 80.3 °C sampai dengan 99.5 °C. Perbedaan temperatur paling besar mencapai 19.2 °C meski semua percobaan diatur dengan temperatur masuk yang sama yaitu 100 °C. Setelah didapatkan data utama maka kemudian akan dicari berapa temperature rata-rata (T_{AVG}) dari tembaga (T₁ dan T₂) dan ΔT nya. Berikut rumus perhitungan temperatur rata-rata tembaga :

$$T_{AVG} = \frac{T_1+T_2}{2} \dots\dots\dots (4.2)$$

Dimana :

- T_{AVG} TEMBAGA = Temperatur rata-rata tembaga
- T₁ = Temperatur titik 1
- T₂ = Temperatur titik 2

Contoh perhitungan

$$\begin{aligned}
 T_{AVG} \text{ pada spesimen 1 data 1 : } T_{AVG} &= \frac{T_1+T_2}{2} \\
 &= 80.3 \text{ °C} + 79.8 \text{ °C} / 2 \\
 &= 80.05 \text{ °C}
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 7 Hasil perhitungan temperatur tembaga spesimen 1

Spesimen 1 (Kapuk 20:80 Kayu)				
Pengambilan data	T ₁	T ₂	ΔT tembaga (K)	T _{AVG} tembaga (°C)
1	80.3	79.8	0.5	80.05
2	80.4	79.9	0.5	80.15
3	80.6	80.1	0.5	80.35
4	80.6	80.1	0.5	80.35
5	80.7	80.2	0.5	80.45

Tabel 4. 8 Hasil perhitungan temperatur tembaga spesimen 2

Spesimen 2 (Kapuk 40:60 Kayu)				
Pengambilan data	T ₁	T ₂	ΔT tembaga (K)	T _{AVG} tembaga (°C)
1	98.5	97.9	0.6	98.2
2	98.8	98	0.8	98.4
3	99.1	98.3	0.8	98.7
4	99.2	98.4	0.8	98.8
5	99.5	98.8	0.7	99.15

Tabel 4. 9 Hasil perhitungan temperatur tembaga spesimen 3

Spesimen 3 (Kapuk 50:50 Kayu)				
Pengambilan data	T ₁	T ₂	ΔT tembaga (K)	T _{AVG} tembaga (°C)
1	95.1	94.4	0.7	94.75
2	95	94.3	0.7	94.65
3	95	94.4	0.6	94.7
4	95	94.5	0.5	94.75
5	95.2	94.6	0.6	94.9

Tabel 4. 10 Hasil perhitungan temperatur tembaga spesimen 4

Spesimen 4 (Kapuk 60:40 Kayu)				
Pengambilan data	T ₁	T ₂	ΔT tembaga (K)	T _{AVG} tembaga (°C)
1	86.9	86.5	0.4	86.7
2	86.8	86.4	0.4	86.6
3	86.7	86.3	0.4	86.5
4	86.5	86.1	0.4	86.3
5	86.4	86	0.4	86.2

Tabel 4. 11 Hasil perhitungan temperatur tembaga spesimen 5

Spesimen 5 (Kapuk 80:20 Kayu)				
Pengambilan data	T ₁	T ₂	ΔT tembaga (K)	T _{AVG} tembaga (°C)
1	80.7	80.2	0.5	80.45
2	80.8	80.3	0.5	80.55
3	80.9	80.4	0.5	80.65
4	81.1	80.7	0.4	80.9
5	81.3	80.9	0.4	81.1

Setelah mendapatkan nilai ΔT dan T_{AVG} dari tembaga masing-masing spesimen menurut data utama hasil percobaan, hal selanjutnya yang perlu dilakukan adalah menghitung nilai konduktivitas termal tembaga (K_t) dari masing-masing spesimen. Perhitungan dilakukan dengan metode interpolasi tabel karakteristik termal beberapa logam padat dengan ΔT dan T_{AVG} dari masing-masing spesimen. Karena temperatur tembaga setelah di konversikan dari celcius menjadi kelvin bernilai diantara 300K dan 400K, maka nilai konduktivitas termal tembaga pada tabel yang dipakai adalah 401 W/mK dan 393 W/mK. Berikut gambar dari karakteristik termal logam padat :

Properties at various temperatures (K)													
Composition	Melting point (K)	Properties at 300 K/353 K [†]				$k(\text{W/m K})/c_p(\text{J/kg K})$							
		ρ (kg/m ³)	c_p (J/kg K)	k (W/m K)	$\alpha \cdot 10^6$ (m ² /s)	100		200		400		500	
						100	200	400	500	600	700	800	
Aluminum	933	2702	906	237	97.1	302	237	240	237	232	226	220	
Pure			901 [†]	240 [†]		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 [†]	394 [†]		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			
Cartridge 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						
Iron													
Pure	1810	7870	443	80.3	23.1	132	94.0	69.4	61.3	54.7	48.7	43.3	
			441 [†]	74.1 [†]		216	385	486	495	566	619	686	

Gambar 4. 8 Karakteristik termal logam padat

Setelah didapatkan nilai-nilai yang dibutuhkan untuk menghitung konduktivitas termal tembaga dari masing-masing spesimen, maka dilakukan perhitungan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$K_t = K_{t(300K)} - \frac{(T_{AVG}-300K)}{(300K-400K)} \times (K_{t(300K)} - K_{t(400K)}) \dots\dots\dots (4.3)$$

Dimana :

K_t = Konduktivitas termal tembaga (W/m.K)

T_{AVG} = Temperatur rata-rata tembaga (K)

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

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

Contoh perhitungan

$$\begin{aligned} K_t \text{ pada spesimen 1 data 1 : } K_t &= K_{t(300K)} - \frac{(T_{AVG}-300K)}{(300K-400K)} \times (K_{t(300K)} - K_{t(400K)}) \\ &= 401 \text{ W/m.K} - ((353.05 \text{ K} - 300 \text{ K}) / (300 - 400)) \times \\ &\quad (401 \text{ W/m.K} - 393 \text{ W/m.K}) \\ &= 405.244 \text{ W/m.K} \end{aligned}$$

Tabel 4. 12 Hasil perhitungan konduktivitas termal tembaga spesimen 1

Spesimen 1			
Pengambilan Data	T_{AVG} tembaga (°C)	T_{AVG} tembaga (K)	$K_{tembaga}$ (W/mK)
1	80.05	353.05	405.244
2	80.15	353.15	405.252
3	80.35	353.35	405.268
4	80.35	353.35	405.268
5	80.45	353.45	405.276

Tabel 4. 13 Hasil perhitungan konduktivitas termal tembaga spesimen 2

Spesimen 2			
Pengambilan Data	T_{AVG} tembaga (°C)	T_{AVG} tembaga (K)	$K_{tembaga}$ (W/mK)
1	98.2	371.2	406.696
2	98.4	371.4	406.712
3	98.7	371.7	406.736
4	98.8	371.8	406.744
5	99.15	372.15	406.772

Tabel 4. 14 Hasil perhitungan konduktivitas termal tembaga spesimen 3

Spesimen 3			
Pengambilan Data	T _{AVG} tembaga (°C)	T _{AVG} tembaga (K)	K _{tembaga} (W/mK)
1	94.75	367.75	406.42
2	94.65	367.65	406.412
3	94.7	367.7	406.416
4	94.75	367.75	406.42
5	94.9	367.9	406.432

Tabel 4. 15 Hasil perhitungan konduktivitas termal tembaga spesimen 4

Spesimen 4			
Pengambilan Data	T _{AVG} tembaga (°C)	T _{AVG} tembaga (K)	K _{tembaga} (W/mK)
1	86.7	359.7	405.776
2	86.6	359.6	405.768
3	86.5	359.5	405.76
4	86.3	359.3	405.744
5	86.2	359.2	405.736

Tabel 4. 16 Hasil perhitungan konduktivitas termal tembaga spesimen 5

Spesimen 5			
Pengambilan Data	T _{AVG} tembaga (°C)	T _{AVG} tembaga (K)	K _{tembaga} (W/mK)
1	80.45	353.45	405.276
2	80.55	353.55	405.284
3	80.65	353.65	405.292
4	80.9	353.9	405.312
5	81.1	354.1	405.328

Perhitungan konduktivitas termal tembaga (Kt) dibutuhkan dalam tahap perhitungan selanjutnya yaitu jumlah kalor yang masuk. Pada percobaan kali ini, diasumsikan bahwa jumlah kalor yang masuk (tembaga) sama dengan jumlah kalo yang keluar (spesimen).

$$Q_{masuk} = Q_{keluar}$$

$$Q_{copper} = Q_{specimen}$$

Persamaan yang digunakan untuk menghitung jumlah kalor yang masuk adalah sebagai berikut:

$$Q_t = \frac{K_t \times A_t \times \Delta T_t}{L_t}$$

$$Q_t = \frac{K_t \times (\pi r_t^2) \times (T_1 - T_2)}{L_t} \dots \dots \dots (4.4)$$

Dimana :

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

Contoh perhitungan

$$\begin{aligned}
 \text{Qt pada spesimen 1 data 1 : } Q_t &= \frac{K_t \times A_t \times \Delta T_t}{L_t} \\
 &= (405.24 \text{ W/m.K} \times 0.001256 \text{ m}^2 \times 0.5 \text{ K}) / 0.09 \text{ m} \\
 &= 2.827703 \text{ W}
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 17 Hasil perhitungan jumlah kalor masuk spesimen 1

Spesimen 1						
Pengambilan Data	$\Delta T_{\text{tembaga}}$ (K)	K_{tembaga} (W/mK)	R_{tembaga} (m)	A_{tembaga} (m^2)	L_{tembaga} (m)	Q_{tembaga} (W)
1	0.5	405.244	0.02	0.001256	0.09	2.827703
2	0.5	405.252	0.02	0.001256	0.09	2.827758
3	0.5	405.268	0.02	0.001256	0.09	2.82787
4	0.5	405.268	0.02	0.001256	0.09	2.82787
5	0.5	405.276	0.02	0.001256	0.09	2.827926

Tabel 4. 18 Hasil perhitungan jumlah kalor masuk spesimen 2

Spesimen 2						
Pengambilan Data	$\Delta T_{\text{tembaga}}$ (K)	K_{tembaga} (W/mK)	R_{tembaga} (m)	A_{tembaga} (m ²)	L_{tembaga} (m)	Q_{tembaga} (W)
1	0.6	406.696	0.02	0.001256	0.09	3.405401
2	0.8	406.712	0.02	0.001256	0.09	4.540714
3	0.8	406.736	0.02	0.001256	0.09	4.540981
4	0.8	406.744	0.02	0.001256	0.09	4.541071
5	0.7	406.772	0.02	0.001256	0.09	3.97371

Tabel 4. 19 Hasil perhitungan jumlah kalor masuk spesimen 3

Spesimen 3						
Pengambilan Data	$\Delta T_{\text{tembaga}}$ (K)	K_{tembaga} (W/mK)	R_{tembaga} (m)	A_{tembaga} (m ²)	L_{tembaga} (m)	Q_{tembaga} (W)
1	0.7	406.42	0.02	0.001256	0.09	3.970272
2	0.7	406.412	0.02	0.001256	0.09	3.970194
3	0.6	406.416	0.02	0.001256	0.09	3.403057
4	0.5	406.42	0.02	0.001256	0.09	2.835908
5	0.6	406.432	0.02	0.001256	0.09	3.403191

Tabel 4. 20 Hasil perhitungan jumlah kalor masuk spesimen 4

Spesimen 4						
Pengambilan Data	$\Delta T_{\text{tembaga}}$ (K)	K_{tembaga} (W/mK)	R_{tembaga} (m)	A_{tembaga} (m ²)	L_{tembaga} (m)	Q_{tembaga} (W)
1	0.4	405.776	0.02	0.001256	0.09	2.265132
2	0.4	405.768	0.02	0.001256	0.09	2.265087
3	0.4	405.76	0.02	0.001256	0.09	2.265042
4	0.4	405.744	0.02	0.001256	0.09	2.264953
5	0.4	405.736	0.02	0.001256	0.09	2.264909

Tabel 4. 21 Hasil perhitungan jumlah kalor masuk spesimen 5

Spesimen 5						
Pengambilan Data	ΔT tembaga (K)	K_{tembaga} (W/mK)	R_{tembaga} (m)	A_{tembaga} (m ²)	L_{tembaga} (m)	Q_{tembaga} (W)
1	0.5	405.276	0.02	0.001256	0.09	2.827926
2	0.5	405.284	0.02	0.001256	0.09	2.827982
3	0.5	405.292	0.02	0.001256	0.09	2.828038
4	0.4	405.312	0.02	0.001256	0.09	2.262542
5	0.4	405.328	0.02	0.001256	0.09	2.262631

Setelah didapatkan hasil dari perhitungan jumlah kalor yang masuk (Q_i) dari masing-masing spesimen, maka nilai konduktivitas termal spesimen (K_{spesimen}) dapat dicari dengan persamaan berikut:

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

$$K_{sp} = \frac{Q_{sp} \times L_{sp}}{(\pi r_{sp}^2) \times (T_3 - T_4)} \dots \dots \dots (4.5)$$

Dimana :

- K_{sp} = Konduktivitas termal spesimen (W/m.K)
- ΔT_{sp} = Selisih suhu temperatur pada spesimen ($T_3 - T_4$)
- A_{sp} = Luasan permukaan spesimen (m²)
- r_{sp} = Jari-jari permukaan spesimen (m)
- Q_{sp} = Jumlah kalor yang keluar/masuk (W)
- T_3 = Temperatur pada titik 3 (°C)
- T_4 = Temperatur pada titik 4 (°C)
- L_{sp} = Panjang tembaga (m)

Contoh perhitungan

$$K_{sp} \text{ pada spesimen 1 data 1 : } K_{sp} = \frac{Q_{sp} \times L_{sp}}{A_{sp} \times \Delta T_{sp}}$$

$$= (2.8277 \text{ W} \times 0.023 \text{ m}) / (0.05 \text{ m} \times 34.7 \text{ K})$$

$$= 0.9548 \text{ W/m.K}$$

Tabel 4. 22 Hasil perhitungan konduktivitas termal spesimen 1

Spesimen 1						
Pengambilan Data	Q_{spesimen} (W)	D_{spesimen} (m)	A_{spesimen} (m ²)	$\Delta T_{\text{spesimen}}$ (K)	L_{spesimen} (m)	K_{spesimen} (W/mK)
1	2.8277	0.05	0.001963	34.7	0.023	0.9548
2	2.8278	0.05	0.001963	34.8	0.023	0.9521
3	2.8279	0.05	0.001963	34.8	0.023	0.9521
4	2.8279	0.05	0.001963	34.9	0.023	0.9494
5	2.8279	0.05	0.001963	35	0.023	0.9467
K rata-rata					=	0.9510

Tabel 4. 23 Hasil perhitungan konduktivitas termal spesimen 2

Spesimen 2						
Pengambilan Data	Q_{spesimen} (W)	D_{spesimen} (m)	A_{spesimen} (m ²)	$\Delta T_{\text{spesimen}}$ (K)	L_{spesimen} (m)	K_{spesimen} (W/mK)
1	3.405401	0.05	0.001963	52.4	0.023	0.7614555
2	4.540714	0.05	0.001963	52.5	0.023	1.01338
3	4.540981	0.05	0.001963	52.7	0.023	1.0095937
4	4.541071	0.05	0.001963	52.7	0.023	1.0096136
5	3.97371	0.05	0.001963	52.7	0.023	0.8834727
K rata-rata					=	0.9355031

Tabel 4. 24 Hasil perhitungan konduktivitas termal spesimen 3

Spesimen 3						
Pengambilan Data	Q_{spesimen} (W)	D_{spesimen} (m)	A_{spesimen} (m ²)	$\Delta T_{\text{spesimen}}$ (K)	L_{spesimen} (m)	K_{spesimen} (W/mK)
1	3.970272	0.05	0.001963	50.5	0.023	0.9211628
2	3.970194	0.05	0.001963	50.5	0.023	0.9211447
3	3.403057	0.05	0.001963	50.7	0.023	0.7864457
4	2.835908	0.05	0.001963	50.8	0.023	0.6540878
5	3.403191	0.05	0.001963	51.2	0.023	0.7787962
				K rata-rata	=	0.8123274

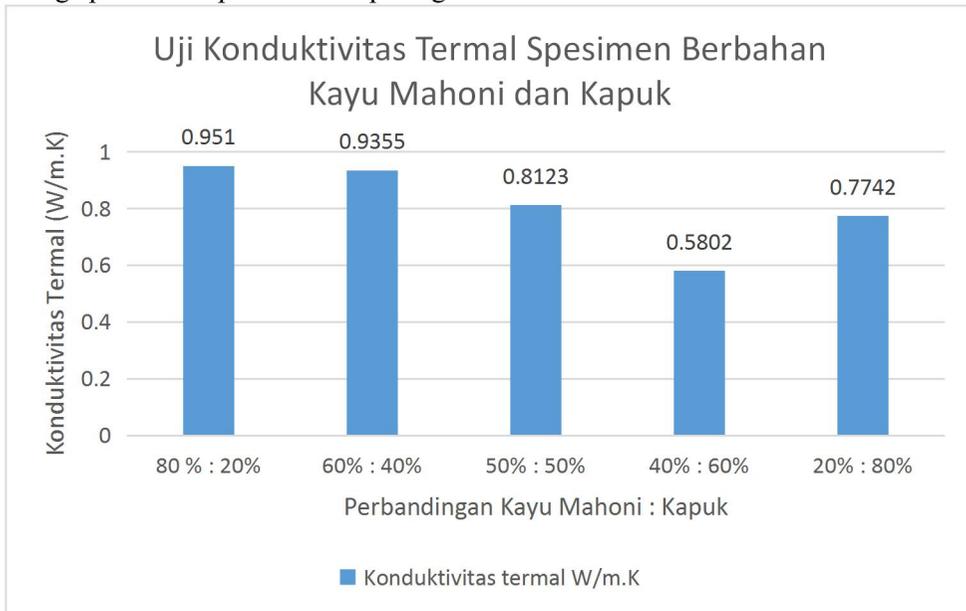
Tabel 4. 25 Hasil perhitungan konduktivitas termal spesimen 4

Spesimen 4						
Pengambilan Data	Q_{spesimen} (W)	D_{spesimen} (m)	A_{spesimen} (m ²)	$\Delta T_{\text{spesimen}}$ (K)	L_{spesimen} (m)	K_{spesimen} (W/mK)
1	2.265132	0.05	0.001963	45.6	0.023	0.5820177
2	2.265087	0.05	0.001963	45.6	0.023	0.5820062
3	2.265042	0.05	0.001963	45.6	0.023	0.5819947
4	2.264953	0.05	0.001963	45.9	0.023	0.578168
5	2.264909	0.05	0.001963	46	0.023	0.5768998
				K rata-rata	=	0.5802173

Tabel 4. 26 Hasil perhitungan konduktivitas termal spesimen 5

Spesimen 5						
Pengambilan Data	Q_{spesimen} (W)	D_{spesimen} (m)	A_{spesimen} (m ²)	$\Delta T_{\text{spesimen}}$ (K)	L_{spesimen} (m)	K_{spesimen} (W/mK)
1	2.827926	0.05	0.001963	38.9	0.023	0.8517771
2	2.827982	0.05	0.001963	39.1	0.023	0.8474369
3	2.828038	0.05	0.001963	39.3	0.023	0.8431409
4	2.262542	0.05	0.001963	39.8	0.023	0.6660718
5	2.262631	0.05	0.001963	40	0.023	0.6627676
K rata-rata					=	0.7742389

Perhitungan konduktivitas termal spesimen dari masing-masing spesimen diambil nilai rata-ratanya dari 5 kali pengambilan data, sehingga didapatkan nilai dari masing-masing spesimen seperti terlihat pada grafik dibawah ini.

**Gambar 4. 9 Grafik konduktivitas termal spesimen berbahan kayu mahoni dan serat kapuk**

Berdasarkan hasil pengujian konduktivitas termal yang telah dilakukan seperti terlihat pada tabel 4.22; 4.23; 4.24; 4.25; serta 4.26 dan grafik di gambar 4.9 , setiap perbandingan presentase komposisi dari spesimen memiliki nilai konduktivitas termal yang berbeda-beda. Nilai konduktivitas termal terendah adalah komposisi dengan presentase kayu mahoni 40% dan serat kapuk 60% dengan nilai 0.5802

W/m.K dan komposisi dengan presentase kayu mahoni 80% dan serat kapuk 20% adalah yang tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa komposisi dengan presentase kayu mahoni 40% dan serat kapuk 60% adalah isolator terbaik untuk dijadikan kotak pendingin nantinya. Hal ini dapat terjadi karena serat kapuk memiliki nilai konduktivitas termal sebesar 0,035 W/m.K sehingga semakin banyak presentase serat kapuk pada komposisi spesimen akan membuat nilai konduktivitas termal dari spesimen semakin rendah mengingat konduktivitas termal dari kayu mahoni sendiri memiliki nilai yang lebih besar dibanding serat kapuk yaitu 0,133 W/m.K. Sebagai perbandingan, nilai konduktivitas termal dari *polystyrene* yang merupakan bahan dari *styrofoam* adalah 0,389 W/m.K pada temperatur 86,85 °C. Namun, nilai konduktivitas termal dari spesimen dengan presentase komposisi kayu mahoni 20% dan serat kapuk 80% tak sejalan dengan pernyataan tersebut. Hal ini dapat dipengaruhi oleh nilai kalor masuk dari percobaan pada spesimen tersebut, karena temperatur yang mempengaruhi kalor masuk sangat berpengaruh pada nilai konduktivitas termal. Dapat dilihat dari tabel 4.25 bahwa kalor masuk pada spesimen dengan presentase komposisi kayu mahoni 40% dan serat kapuk 60% memiliki rata-rata yang bernilai 2,265025 W. Sedangkan kalor masuk pada spesimen dengan presentase komposisi kayu mahoni 20% dan serat kapuk 80% memiliki rata-rata 2,601824 W seperti terlihat pada tabel 4.26. Hal lain yang mempengaruhi nilai K dari masing-masing spesimen adalah kepadatan dari tiap serat kapuk pada spesimen. Pada komposisi dengan presentase serat kapuk sebanyak 80% sulit untuk dilakukan pemadatan karena ruang yang diisi relatif besar, sedangkan pada komposisi dengan presentasi serat kapuk sebanyak 60% lebih mudah. Kepadatan mempengaruhi seberapa besar rongga udara yang ada sehingga nilai konduktivitas termal dari spesimen juga akan terpengaruh dari hal tersebut. Karena rongga udara yang tercipta tidak bisa dijamin apakah tidak mengandung uap air sehingga dapat meningkatkan nilai konduktivitas termal dari spesimen tersebut jika terdapat uap air di dalamnya.

4.3 Percobaan Kotak Pendingin

Percobaan kotak pendingin bertujuan untuk mengetahui kemampuan isolator dalam mempertahankan temperatur. Isolator dalam hal ini adalah kotak pendingin dengan insulasi campuran kayu mahoni dan serat kapuk serta kotak pendingin dengan bahan *Styrofoam*. Pertimbangan dalam pembuatan kotak pendingin dengan insulasi campuran kayu mahoni dan serat kapuk adalah nilai konduktivitas termal dan massa jenis dari masing-masing hasil uji variasi spesimen. Skala prioritas yang utama adalah konduktivitas termal, baru kemudian massa jenis. Dengan perbandingan skala penilaian 75% untuk konduktivitas termal dan 25% untuk massa jenis. Berikut perbandingan hasil uji dari masing-masing variasi spesimen yang telah dilakukan :

Tabel 4. 27 Peringkat variasi spesimen

Variasi Spesimen (Kayu Mahoni : Serat kapuk)	Peringkat Konduktivitas Termal	Nilai	Peringkat Massa Jenis	Nilai	Peringkat Akhir
20 : 80	II	80	I	100	II
40 : 60	I	100	II	80	I
50 : 50	III	60	III	60	III
60 : 40	IV	40	IV	40	IV
80 : 20	V	20	V	20	V

Tabel 4.27 merupakan tabel peringkat hasil pengujian konduktivitas termal dan massa jenis. Terlihat bahwa variasi spesimen dengan komposisi presentase kayu mahoni 40% dan serat kapuk 60% memiliki peringkat paling baik sehingga variasi spesimen tersebut yang akan dijadikan komposisi presentase pembuatan kotak pendingin.

Pembuatan kotak pendingin akan disesuaikan dengan metodologi penelitian yang sudah penulis rancang sebelumnya dengan ukuran 34 cm x 24 cm x 27 cm dan tebal dinding 3 cm. Berikut beberapa gambar kotak pendingin yang sudah selesai dibuat:



Gambar 4. 10 Tampak depan kotak pendingin berbahan kayu mahoni dan serat kapuk



Gambar 4. 11 Tampak samping kotak pendingin berbahan kayu mahoni dan serat kapuk



Gambar 4. 12 Tampak atas kotak pendingin berbahan kayu mahoni dan serat kapuk



Gambar 4. 13 Kotak pendingin berbahan kayu mahoni dan serat kapuk tanpa penutup

Untuk komposisi dari dinding kotak pendingin yang telah dipilih dari hasil uji konduktivitas termal dan massa jenis adalah sebagai berikut :



Gambar 4. 14 Komposisi campuran dinding kotak pendingin dengan bahan kayu mahoni dan serat kapuk

Setelah kotak pendingin yang dirancang sudah selesai dibuat dan alat-alat untuk percobaan telah disiapkan. Maka percobaan dapat dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat-alat yang dibutuhkan untuk percobaan sesuai dengan metodologi penelitian.
2. Masukkan ikan segar ke dalam kotak pendingin modifikasi dan kotak pendingin *styrofoam*.



Gambar 4. 15 Ikan segar di dalam kotak pendingin

3. Kemudian *digital thermometer* dipasang di tempat yang sudah ditentukan dan pastikan bahwa ketiga *digital thermometer* menyala dan memiliki nilai yang sama.
4. Masukkan es serut ke dalam kotak pendingin dengan jumlah yang sudah ditentukan.
5. Setelah semua alat dan beban sudah siap, pastikan kotak pendingin tertutup rapat dengan menambahkan selotip di bagian samping tutup dari kotak pendingin.
6. Catat temperatur awal dari masing-masing *digital thermometer* yang telah dipasang dengan notasi T_1 , T_2 , dan T_3 .

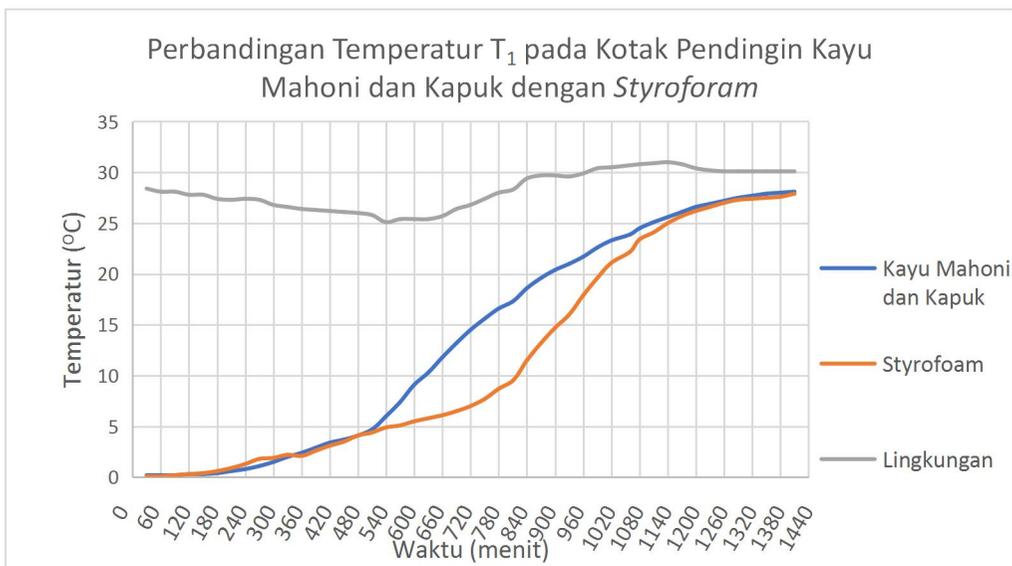


Gambar 4. 16 Kotak pendingin pada saat percobaan

- Pencatatan suhu temperatur selanjutnya dilakukan tiap 30 menit hingga 24 jam setelah awal percobaan.

4.4 Analisa Hasil Percobaan

Setelah melakukan percobaan selama 24 jam secara bersamaan baik itu kotak pendingin dengan bahan insulasi campuran kayu mahoni dan serat kapuk ataupun kotak pendingin dengan bahan *styrofoam*, maka hasil dari percobaan kedua kotak pendingin baik insulasi campuran kayu mahoni dan serat kapuk atau *styrofoam* sudah didapatkan dalam bentuk catatan temperatur dari tiap 30 menit. Catatan temperatur tadi dibagi menjadi 3 titik dan satu titik diluar yaitu suhu lingkungan. Sedangkan untuk 3 titik yang ada di dalam kotak pendingin adalah T_1 , T_2 , dan T_3 . T_1 diletakkan di dasar kotak pendingin, T_2 dimasukkan di dalam ikan, dan T_3 ditempelkan di dinding samping bagian dalam dari kotak pendingin dengan jarak 10 Cm dari permukaan. Berikut data yang disajikan dalam bentuk grafik :



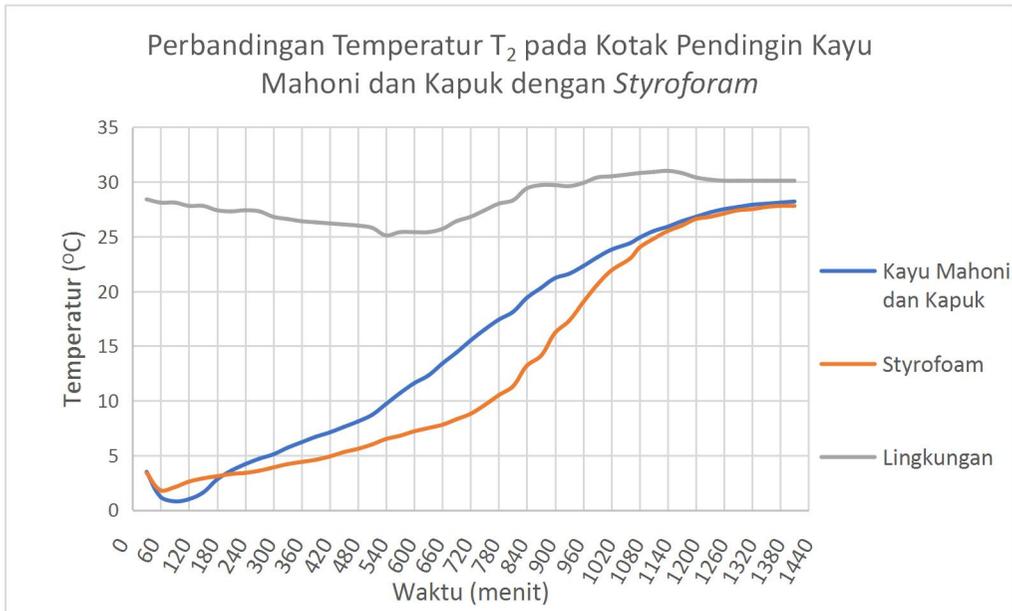
Gambar 4. 17 Grafik perbandingan temperatur T_1 pada kotak pendingin kayu mahoni dan serat kapuk dengan kotak pendingin *styrofoam*

Grafik 4.17 diatas memperlihatkan data temperatur dari titik T_1 yang di letakkan pada dasar kotak pendingin baik di kotak pendingin dengan insulasi campuran kayu mahoni dan serat kapuk ataupun kotak pendingin *styrofoam* dengan waktu pendinginan total 1440 menit (24 jam). Berdasarkan grafik 4.17 diatas, maka dapat di analisa sebagai berikut:

- Kotak pendingin dengan insulasi campuran kayu mahoni dan serat kapuk dapat mempertahankan performa yang sama dengan kotak pendingin *styrofoam* hingga menit ke-480 atau 4 jam dengan temperatur 4.8 °C. Dibandingkan dengan temperatur kotak pendingin *styrofoam* pada menit ke-480 atau 4 jam yang tercatat

pada *digital thermometer* adalah 4.4 °C. Selama 480 menit dari awal percobaan perbedaan temperatur dari kedua kotak pendingin pada titik T₁ tidak pernah lebih dari 1°C, bahkan kotak pendingin dengan bahan insulasi campuran kayu mahoni dan serat kapuk memiliki performa lebih baik pada menit ke-120 (2 jam) dengan temperatur 0.3 °C hingga menit ke-300 (5jam) dengan temperatur 2°C. Jika dibandingkan dengan temperatur pada kotak pendingin *styrofoam* ketika menit ke-120 (2 jam) adalah 0.4 °C dan pada menit ke-300 (5 jam) adalah 2.2 °C. Pada rentang waktu tersebut nilai temperatur di titik T₁ dari kotak pendingin dengan insulasi campuran kayu mahoni dan serat kapuk selalu memiliki temperatur dibawah kotak pendingin *styrofoam*.

2. Setelah menit ke-510 (8 jam 30 menit) sampai menit ke-1050 (17 jam 30 menit) selisih temperatur dari kedua kotak pendingin mencapai lebih dari 1°C. Terlihat pada menit ke-510 (8 jam 30 menit) temperatur dari kotak pendingin berbahan kayu mahoni dan serat kapuk adalah 6 °C dan pada menit ke-1050 (17 jam 30 menit) adalah 24.5 °C, sedangkan pada kotak pendingin *styrofoam* nilai temperturnya pada menit ke-510 (8 jam 30 menit) adalah 4.9 °C dan pada menit ke-1050 (17 jam 30 menit) adalah 23.4 °C .
3. Pada rentang waktu antara menit ke-1080 (18 jam) hingga akhir percobaan, temperatur dari kedua kotak pendingin kembali ke keadaan yang hampir mirip atau dengan kata lain performa dari kedua kotak pendingin hampir sama pada rentang waktu tersebut. Perbedaan temperatur kedua kotak pendingin pada rentang waktu tersebut tidak pernah lebih dari 1 °C. Terlihat dari grafik titik T₁ dari kotak pendingin dengan bahan kayu mahoni dan serat kapuk temperatur pada menit ke-1080 dan akhir percobaan secara berturut-turut adalah 25.1 °C dan 28.2 °C, sedangkan pada kotak pendingin *styrofoam* temperatur di menit ke-1080 dan akhir percobaan adalah 24.1 °C dan 28 °C.
4. Kotak pendingin dengan bahan insulasi campuran kayu mahoni dan serat kapuk dapat mempertahankan temperatur selalu dibawah 10 °C hingga menit ke-570 (9 jam 30 menit). Sedangkan kotak pendingin *styrofoam* dapat mempertahankan temperatur selalu dibawah 10 °C hingga menit ke-780 (13 jam). Terlihat bahwa selisih waktu untuk mempertahankan temperatur tidak lebih dari 10 °C dari kedua kotak pendingin adalah 210 menit atau 3 jam 30 menit.
5. Nilai temperatur terendah dari kotak pendingin berbahan kayu mahoni dan serat kapuk pada titik T₁ adalah 0.2 °C yang tercapai pada awal percobaan hingga menit ke-60 (1 jam). Sedangkan nilai temperatur paling tinggi adalah 28.2 °C yang tercapai di menit ke-1410 (23 jam 30 menit) hingga akhir percobaan.
6. Nilai temperatur terendah dari kotak pendingin *styrofoam* pada titik T₁ adalah 0.1 °C yang tercapai di awal hingga menit ke-30. Sedangkan nilai temperatur tertinggi adalah 28 °C yang tercatat di menit ke-1410 (23 jam 30 menit) hingga akhir percobaan.

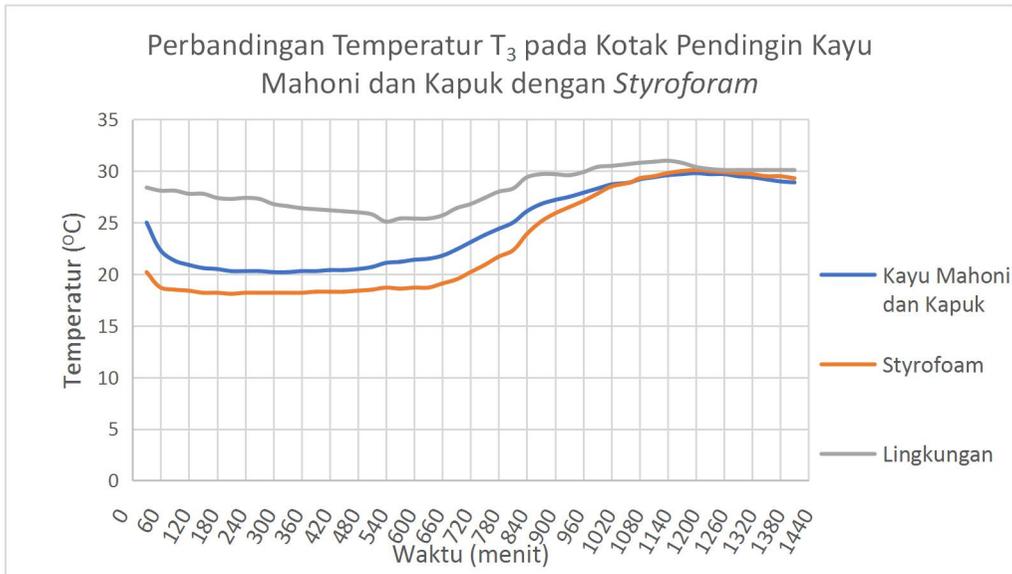


Gambar 4. 18 Grafik perbandingan temperatur T_2 pada kotak pendingin kayu mahoni dan serat kapuk dengan kotak pendingin *styrofoam*

Dari grafik 4.18 diatas dapat dilihat data temperatur dari titik T_2 yang di letakkan dalam ikan segar yang ada di kotak pendingin dengan insulasi campuran kayu mahoni dan serat kapuk ataupun kotak pendingin *styrofoam* dengan waktu pendinginan total 1440 menit (24 jam). Pendinginan akan memperpanjang masa simpan ikan. Pada suhu $15^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}$ ikan dapat disimpan hingga sekitar dua hari (Diyantoro, 2007) dalam (Sitakar, et al., 2016). Berdasarkan grafik 4.18 diatas, maka dapat di analisa sebagai berikut:

1. Kotak pendingin dengan bahan insulasi campuran kayu mahoni dan serat kapuk dapat mempertahankan temperatur di titik T_2 tidak lebih dari 15°C hingga menit ke-660 (11 jam). Sedangkan untuk kotak pendingin *styrofoam* mampu mempertahankannya hingga menit ke-840 (14 jam). Terlihat bahwa selisih kemampuan dari kedua kotak pendingin untuk mempertahankan temperatur ikan tidak lebih dari 15°C adalah 180 menit atau 3 jam. Atau dengan kata lain performa kotak pendingin dengan bahan insulasi campuran kayu mahoni dan serat kapuk mencapai 78 % dari performa kotak pendingin *styrofoam* pada titik T_2 .
2. Kotak pendingin dengan insulasi campuran kayu mahoni dan serat kapuk dapat mempertahankan performa yang sama dengan kotak pendingin *styrofoam* hingga menit ke-210 atau 3 jam 30 menit di titik T_2 dengan temperatur 4.2°C . Dibandingkan dengan temperatur kotak pendingin *styrofoam* pada menit ke-210 atau 3 jam 30 menit yang tercatat pada *digital thermometer* adalah 3.6°C . Perbedaan temperatur kedua kotak pendingin pada rentang waktu tersebut tidak

- pernah lebih dari 1°C . Bahkan pada rentang waktu menit ke-30 hingga menit ke-150, temperatur dari kotak pendingin berbahan kayu mahoni dan serat kapuk lebih rendah dibanding kotak pendingin *styrofoam*. Hal ini terlihat di grafik pada menit ke-30 kotak pendingin berbahan kayu mahoni dan serat kapuk tercatat memiliki temperatur sebesar 1.2°C dan pada menit ke-150 (2 jam 30 menit) sebesar 2.8°C . Sedangkan kotak pendingin *styrofoam* pada menit ke-30 memiliki temperatur sebesar 1.8°C dan pada menit ke-150 (2 jam 30 menit) sebesar 3.1°C .
3. Setelah menit ke-240 (4 jam) sampai menit ke-1020 (17 jam) selisih temperatur dari kedua kotak pendingin mencapai lebih dari 1°C . Terlihat pada menit ke-240 (4 jam) temperatur dari kotak pendingin berbahan kayu mahoni dan serat kapuk adalah 4.7°C dan pada menit ke-1020 (17 jam) adalah 24.4°C , sedangkan pada kotak pendingin *styrofoam* nilai temperaturnya pada menit ke-240 (4 jam) adalah 3.6°C dan pada menit ke-1020 (17 jam) adalah 23°C .
 4. Pada rentang waktu antara menit ke-1050 (17 jam 30 menit) hingga akhir percobaan, temperatur dari kedua kotak pendingin kembali ke keadaan yang hampir mirip atau dengan kata lain performa dari kedua kotak pendingin hampir sama pada rentang waktu tersebut. Perbedaan temperatur kedua kotak pendingin pada rentang waktu tersebut tidak pernah lebih dari 1°C . Terlihat dari grafik titik T_2 dari kotak pendingin dengan bahan kayu mahoni dan serat kapuk temperatur pada menit ke-1050 (17 jam 30 menit) dan akhir percobaan secara berturut-turut adalah 24.9°C dan 28.3°C , sedangkan pada kotak pendingin *styrofoam* temperatur di menit ke-1080 dan akhir percobaan adalah 24°C dan 28.1°C .
 5. Nilai temperatur terendah dari kotak pendingin berbahan kayu mahoni dan serat kapuk pada titik T_2 adalah 0.8°C yang tercapai pada menit ke-60 (1 jam). Sedangkan nilai temperatur paling tinggi adalah 28.3°C yang tercapai di akhir percobaan.
 6. Nilai temperatur terendah dari kotak pendingin *styrofoam* pada titik T_2 adalah 1.8°C yang tercapai di menit ke-30. Sedangkan nilai temperatur tertinggi adalah 28.1°C yang tercatat di akhir percobaan.



Gambar 4.19 Grafik perbandingan temperatur T_3 pada kotak pendingin kayu mahoni dan serat kapuk dengan kotak pendingin *styrofoam*

Data yang terlihat pada grafik 4.19 diatas merupakan temperatur dari titik T_3 yang di letakkan dalam kotak pendingin bagian samping berjarak 10 cm dari permukaan kotak pendingin dengan insulasi campuran kayu mahoni dan serat kapuk ataupun kotak pendingin *styrofoam* dengan waktu pendinginan total 1440 menit (24 jam). Pada titik T_3 akan dilakukan perbandingan langsung dengan suhu lingkungan, karena titik T_3 di gambarkan sebagai suhu ruangan di kotak pendingin. Berdasarkan grafik 4.19 diatas, maka dapat di analisa sebagai berikut:

1. Temperatur rata-rata pada titik T_3 dari kotak pendingin dengan bahan insulasi campuran kayu mahoni dan serat kapuk adalah 24.65°C . Sedangkan untuk kotak pendingin *styrofoam* memiliki temperatur rata-rata 23.13°C . Jika dibandingkan, kedua kotak pendingin tersebut memiliki temperatur rata-rata yang selisihnya tidak jauh. Hal tersebut menunjukkan bahwa performa kedua kotak pendingin tidak jauh berbeda. Namun, temperatur rata-rata dari kedua kotak pendingin tersebut jika dibandingkan dengan rata-rata temperatur lingkungan yang bernilai 28.3°C memiliki selisih yang termasuk kecil. Hal ini bisa saja terjadi karena es serut yang di berikan pada kedua kotak pendingin hanya 1.2 kg, padahal waktu percobaan total adalah 24 jam. Temperatur rata-rata dari kedua kotak pendingin dapat menjadi lebih rendah jika saja es serut ditambahkan. Kemungkinan besar temperatur dari kedua kotak pendingin menjadi tinggi saat es serut sudah mencair dan pengaruh suhu lingkungan yang relatif tinggi.
2. Temperatur terendah dari kotak pendingin berbahan kayu mahoni dan serat kapuk tercapai pada menit ke-270 (4 jam 30 menit) hingga menit ke-300 (5 jam) sebesar 20.2°C . Sedangkan temperatur tertingginya adalah 29.8°C yang tercatat pada

menit ke-1170 (19 jam 30 menit). Untuk temperatur lingkungan sendiri memiliki nilai terendah 25.1°C pada menit ke-510 (8 jam 30 menit) dan tertinggi 30.9°C pada menit ke-1080 (18 jam). Jika dibandingkan, nilai temperatur terendah dari kotak pendingin berbahan kayu mahoni dan serat kapuk dengan lingkungan selisihnya tidak terlalu besar yaitu 5.1°C , sedangkan untuk selisih terbesar terjadi pada menit ke-120 (2 jam) yaitu 7.2°C . Kemudian untuk nilai temperatur tertinggi dari kotak pendingin berbahan kayu mahoni dan serat kapuk dan lingkungan memiliki selisih yang kecil yaitu 1.1°C dan selisih paling kecil sendiri adalah 0.4°C pada menit ke-1230 (20 jam 30 menit).

3. Temperatur terendah dari kotak pendingin *styrofoam* tercapai pada menit ke-180 (3 jam) sebesar 18.1°C . Sedangkan temperatur tertingginya adalah 30.1°C yang tercatat pada menit ke-1170 (19 jam 30 menit). Jika dibandingkan, nilai temperatur terendah dari kotak pendingin *styrofoam* dengan lingkungan selisihnya lumayan besar yaitu 7°C , sedangkan untuk selisih terbesar terjadi pada menit ke-60 (1 jam) yaitu 9.6°C . Kemudian untuk nilai temperatur tertinggi dari kotak pendingin berbahan *styrofoam* dan lingkungan memiliki selisih yang kecil yaitu 0.8°C dan selisih paling kecil sendiri adalah 0.2°C pada menit ke-1200 (20 jam) hingga menit ke-1230 (20 jam 30 menit).
4. Kotak pendingin dengan bahan insulasi campuran kayu mahoni dan serat kapuk dapat mempertahankan temperatur di titik T_3 tidak lebih dari 25°C hingga menit ke-780 (13 jam). Sedangkan untuk kotak pendingin *styrofoam* mampu mempertahankannya hingga menit ke-810 (13 jam 30 menit). Terlihat bahwa kemampuan dari kedua kotak pendingin untuk mempertahankan temperatur ikan agar tidak lebih dari 25°C memiliki selisih 30 menit.
5. Kestabilan temperatur pada kotak pendingin berbahan kayu mahoni dan serat kapuk terjadi pada menit ke-60 (1 jam) hingga menit ke-600 (10 jam) atau selama 9 jam dengan nilai temperatur sebesar 21.5°C sampai 20.2°C . Sedangkan pada kotak pendingin *styrofoam*, kestabilan temperatur terjadi pada menit ke-30 hingga menit ke-660 (11 jam) atau selama 10 jam 30 menit dengan nilai temperatur sebesar 19.5°C sampai 18.1°C .
6. Pada saat awal percobaan sampai menit ke-870 (14 jam 30 menit) selisih temperatur dari kedua kotak pendingin mencapai lebih dari 1°C . Terlihat pada menit ke-240 (4 jam) temperatur dari kotak pendingin berbahan kayu mahoni dan serat kapuk adalah 20.3°C dan pada menit ke-870 (14 jam 30 menit) adalah 27.2°C , sedangkan pada kotak pendingin *styrofoam* nilai temperaturnya pada menit ke-240 (4 jam) adalah 18.2°C dan pada menit ke-870 (14 jam 30 menit) adalah 25.9°C .
7. Setelah menit ke-900 (15 jam) kotak pendingin dengan insulasi campuran kayu mahoni dan serat kapuk dapat mempertahankan performa yang sama dengan kotak pendingin *styrofoam* dengan temperatur 27.5°C hingga akhir percobaan (24 jam) di titik T_3 dengan temperatur 28.9°C . Dibandingkan dengan temperatur kotak pendingin *styrofoam* pada menit ke-900 atau 1 jam 15 menit yang tercatat pada *digital thermometer* adalah 26.5°C hingga akhir percobaan (24 jam) yang

memiliki nilai temperatur sebesar 29.1 °C. Perbedaan temperatur kedua kotak pendingin pada rentang waktu tersebut tidak pernah lebih dari 1°C. Bahkan pada rentang waktu menit ke-1050 (17 jam 30 menit) hingga akhir percobaan, temperatur dari kotak pendingin berbahan kayu mahoni dan serat kapuk lebih rendah dibanding kotak pendingin *styrofoam*. Hal ini terlihat di grafik pada menit ke-1050 (17 jam 30 menit) kotak pendingin berbahan kayu mahoni dan serat kapuk tercatat memiliki temperatur sebesar 29.2 °C dan pada akhir percobaan sebesar 28.9 °C. Sedangkan kotak pendingin *styrofoam* pada menit ke-960 (11 jam) memiliki temperatur sebesar 29.3 °C dan pada akhir percobaan sebesar 29.1 °C.

Dari grafik 4.17; 4.18; dan 4.19 untuk titik T₁, T₂, dan T₃ menunjukkan bahwa kotak pendingin dengan bahan insulasi campuran kayu mahoni dan serat kapuk mungkin belum mampu menjadi isolator yang lebih baik dari kotak pendingin *styrofoam*. Namun, performa dari kedua kotak pendingin dapat disimpulkan tidak begitu jauh melihat bahwa rata-rata temperatur dari kedua bahan kotak pendingin tersebut tidak terlalu jauh selisihnya. Bahkan dalam beberapa menit performa dari kotak pendingin dengan bahan insulasi campuran kayu mahoni dan serat kapuk lebih baik dibanding kotak pendingin *styrofoam*.

Seperti yang diketahui sebelumnya bahwa semakin kecil nilai konduktivitas termal suatu bahan maka semakin lama proses perpindahan panas akan berlangsung. Berdasarkan hasil pengujian konduktivitas termal didapatkan nilai konduktivitas termal dari insulasi campuran kayu mahoni dan serat kapuk adalah 0,5802 W/m.K. Dimana nilai tersebut lebih besar jika dibandingkan dengan nilai konduktivitas termal *styrofoam* yang bernilai 0,389 W/m.K pada temperatur yang sama yaitu kurang lebih 100 °C. Namun, dengan selisih nilai konduktivitas termal modifikasi bahan insulasi campuran dengan bahan *styrofoam* yang lumayan besar, performa dari keduanya setelah dijadikan kotak pendingin ternyata tidak begitu jauh selisihnya. Dengan kata lain, nilai konduktivitas termal ketika sudah menjadi kotak pendingin mengalami perubahan dari nilai konduktivitas termal ketika masih menjadi bahan.

Thermal conductivity of polystyrene

Table 1

T	k	
^o K	millical cm sec. ^o C	
240	0.333	14
260	.347	13
280	.360	12
300	.372	8
320	.380	6
340	.386	3
360	.389	1
380	.390	0
400	.390	3
420	.393	6
440	.399	11
460	.410	13
480	.423	14
500	.437	16
520	.453	17
540	.470	

Table 2

T	k	
^o R	BTU in. ^o R ft ² hr	
450	0.99	5
500	1.04	5
550	1.09	3
600	1.12	1
650	1.13	0
700	1.13	1
750	1.14	2
800	1.16	5
850	1.21	6
900	1.27	6
950	1.33	

Gambar 4. 20 Tabel konduktivitas termal *polystyrene*

Penelitian kali ini berusaha menjawab dua pertanyaan utama yaitu yang pertama adalah performma dari kotak pendingin yang memiliki bahan insulasi campuran kayu mahoni dan serat kapuk dilihat dari tingkat kesegaran ikan dan kemampuan dari kotak pendingin tersebut dalam menjaga temperatur. Sebenarnya dua hal ini saling terkait, karena untuk menjaga kesegaran ikan, diperlukan kemampuan yang baik dalam menjaga temperatur dari kotak pendingin yang dapat dilihat dari T_2 dan T_3 . Parameter kesegaran ikan dalam penelitian kali ini adalah nilai temperatur di titik T_2 atau di termometer yang dipasang dalam ikan segar. Karena ikan yang dijaga temperaturnya tidak lebih dari 15°C dapat bertahan selama 2-3 hari (Diyantoro, 2007) dalam (Sitakar, et al., 2016). Kotak pendingin dengan bahan insulasi campuran kayu mahoni dan serat kapuk sendiri dapat mempertahankan temperatur tidak lebih 15°C di titik T_2 dari awal percobaan hingga menit ke-660 (11 jam). Sedangkan untuk kotak pendingin *styrofoam* mampu mempertahankannya hingga menit ke-840 (14 jam). Terlihat bahwa selisih kemampuan dari kedua kotak pendingin untuk mempertahankan temperatur ikan tidak lebih dari 15°C adalah 180 menit atau 3 jam. Atau dengan kata lain performma kotak pendingin dengan bahan insulasi campuran

kayu mahoni dan serat kapuk dapat mencapai 78 % dari performa kotak pendingin *styrofoam* pada titik T_2 .

Beberapa hal lain yang menjadi penyebab tingginya nilai konduktivitas termal yang akhirnya berdampak pada kurang baiknya hasil dari percobaan kotak pendingin adalah insulasi campuran dari kayu mahoni dan serat kapuk yang tidak bisa menyatu sempurna. Padahal, nilai konduktivitas termal dari masing-masing bahan tergolong baik. Untuk nilai konduktivitas termal kayu mahoni sendiri adalah 0,133 W/m.K, sedangkan nilai konduktivitas termal dari serat kapuk adalah 0,035 W/m.K. Nilai tersebut sangat jauh dengan nilai konduktivitas termal sampel insulasi campuran dari kedua bahan tersebut yaitu 0,5802 W/m.K. Penyebab dari timpangnya nilai konduktivitas dari masing-masing bahan dan nilai konduktivitas termal ketika keduanya dicampurkan ada kemungkinan dipengaruhi oleh tidak dilakukannya pengujian kadar air. Sehingga dapat ditarik hipotesa bahwa terdapat sejumlah kandungan air yang terperangkap di spesimen dan kotak pendingin sehingga membuat nilai konduktivitas termal semakin tinggi dan menyebabkan hasil dari percobaan kurang baik.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut ada beberapa solusi yang bisa digunakan. Salah satunya adalah menghancurkan terlebih dahulu kayu mahoni dan serat kapuk, kemudian baru dilakukan penggabungan kedua bahan dengan cara direkatkan menggunakan lem pvac atau lem polyurethane atau bahan lainnya. Sehingga spesimen yang tercipta memiliki sifat homogen, lebih padat, dan tercampur dengan baik. Cara ini mungkin dapat berhasil namun memiliki risiko yang cukup tinggi mengingat serat kapuk adalah suatu serat yang sangat lembut sehingga untuk dipadatkan menjadi satu dengan serbuk kayu mahoni belum diketahui tingkat kesulitannya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil percobaan yang telah dilakukan oleh penulis terkait analisa performa kotak pendingin pada kapal nelayan tradisional menggunakan insulasi campuran kayu mahoni (*swietenia macrophylla*) dan serat kapuk, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Dari hasil pengujian dan perhitungan yang telah dilakukan didapatkan bahwa presentase komposisi dari bahan insulasi campuran kayu mahoni dan serat kapuk yang terbaik adalah 60% : 40%. Karena memiliki nilai konduktivitas paling rendah di banding presentase komposisi lainnya, yaitu 0,5802 W/m.K. Nilai massa jenis dari presentase komposisi tersebut juga tergolong baik yaitu 0,5556 gr/cm³.
2. Dari hasil percobaan dapat disimpulkan bahwa performa dari kotak pendingin dengan bahan insulasi campuran kayu mahoni dan serat kapuk terbilang cukup baik. Hal ini dapat ditunjukkan dengan selisih kemampuan dari kedua kotak pendingin untuk mempertahankan temperatur ikan agar tidak lebih dari 15 °C adalah 180 menit atau 3 jam. Atau dengan kata lain performa kotak pendingin dengan bahan insulasi campuran kayu mahoni dan serat kapuk dapat mencapai 78 % dari performa kotak pendingin styrofoam pada titik T₂.

5.2 Saran

Berdasarkan dari analisis dan seluruh proses yang telah dilakukan penulis dalam melakukan terkait analisa performa kotak pendingin pada kapal nelayan tradisional menggunakan insulasi campuran kayu mahoni (*swietenia macrophylla*) dan serat kapuk, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan demi kesempurnaan penelitian selanjutnya sebagai berikut:

1. Dalam melakukan pengujian konduktivitas termal sampel insulasi ada baiknya untuk mencari laboratorium lain dikarenakan alat yang ada di Laboratorium Perpindahan Panas dan Massa, Departemen Teknik Mesin FTI-ITS sudah tua usianya dan kurang akurat.
2. Dalam melakukan percobaan kotak pendingin, beban es serut ada baiknya ditambahkan lagi karena dalam penerapan di dunia nyata perbandingan beban ikan dan es serut lebih dari 1:3 menurut sumber nelayan di Kabupaten Tuban, sehingga dapat menutupi kesuluruhan tubuh dari ikan.
3. Penelitian dengan insulasi kayu mahoni dan serat kapuk dapat dikembangkan lebih lanjut dengan metode pencampuran dan perekat lain agar mendapatkan hasil yang lebih baik.
4. Penelitian selanjutnya yang menggunakan bahan dengan insulasi campuran kayu mahoni dan serat kapuk lebih baik di tambahkan jumlah variasi

komposisi presentase nya untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat dan lebih mudah untuk di analisa.

5. Penelitian selanjutnya yang menggunakan bahan dengan insulasi campuran kayu mahoni dan serat kapuk, ada baiknya dilakukan pengujian konduktivitas termal lagi dari setiap bahan agar mendapatkan nilai konduktivitas termal yang akurat dan memudahkan analisa.
6. Untuk penelitian selanjutnya, ada baiknya untuk dilakukan pengujian kekuatan atau *bending strength test* dan kadar air dari tiap bahan agar di dapatkan data yang lebih akurat dan memudahkan analisa.
7. Untuk penelitian selanjutnya, analisis ekonomis perlu dilakukan agar didapatkan nilai barang (kotak pendingin) secara lengkap untuk perbandingan satu sama lain.

DAFTAR PUSTAKA

- FAO, 2018. *FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations)*. [Online]
Available at: <https://www.fao.org>
[Accessed 23 Januari 2018].
- Holman, J. P., 1991. *Perpindahan Kalor*. Keenam ed. s.l.:Erlangga.
- IMO, 2002. *www.imo.org*. [Online]
Available at: <http://www.safedor.org/resources/1023-MEPC392.pdf>
[Accessed 11 November 2017].
- Jaker, D., 2001. *Indonesia Forest Seed Project*. Bandung: s.n.
- Lemmens, M. R., Soerianegara, I. & Wong, W., 1995. Plant Resources of South East Asia 5. *Timber Trees : Minor Commercial Timber*, Volume 2, p. 5.
- Nurhayat, W., 2015. *detikFinance*. [Online]
Available at: <http://www.finance.detik.com>
[Accessed 24 Januari 2018].
- Nurysamsi & Suhartati, 2013. Info Teknisi EBONI. *Pertumbuhan Tanaman Mahoni (Swietenia Macrophylla King) dan Suren di Wilayah DAS Kab. Gowa*, 10(1), pp. 48-57.
- P3HH, 2008. *Petunjuk Praktis Sidat-Sifat Dasar Jenis Kayu Indonesia*, Jakarta: Indonesia Sawmill and Woodworking Association (ISWA).
- Pangestika, S., 2010. *Kajian Konduktivitas Panas Berbagai Jenis Kayu Sebagai Bahan Isolator*, s.l.: s.n.
- Prasojo, A., Sulistyono, J. & Listyanto, T., 2012. *Konduktivitas Panas Empat Jenis Kayu Dalam Kondisi Kadar Air Yang Berbeda*. Yogyakarta, Fakultas Kehutanan UGM, pp. 97-101.
- Putra, I. D., 2013. *Modifikasi Coolbox Dengan Insulasi Pendinginan Freon Pada Ruang Muat Kapal Ikan Tradisional*, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sitakar, N. M. et al., 2016. Pengaruh Suhu Pemeliharaan dan Masa Simpan Daging Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) pada Penyimpanan Suhu -20 °C Terhadap Jumlah Total Bakteri. *Jurnal Medika Veterinaria*, pp. 162-165.

Sukarmansyah, F. & Hariady, 2014. Kaji Eksperimental Kemampuan Daya Hantar Kalor Campuran Styrofoam, Serat Kapuk, dan Semen Putih Sebagai Alternatif Bahan Isolator. *Jurnal Desiminasi Teknologi*, 2(2).

Vick, C. B., 1999. Adhesive Bonding of Wood Materials. In: *Wood Handbook : wood as an engineering material*. Madison, WI: Forest Products Laboratory, USDA Forest Service, pp. 9.1-9.24.

Wiguna, R. P., 2017. *Pembuatan dan Pengujian Kolektor Surya Plat Datar Dua Kaca Menggunakan Isolasi Kapuk*, Bandung: Politeknik Negeri Bandung.

Zebua, E., 2010. *Konduktivitas Termal*, s.l.: s.n.

LAMPIRAN

a. Surat Uji Konduktivitas Termal



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

Surabaya, 03 Juli 2018

Saya yang bertanda tangan di bawah ini Koordinator Laboratorium Rekayasa Thermal menyatakan bahwa:

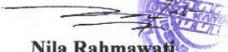
Nama : Iqbal Nashrullah
Fakultas : Teknologi Kelautan
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan

Telah melakukan pengambilan data Uji Konduktivitas Thermal pada tanggal 1-2 Juli 2018 di Laboratorium Rekayasa Thermal Departemen Teknik Mesin FTI-ITS

Demikian surat keterangan ini dibuat agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya

Hormat Kami,

Koordinator
Lab. Rekayasa Thermal


Nila Rahmawati
0211144000053

Asisten Jaga


Muhammad Rifai Arif
02111440000124

Gambar Surat Uji Konduktivitas Termal

HASIL PENGAMBILAN DATA KONDUKSI

NAMA = IQBAL NASHRULLAH
 JURUSAN = TEKNIK SISTEM PERKAPALAN FTK-ITS
 TANGGAL = 1-2 Juli 2018
 PENGUJI = MUHAMMAD RIFAI ARIF

VARIASI SPESIMEN (KAPUK : KAYU)	SET POINT TERMOCONTROL (°C)	TEGANGAN (V)	ARUS (I)	TEMPERATUR TIAP TITIK (°C)				KONDUKTIVITAS TERMAL (W/Mk)
				T1	T2	T3	T4	
20 : 80	100	220	1,4	80,52	80,02	75,44	40,6	0,9510
40 : 60	100	220	1,4	99,02	98,28	96,86	44,26	0,9355
50 : 50	100	220	1,4	95,06	94,44	92,08	41,34	0,8123
60 : 40	100	220	1,4	86,66	86,26	84,14	38,4	0,5802
80 : 20	100	220	1,4	80,96	80,5	75,98	36,56	0,7742

ASISTEN JAGA

 MUHAMMAD RIFAI ARIF

Gambar Hasil Pengambilan Data Konduksi

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Iqbal Nashrullah, merupakan putra nomor 2 dari 3 bersaudara. Ayah dari penulis bernama Arief Nurbiantoro dan Ibu dari penulis bernama Nunuk Iswahyuni. Lahir pada tanggal 13 Oktober 1995, di Kota Surabaya, Jawa Timur. Penulis telah menyelesaikan jenjang pendidikan formal dasar selama 5 tahun di SD Al-Falah Tropodo 2 dan 1 tahun di SD Negeri Ngagel Rejo 3 Kota Surabaya, jenjang menengah pertama di SMP Negeri 12 Kota Surabaya, jenjang menengah atas di SMA Negeri 2 Kota Surabaya, dan melanjutkan pendidikan tinggi di Departemen Teknik Sistem Perkapalan Program Reguler, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya di bidang *Fluid Machinery and Systems* (MMS). Penulis pernah menjalankan *on the job training* di dua perusahaan yaitu PT. Dumas Tanjung Perak Shipyards Surabaya dan PT. Trans-Pacific Petrochemical Indotama Tuban. Selain aktivitas akademik, penulis berpengalaman dan aktif tergabung dalam beberapa aktivitas organisasi dan unit kegiatan mahasiswa. Penulis pernah bergabung dalam Unit Kegiatan Mahasiswa ITS Marine Solar Boat Team pada tahun 2014-2016 dan aktif dalam Marine Icon 2015, 2016, dan 2017. Selain itu, penulis aktif dalam mengikuti kegiatan pengembangan di luar kampus sebagai asisten pelatih tim bola basket SMA Negeri 2 Surabaya pada tahun 2015-2016. Penulis dapat dihubungi melalui nashrullahiqbal@gmail.com.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”