



TUGAS AKHIR – ME184834

**PEMANFAATAN CAMPURAN LIMBAH SERBUK KAYU JATI
(*TECTONA GRANDIS L.F.*) DAN SERAT AMPAS TEBU
(*SACCHARUM OFFICINARUM*) DENGAN PERLAKUAN
VARIASI SUSUNAN SERAT DAN PERENDAMAN ALKALI
NaOH SEBAGAI BAHAN INSULASI KOTAK PENDINGIN**

**Achmad Taufik Rendi Kisserah
NRP 0421154000002**

**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**



TUGAS AKHIR - ME184834

**PEMANFAATAN CAMPURAN LIMBAH SERBUK KAYU JATI
(*TECTONA GRANDIS L.F.*) DAN SERAT AMPAS TEBU
(*SACCHARUM OFFICINARUM*) DENGAN PERLAKUAN VARIASI
SUSUNAN SERAT DAN PERENDAMAN ALKALI NaOH SEBAGAI
BAHAN INSULASI KOTAK PENDINGIN**

Achmad Taufik Rendi Kisserah
NRP 0421154000002

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
2019



BACHELOR THESIS - ME184834

**UTILIZATION OF THE MIXTURE OF TEAK WOOD SAWDUST
(TECTONA GRANDIS L.F.) AND BAGASSE FIBER (SACCHARUM
OFFICINARUM) USING TREATMENT OF FIBER VARIATIONS AND
ALKALI NaOH IMMERSION AS A REFRIGERATOR INSULATION
MATERIAL**

Achmad Taufik Rendi Kisserah
NRP 04211540000002

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

MARINE ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019

LEMBAR PENGESAHAN

PEMANFAATAN CAMPURAN LIMBAH SERBUK KAYU JATI (*TECTONA GRANDIS L.F.*) DAN SERAT AMPAS TEBU (*SACCHARUM OFFICINARUM*) DENGAN PERLAKUAN VARIASI SUSUNAN SERAT DAN PERENDAMAN ALKALI NaOH SEBAGAI BAHAN INSULASI KOTAK PENDINGIN

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Marine, Machinery and System
Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ACHMAD TAUFIK RENDI KISSERAH
NRP. 0421154000002

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir

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



(.....)

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



(.....)

SURABAYA

JANUARI, 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

PEMANFAATAN CAMPURAN LIMBAH SERBUK KAYU JATI (*TECTONA GRANDIS L.F.*) DAN SERAT AMPAS TEBU (*SACCHARUM OFFICINARUM*) DENGAN PERLAKUAN VARIASI SUSUNAN SERAT DAN PERENDAMAN ALKALI NaOH SEBAGAI BAHAN INSULASI KOTAK PENDINGIN

TUGAS AKHIR

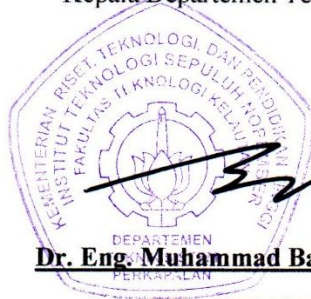
Dijukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Bidang Studi Marine, Machinery and System
Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ACHMAD TAUFIK RENDI KISSERAH
NRP. 0421154000002

Disetujui Oleh

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Dr. Eng. Muhammad Badrus Zaman, S.T., M.T.

NIP. 1977 0802 2008 01 1007

SURABAYA

JANUARI, 2019

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

PEMANFAATAN CAMPURAN LIMBAH SERBUK KAYU JATI (*TECTONA GRANDIS L.F.*) DAN SERAT AMPAS TEBU (*SACCHARUM OFFICINARUM*) DENGAN PERLAKUAN VARIASI SUSUNAN SERAT DAN PERENDAMAN ALKALI NaOH SEBAGAI BAHAN INSULASI KOTAK PENDINGIN

Nama : Achmad Taufik Rendi Kisserah
NRP : 0421154000002
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing 1 : Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.
Dosen Pembimbing 2 : Ede Mehta Wardhana, S.T., M.T.

Abstrak

Salah satu jenis alat penyimpanan untuk menjaga mutu ikan yang biasanya digunakan pada kapal nelayan tradisional berupa kotak pendingin atau coolbox yang terbuat dari bahan styrofoam. Dalam penggunaannya styrofoam masih memiliki kekurangan, salah satunya yakni berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan. Sehingga perlu adanya upaya untuk mereduksi penggunaan styrofoam dengan cara mengurangi pemakaian styrofoam sebagai kotak pendingin dan mengganti bahan insulasinya menjadi bahan alam yang ramah lingkungan.

*Pada penelitian ini, modifikasi dilakukan terhadap material insulansinya dengan melakukan pemanfaatan campuran limbah serbuk kayu jati (*Tectona grandis L.f.*) dengan serat ampas tebu (*Saccharum officinarum*). Untuk memperbaiki sifat mekanis serat dan mengurangi nilai konduktivitas termal material diperlukan suatu perlakuan khusus berupa perlakuan perendaman serat ke dalam larutan alkali NaOH.*

Hasil pengujian dan analisa paling optimal didapat dengan mengkomposisikan 50% serbuk kayu jati dan 50% serat ampas tebu dengan melakukan perlakuan perendaman alkali NaOH pada kadar 15%. Nilai konduktivitas yang diperoleh yakni sebesar 0,2907 W/mK, densitas sebesar 0,4901 gram/cm³. Percobaan terhadap perubahan temperatur es, ikan, dan ruang dalam coolbox serta percobaan mengenai lama waktu pengawetan ikan pada coolbox dengan variasi susunan serat lurus memiliki performa lebih baik baik dibandingkan dengan variasi susunan serat acak yakni mampu mengawetkan ikan selama 34 jam dengan suhu minimum sebesar 0,2 °C.

Kata kunci : Alkali NaOH, coolbox, konduktivitas termal, insulasi, styrofoam

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

UTILIZATION OF THE MIXTURE OF TEAK WOOD SAWDUST (TECTONA GRANDIS L.F.) AND BAGASSE FIBER (SACCHARUM OFFICINARUM) USING TREATMENT OF FIBER VARIATIONS AND ALKALI NaOH IMMERSION AS A REFRIGERATOR INSULATION MATERIAL

Student Name : Achmad Taufik Rendi Kisserah
NRP : 0421154000002
Department : Teknik Sistem Perkapalan
Supervisor 1 : Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.
Supervisor 2 : Ede Mehta Wardhana, S.T., M.T.

Abstract

The most popular storage appliance to maintain the quality of fish that is usually used in traditional fishing boats is usually in the form of coolers or coolboxes made of Styrofoam material. In its use, Styrofoam still has shortcomings, which are harmful to consumer's health and the environment as a waste. So it is necessary to make an effort to reduce the use of Styrofoam by reducing the use of Styrofoam as a cooler and replacing the insulation material into environmentally friendly natural materials.

This research modifies the insulation of material by utilizing a mixture of teak wood sawdust (Tectona grandis L.f.) with bagasse fiber (Saccharum officinarum). To improve the mechanical properties of fibers and reduce the value of thermal conductivity of fiber a special treatment is needed by immersing fibers into an alkaline solution of NaOH.

The most optimal test and analysis results were obtained by composing 50% teak wood sawdust and 50% bagasse fiber by immersing into alkali NaOH solution a level of 15%. The obtained conductivity value is 0.2907 W/mK, the density is 0.4901 gram / cm³. Experiments on changes in temperature of ice, fish, and coolbox chamber as well as experiments on the length of fish preservation in the coolbox with variations in the composition of straight fibers have better performance compared to the variation of random fiber which is able to preserve fish for 34 hours with a minimum temperature of 0, 2 °C.

Keywords : Alkali NaOH, Coolbox, Thermal Conductivity, Insulation, Styrofoam

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas berkat rahmat karunia serta hidayah-Nya, tugas akhir dengan judul “Pemanfaatan Campuran Limbah Serbuk Kayu Jati (*Tectona grandis L.f.*) dan Serat Ampas Tebu (*Saccharum officinarum*) dengan Perlakuan Variasi Susunan Serat dan Perendaman Alkali NaOH sebagai Bahan Insulasi Kotak Pendingin” dapat diselesaikan tepat waktu dengan baik. Penyusunan tugas akhir ini bertujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Pada penyusunan Tugas Akhir ini, penulis banyak mendapat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tanpa bantuan, bimbingan, dan motivasi dari pihak lain sangat sulit rasanya tugas akhir ini akan selesai tepat pada waktunya. Untuk itu dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih sebesar – besarnya kepada:

1. Bapak Muhajir dan Ibu Sulis Setyowati selaku Ayah dan Ibu penulis yang selalu memberi dukungan, motivasi, saran, nasihat, dan do’a kepada penulis dalam menempuh masa perkuliahan.
2. Keluarga penulis yang senantiasa memberi dukungan, do’a dan bantuan dalam proses penyelesaian Tugas Akhir.
3. Bapak Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc. selaku dosen pembimbing pertama yang selalu memberi bimbingan, arahan, nasihat, motivasi, dan solusi mengenai permasalahan pengerjaan Tugas Akhir.
4. Bapak Ede Mehta Wardhana, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing kedua yang selalu memberi bimbingan, arahan, nasihat, motivasi, dan solusi mengenai permasalahan pengerjaan Tugas Akhir.
5. Bapak Dr. Eng. Muhammad Badrus Zaman, S.T., M.T. selaku kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
6. Bapak Ir. Agoes Santoso, M.Sc. selaku kepala Laboratorium Marine Machinery, and System yang telah mengizinkan penulis melakukan penelitian Tugas Akhir di laboratorium.
7. Bapak Dr. Eng. Dhimas Widhi Handani, S.T., M.Sc. selaku dosen wali penulis yang telah memberikan saran, kritik, nasihat, motivasi kepada penulis selama penulis menempuh masa perkuliahan.
8. Seluruh dosen serta karyawan Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang telah memberi banyak ilmu dan membantu penulis selama perkuliahan.
9. Hilmy Yassar selaku sahabat terbaik menuju sukses baik dalam keadaan suka maupun duka, sahabat menjadi pribadi yang lebih sholeh, sahabat menyelesaikan serangkaian tugas desain 1 hingga 4, sahabat Kerja Praktik I di PT. Lamongan Marine Industry, sahabat Kerja Praktik II di PT. Pertamina Refinery Unit IV (Marine Region IV) Cilacap, sahabat keliling Indonesia sekaligus partner lomba

karya tulis terbaik, sahabat menyelesaikan Tugas Akhir *Coolbox* dan sahabat menempuh jenjang kuliah lebih cepat, dan sahabat dalam hal baik lainnya.

10. Putu Widhi Aprilia, Albertus Ferdy Darmawan selaku sahabat tuplikers, sahabat ngambis mulai awal menjadi mahasiswa baru, sahabat bermain, sahabat lomba, sahabat dalam suka maupun duka yang selalu memberi semangat dan menghibur penulis.
11. Alfaatan Muhammad Dimyati, Nurkhairana Aryantini, M. Isom Mufikri, Andrew Tirtawijaya yang membantu penulis dalam mengerjakan tugas akhir
12. Sandy Naufal Hibatullah, Rusdianto, Khalif Aji Puspito, Diar Ayu Yonanda, Nasa Dityas Fariz Pradani, Hugo Baskoro, Salva Swastika Putri, Anggita Primaysandy Pamela Putri, Hadi Abdillah, Andryan herjanto, Iqbal Rusdan Arief, Efrem Christian Surbakti, Merbiansyah Aiduna Gudra, Rizal Wahyu Hendra Waspada yang selalu mendukung, memberi semangat, dan menghibur penulis.
13. Halimah Puspitasari, S.T.; Cakra Dewangga, S.T.; Puteri Ladika Sihombing, S.T.; Riri Yoanda, S.T.; Paundra Yahya Al Haritz, S.T.; Yandihar Hidayat, S.T.; Rindu Fajar Kusuma, S.T. selaku panutan dan senior yang selalu mau direpoti penulis dalam menyelesaikan tugas perkuliahan.
14. Rekan – rekan MMS yang selalu menjadi penghibur dan pendukung pengerjaan Tugas Akhir.
15. Rekan – rekan SALVAGE 15 yang telah memberikan motivasi agar penulis menjadi lebih baik.
16. Dan seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang bersifat membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhirnya penulis berharap semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, 15 Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Permasalahan	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Kotak Pendingin (<i>Cool box</i>)	5
2.2 Teknologi Insulasi.....	5
2.3 Isolasi Panas.....	6
2.4 Standard Pengujian Konduktivitas Termal ASTM E1225 – 3.....	7
2.5 Kayu Jati (<i>Tectona grandis L.f.</i>)	8
2.5.1 Karakteristik Kayu Jati (<i>Tectona grandis L.f.</i>).....	9
2.5.2 Konduktivitas Thermal Kayu Jati (<i>Tectona grandis L.f.</i>).....	10
2.6 Serat Ampas Tebu (<i>Saccharum officinarum</i>).....	12
2.6.1 Karakteristik (Konduktivitas Termal) Ampas Tebu.....	13
2.7 Polyurethane.....	15
2.8 Perlakuan Alkali NaOH	15
2.9 Penelitian Sebelumnya.....	16
BAB III METODE PENELITIAN	19
3.1 Metodologi Penelitian	19
3.2 Identifikasi Masalah dan Perumusan Masalah.....	20
3.3 Studi Literatur	20
3.4 Pembuatan Spesimen	20
3.4.1 Persiapan Material Spesimen	21
3.4.2 Pembuatan Spesimen Uji	24
3.5 Pengujian Spesimen	27
3.5.1 Pengujian Massa Jenis Spesimen	27
3.5.2 Pengujian Konduktivitas Termal Spesimen	28
3.6 Pembuatan <i>Prototype</i>	31
3.6.1 Pemilihan Spesimen.....	31
3.6.2 Pembuatan <i>Cool box</i>	32
3.7 Pelaksanaan Percobaan	33
3.8 Analisa Data.....	34
3.9 Penyusunan Laporan.....	35
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1 Hasil dan Pembahasan Perlakuan Kimia Serat	37

4.2	Hasil dan Pembahasan Pembuatan Spesimen	40
4.2.1	Hasil dan Pembahasan Pembuatan Spesimen Serat Aca.....	41
4.2.2	Hasil dan Pembahasan Pembuatan Spesimen Serat Lurus	46
4.3	Hasil Pengujian Spesimen.....	46
4.3.1	Hasil Pengujian Massa Jenis Spesimen.....	46
4.3.2	Hasil Pengujian Konduktivitas Termal Spesimen.....	48
4.3.3	Perhitungan Ekonomi Pembuatan Tiap Spesimen	61
4.3.4	Pemilihan Spesimen	63
4.4	Hasil dan Pembahasan Pembuatan <i>Cool box</i>	65
4.5	Pengujian <i>Cool box</i>	66
4.6	Analisa Hasil Pengujian	67
4.6.1	Waktu Pengawetan.....	67
4.6.2	Perubahan Temperatur Es di Dalam <i>Cool box</i>	69
4.6.3	Perubahan Temperatur Ikan di dalam <i>Cool box</i>	70
4.6.4	Perubahan Temperatur Ruang <i>Cool box</i> (T_3)	71
4.7	Analisa Ekonomi	71
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		73
5.1	Kesimpulan	73
5.2	Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA.....		75
LAMPIRAN		77

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Cool Box Styrofoam.....	5
Gambar 2. 2	Skema Pengujian ASTM E1225 – 3.....	7
Gambar 2. 3	Desain Alat Pengujian	8
Gambar 2. 4	Pohon Jati (<i>Tectona grandis L.f.</i>)	9
Gambar 2. 5	Grafik Angka Konduktivitas Thermal Kayu Jati.....	11
Gambar 2. 6	Konduktivitas Termal Jenis Kayu Kondisi Ketebalan Berbeda	11
Gambar 2. 7	Konduktivitas Termal Rata-Rata Jenis Kayu.....	12
Gambar 2. 8	Ampas Tebu.....	12
Gambar 2. 9	Grafik Hubungan Komposisi Ampas Tebu dan Serbuk Gergaji pada Konduktivitas Termal	14
Gambar 2. 10	Grafik Perbandingan Komposisi Terhadap Nilai Hambatan Panas (R) 15	
Gambar 2. 11	Polyurethane	15
Gambar 2. 12	Alkali NaOH.....	16
Gambar 3. 1	Flowchart Penelitian	19
Gambar 3. 2	Serbuk Kayu Jati.....	21
Gambar 3. 3	Gambar Larutan NaOH.....	23
Gambar 3. 4	Gambar Proses Perendaman Serat Kedalam Larutan NaOH.....	23
Gambar 3. 5	Gambar Serat Hasil Perendaman yang Sudah Dikeringkan	24
Gambar 3. 6	Gambar Pengkomposisian Spesimen.....	25
Gambar 3. 7	Gambar Ukuran Spesimen.....	26
Gambar 3. 8	Gambar Spesimen yang Sudah Dicitak.....	27
Gambar 3. 9	Gambar Timbangan digital.....	28
Gambar 3. 10	Gambar Spesimen yang Akan Dilakukan Pengujian.....	28
Gambar 3. 11	Gambar Instalasi Rangkaian Peralatan Uji Konduksi.....	29
Gambar 3. 12	Gambar Pemasangan Spesimen pada Alat Uji	30
Gambar 3. 13	Gambar Ilustrasi Potongan Tampak Atas	32
Gambar 3. 14	Gambar Ilustrasi Potongan Tampak Samping	33
Gambar 3. 15	Gambar Ilustrasi Lapisan Material Insulasi <i>Cool box</i>	33
Gambar 3. 16	Gambar Peletakan Titik	34
Gambar 4. 1	Aquades Dan Larutan Naoh.....	39
Gambar 4. 2	Proses Perendaman Serat Kedalam Larutan Naoh	39
Gambar 4. 3	Serat Hasil Perendaman Yang Sudah Dikeringkan	39
Gambar 4. 4	Reaksi Pada Proses Alkalisasi	40
Gambar 4. 5	Spesimen Serat Acak	41
Gambar 4. 6	Spesimen 1.....	41
Gambar 4. 7	Spesimen 2.....	42
Gambar 4. 8	Spesimen 3.....	42
Gambar 4. 9	Spesimen 4.....	43
Gambar 4. 10	Spesimen 5.....	43
Gambar 4. 11	Spesimen 6.....	44

Gambar 4. 12	Spesimen 7.....	44
Gambar 4. 13	Spesimen 8.....	45
Gambar 4. 14	Spesimen 9.....	45
Gambar 4. 15	Gambar Spesimen 5.....	46
Gambar 4. 16	Gambar Grafik Nilai Konduktivitas Termal.....	59
Gambar 4. 17	Gambar Coolbox Variasi Serat Acak dan Variasi Serat Lurus.....	65
Gambar 4. 18	Proses Pengujian <i>Cool box</i>	66
Gambar 4. 19	Coolbox Berbahan Insulasi Styrofoam, <i>Cool box</i> Terpilih Variasi Serat Acak, <i>Cool box</i> Terpilih Variasi Serat Lurus.....	67
Gambar 4. 20	Grafik Lama Waktu Pengawetan dalam <i>Cool box</i>	68
Gambar 4. 21	Gambar Grafik Perubahan Temperatur Es dalam <i>Cool box</i>	69
Gambar 4. 22	Gambar Grafik Perubahan Temperatur Ikan dalam <i>Cool box</i>	70
Gambar 4. 23	Gambar Grafik Perubahan Temperatur Ruang dalam <i>Cool box</i>	71

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Daftar Konduktivitas Termal Berbagai Jenis.....	6
Tabel 4. 1	Hasil Pengukuran serta perhitungan massa jenis spesimen	47
Tabel 4. 2	Hasil Pengujian Konduktivitas Termal.....	48
Tabel 4. 4	Tabel A-1	54
Tabel 4. 5	Hasil Perhitungan nilai Kc, Qc, Qs, dan Ks.....	56
Tabel 4. 6	Pengaruh Komposisi terhadap Hasil Pengujian.....	60
Tabel 4. 8	Kebutuhan Material Spesimen.....	62
Tabel 4. 9	Perhitungan Ekonomi Tiap Spesimen.....	62
Tabel 4. 10	Hasil Pemberian Ranking atau Peringkat	63
Tabel 4. 11	Hasil Pemilihan Spesimen	64
Tabel 4. 12	Spesifikasi <i>Cool box</i>	66
Tabel 4. 14	Kebutuhan Ekonomi Pembuatan <i>Cool box</i>	72

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Ikan merupakan salah satu jenis makanan dengan kandungan nilai gizi tinggi yang diperlukan oleh setiap manusia. Sebagai sumber makanan yang memiliki nilai gizi tinggi, ikan harus memiliki mutu yang baik dan dalam kondisi layak konsumsi. Ikan yang memiliki mutu baik dan dalam kondisi segar memiliki nilai jual yang tinggi, namun sebaliknya ikan yang memiliki mutu buruk dan dalam kondisi busuk memiliki nilai jual yang rendah bahkan tidak layak jual. Sehingga untuk menjaga mutu ikan tersebut diperlukan suatu alat penyimpanan yang memiliki kualitas baik di dalam kapal. Salah satu jenis alat penyimpanan yang biasanya digunakan pada kapal nelayan tradisional berupa kotak pendingin atau cool box yang terbuat dari bahan *styrofoam*. Pakar persampahan dari Institut Teknologi Bandung (ITB) Enri Damanhuri mengungkapkan bahwa *styrofoam* merupakan plastik yang paling bermasalah di antara jenis plastik lainnya karena membahayakan kesehatan dan lingkungan. Badan Kesehatan Dunia (WHO) telah sejak lama melarang penggunaan *styrofoam* di dunia. Sementara Jepang melarang karena komponen benzena dalam *styrofoam* dapat mengganggu kelenjar endokrin yang berperan pada proses reproduksi manusia. Selain itu *styrofoam* juga mengandung mikroplastik yang dapat dimakan ikan dan jika ikan tersebut dimakan manusia sama halnya manusia tersebut mengkonsumsi benzena yang terkandung dalam *styrofoam*. Sehingga perlu adanya upaya untuk mereduksi penggunaan *styrofoam* salah satunya dengan mengurangi pemakaian *styrofoam* sebagai cool box pengawet ikan dan menggantinya menjadi cool box dengan bahan insulasi yang ramah lingkungan dan efektif dalam menjaga mutu ikan.

Pada penelitian ini akan dilakukan modifikasi bahan insulasi cool box yang berupa campuran limbah serbuk kayu jati (*Tectona grandis* L.f.) dengan serat ampas tebu (*Saccharum officinarum*). Kebutuhan akan kayu untuk industri semakin meningkat, sehingga penebangan hutan untuk dimanfaatkan kayunya otomatis semakin meningkat pula. Apalagi sekarang banyak hutan Indonesia yang ditebangi secara liar dan tidak terkontrol. Jika hal ini dibiarkan terus menerus maka hutan akan habis. Untuk itu dibutuhkan usaha untuk memanfaatkan kayu semaksimal mungkin, sehingga tidak banyak terbuang secara percuma. Kayu jati merupakan salah satu jenis kayu yang sering digunakan dalam kegiatan industri dikarenakan kayu ini memiliki tingkat kekuatan maupun keawetan yang tinggi. Menurut data statistik dari Departemen Kehutanan (2014), pada tahun 2013 produksi log Indonesia mencapai 10.086.217,06 m³ yang berasal dari hutan alam, hutan tanaman industri dan hutan rakyat. Perkembangan industri perindustrian yang pesat tentunya juga menimbulkan hasil samping berupa limbah. Dalam proses pengolahan kayu hanya sekitar 60-70% dari komoditi kayu yang diolah menjadi produk, dengan limbah sisa kayu dan serbuk gergajiannya mencapai jumlah kurang lebih 30-40% atau sekitar 3,03-4,03 juta m³ untuk tahun 2015. Biasanya limbah serbuk kayu jati ini tidak dimanfaatkan sama sekali melainkan dibuang atau dibakar.

Sedangkan tebu (*Saccharum officinarum*) merupakan tanaman jenis rerumputan yang kaya akan serat dan biasa digunakan sebagai bahan baku pembuatan gula. Ampas tebu atau lazimnya disebut bagase, merupakan hasil samping dari proses ekstraksi cairan tebu. Potensi ampas tebu adalah 30% dari berat tebu. Ampas tebu belum dimanfaatkan

secara optimal. Hal ini tentu menjadi permasalahan utama yang harus dicari jalan keluarnya. Ampas tebu yang tidak dimanfaatkan dapat merusak lingkungan dan apabila dibakar tentunya menimbulkan masalah baru yaitu polusi udara. Mengacu pada anjuran FAQ (*Food and Agriculture Organization*) kepada dunia industri dengan dideklarasikannya “*International Year of Natural Fibres 2009 (IYNF 2009)*” oleh FAQ pada tanggal 20 Desember 2006, FAO menganjurkan agar mulai tahun 2009 dunia industri sudah menggunakan bahan baku yang ramah lingkungan dan mudah terdegradasi, khususnya serat-serat alam maka penggunaan serat ampas tebu dinilai cocok untuk digunakan sebagai bahan campuran insulasi cool box. Diharapkan dengan adanya modifikasi bahan material insulasi cool box berupa campuran limbah serbuk kayu jati (*Tectona grandis* L.f.) dengan serat ampas tebu (*Saccharum officinarum*) selain dapat menjadi rekomendasi alternatif kotak pengawet ikan yang aman juga tidak merusak lingkungan.

1.2. Rumusan Permasalahan

Adapun rumusan masalah yang melatar belakangi penelitian ini diantaranya sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik termal dan fisik dari insulasi campuran limbah serbuk kayu jati (*Tectona grandis* L.f.) dengan serat ampas tebu (*Saccharum officinarum*) yang telah diberi perlakuan variasi susunan serat dan perendaman Alkali NaOH ?
2. Berapa komposisi optimal campuran limbah serbuk kayu jati (*Tectona grandis* L.f.) dengan serat ampas tebu (*Saccharum officinarum*) yang telah diberi perlakuan variasi susunan serat dan perendaman Alkali NaOH sebagai bahan insulasi cool box?
3. Berapa lama modifikasi cool box dengan insulasi campuran limbah serbuk kayu jati (*Tectona grandis* L.f.) dengan serat ampas tebu (*Saccharum officinarum*) yang telah diberi perlakuan variasi susunan serat dan perendaman Alkali NaOH dapat mengawetkan ikan?
4. Berapa temperatur terendah yang dihasilkan oleh modifikasi cool box dengan insulasi campuran limbah serbuk kayu jati (*Tectona grandis* L.f.) dengan serat ampas tebu (*Saccharum officinarum*) yang telah diberi perlakuan variasi susunan serat dan perendaman Alkali NaOH selama proses pendinginan?
5. Bagaimana perbandingan performansi antara modifikasi cool box dengan insulasi campuran limbah serbuk kayu jati (*Tectona grandis* L.f.) dengan serat ampas tebu (*Saccharum officinarum*) yang telah diberi perlakuan variasi susunan serat dan perendaman Alkali NaOH dibandingkan styrofoam?

1.3. Batasan Masalah

1. Cool box didesain untuk digunakan pada kapal nelayan tradisional
2. Cool box didesain dengan modifikasi pada bagian insulasi yang dilakukan di laboratorium
3. Aplikasi teknologi insulasi cool box menggunakan campuran limbah serbuk kayu jati (*Tectona grandis* L.f.) dengan serat ampas tebu (*Saccharum officinarum*) yang telah diberi perlakuan variasi susunan serat dan perendaman Alkali NaOH hanya pada cool box yang berisi ikan dan es basah
4. Serat tebu yang digunakan merupakan serat kasar sedangkan NaOH yang digunakan yakni NaOH teknis yang dilarutkan menggunakan aquades

5. Pengujian nilai konduktivitas termal hanya dilakukan pada variasi susunan serat acak dikarenakan untuk menguji nilai konduktivitas termal variasi susunan serat lurus proses pendukung pengujian masih terbatas, namun untuk membandingkan pengaruh kedua variasi susunan serat tersebut tetap dilakukan pengujian terhadap efektifitas *Coolbox* dengan cara membandingkan prototipe kedua variasi susunan serat
6. Komposisi material insulasi prototipe *Coolbox* variasi susunan serat lurus dibuat sama dengan material insulasi *Coolbox* variasi susunan serat acak, dimana komposisi material paling optimal dipilih setelah dilakukan penilaian
7. Penelitian hanya menganalisa teknologi insulasi dari segi teknis dan ekonomis

1.4. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui karakteristik termal dan fisik berupa nilai konduktivitas termal dan massa jenis insulasi dari campuran limbah serbuk kayu jati (*Tectona grandis* L.f.) dengan serat ampas tebu (*Saccharum officinarum*) yang telah diberi perlakuan variasi susunan serat dan perendaman Alkali NaOH
2. Mengetahui komposisi campuran limbah serbuk kayu jati (*Tectona grandis* L.f.) dengan serat ampas tebu (*Saccharum officinarum*) yang telah diberi perlakuan variasi susunan serat dan perendaman Alkali NaOH yang optimal sebagai bahan insulasi cool box
3. Mengetahui lama waktu pendinginan cool box akibat pengaruh rekayasa material insulasi yang berupa campuran limbah serbuk kayu jati (*Tectona grandis* L.f.) dengan serat ampas tebu (*Saccharum officinarum*) dengan perlakuan variasi susunan serat dan perendaman Alkali NaOH
4. Mengetahui temperatur minimum yang dapat dicapai cool box akibat pengaruh rekayasa material insulasi yang berupa campuran limbah serbuk kayu jati (*Tectona grandis* L.f.) dengan serat ampas tebu (*Saccharum officinarum*) dengan perlakuan variasi susunan serat dan perendaman Alkali NaOH
5. Membandingkan keefektifan modifikasi cool box dengan insulasi dari campuran limbah serbuk kayu jati (*Tectona grandis* L.f.) dengan serat ampas tebu (*Saccharum officinarum*) yang telah diberi perlakuan variasi susunan serat dan perendaman Alkali NaOH dengan cool box berbahan dasar *styrofoam*

1.5. Manfaat Penelitian

1. Mengurangi jumlah limbah serbuk kayu jati (*Tectona grandis* L.f.) dan serat ampas tebu (*Saccharum officinarum*) yang ada di masyarakat
2. Mengetahui tingkat keefektifan cool box yang telah dimodifikasi bagian insulasinya menggunakan campuran limbah serbuk kayu jati (*Tectona grandis* L.f.) dengan serat ampas tebu (*Saccharum officinarum*) yang telah diberi perlakuan variasi susunan serat dan perendaman Alkali NaOH.
3. Memperoleh rekomendasi insulasi ramah lingkungan sebagai pengganti *styrofoam* yang dapat diaplikasikan terhadap cool box.
4. Mengurangi tingkat kerugian nelayan akibat pembusukan ikan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kotak Pendingin (Cool Box)



Gambar 2. 1 Cool Box Styrofoam

Sumber : <https://www.amazon.com/12-Insulated-Styrofoam-Shipping-Cooler>

Mutu hasil tangkapan nelayan saat melaut merupakan suatu hal yang sangat penting untuk di jaga karena semakin baik mutu hasil tangkapan nelayan maka akan semakin tinggi pula nilai jual hasil tangkapan tersebut. Salah satu hal yang berpengaruh terhadap mutu hasil tangkapan nelayan yakni kondisi dari ruang penyimpanan ikan di kapal. Oleh karena itu proses penyimpanan hasil tangkapan harus dibuat seefektif mungkin dengan memiliki sistem pendingin yang baik. Media untuk menyimpan dan mengisolasi temperatur agar kondisi tangkapan tetap dalam kondisi yang stabil disebut dengan cool box. Cool box merupakan salah satu perlengkapan yang harus tersedia di dalam kapal guna menyimpan hasil tangkapan nelayan selama proses menangkap ikan sebelum didistribusikan ke darat. Tujuan dari penggunaan cool box tidak lain yakni mencegah mutu hasil tangkapan agar terhindar dari kerusakan maupun risiko pembusukan, menghemat penggunaan es, mengurangi penyusutan hasil tangkapan, memperluas daerah penangkapan, dan meningkatkan tingkat pendapatan nelayan.

2.2 Teknologi Insulasi

Berdasarkan acuannya, insulasi dapat dibedakan menjadi insulasi termal, insulasi bangunan, insulasi akustik, insulasi material, insulasi listrik, dan insulasi pipa. Pada penelitian ini, penulis mengacu pada insulasi termal. Insulasi termal merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengurangi laju aliran perpindahan energi (panas) yang melintas pada material tersebut. Untuk mereduksi atau mengurangi laju aliran energi yang melintas pada material, maka material tersebut harus memiliki nilai resistansi yang tinggi. Bahan atau yang digunakan untuk mengurangi laju perpindahan panas disebut isolator atau insulator. Terdapat tiga jenis metode insulasi pada material, yakni:

Resistive insulation yang merupakan metode insulasi yang dilakukan dengan menghambat laju aliran panas dengan mengandalkan nilai resistan pada proses konduksi.

- a. Reflective insulation yang merupakan metode insulasi yang dilakukan dengan mengurangi aliran radiasi panas yakni kemampuan material panas untuk menyerap dan meradiasikan kembali infra-red (sangat tergantung dari bentuk dan warnanya). Peyerapan paling bagus dialami oleh material yang memiliki warna hitam, sedangkan warna putih paling bagus sifat pemantulannya.
- b. Capacitive insulation yang merupakan metode insulasi yang tidak bekerja dalam kondisi steady-state namun bekerja jika fluktuasi temperatur diantara dua permukaan sangat besar. Metode insulasi ini memanfaatkan penundaan aliran panas yang tersimpan dalam material sehingga dapat memindahkan kondisi puncak aliran panas pada waktu yang dibutuhkan.

2.3 Isolasi Panas

Isolasi panas merupakan metode untuk mengurangi laju perpindahan panas dengan mengendalikan proses insulasi pada bahan material yang digunakan. Metode ini sangat cocok digunakan dalam aktivitas penyimpanan suatu produk agar bertahan lebih lama. Untuk mendapatkan temperatur ruang dalam kotak pendingin lebih efisien maka isolasi yang baik harus memiliki nilai konduktivitas yang rendah. Nilai konduktivitas termal bahan yang biasa digunakan dalam teknologi insulasi (*Holman J. , 1994*) dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

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

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

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

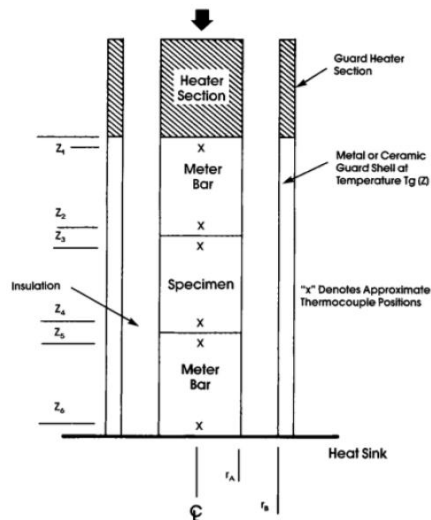
Laju perpindahan panas yang mengalir dalam suatu bahan tergantung pada nilai konduktivitas termal suatu bahan. Nilai konduktivitas termal (k) merupakan fungsi temperatur namun variasinya kecil dan biasa diabaikan. Jika nilai konduktivitas termal

suatu bahan semakin besar, maka akan semakin besar pula panas yang mengalir melalui benda tersebut. Dengan kata lain, bahan yang memiliki nilai k besar merupakan penghantar panas yang baik. Sedangkan bahan yang memiliki nilai k kecil maka bahan tersebut kurang bisa menghantarkan panas atau merupakan isolator. Berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai konduktivitas termal suatu bahan:

$$k = \frac{\Delta W}{A} \times \frac{d}{\Delta T} \quad \dots\dots\dots (1)$$

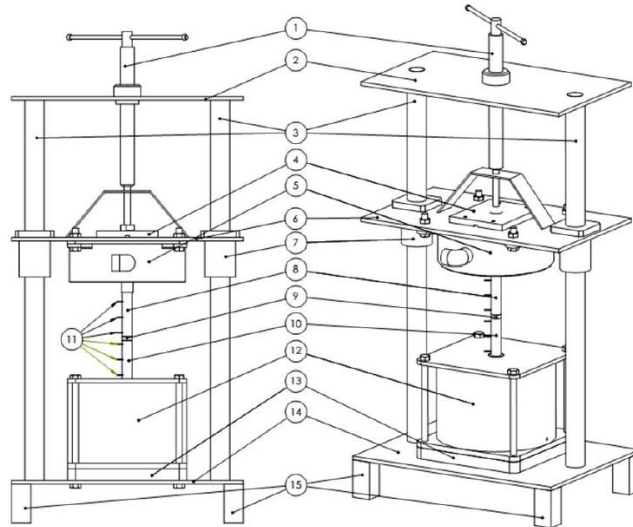
2.4 Standard Pengujian Konduktivitas Termal ASTM E1225 – 3

ASTM E1225 – 3 merupakan standar yang digunakan untuk menentukan konduktivitas termal pada keadaan *steady state*. Pengujian ini efektif digunakan pada material yang memiliki konduktivitas termal rata-rata dengan rentang $0,2 < \lambda > 200 \text{ W/m}$ dengan rentang temperatur antara 90 sampai 1300 K. Apabila digunakan nilai diluar rentang tersebut akan mengakibatkan penurunan akurasi pada penentuan nilai konduktivitas thermal. Pengujian ini dilakukan dengan cara memasukkan spesimen uji dibawah beban antara dua spesimen dari bahan sifat termal yang diketahui. Gradien temperatur terbentuk ditumpukkan uji dan kehilangan panas diminimalkan dengan penggunaan longitudinal yang memiliki gradien temperatur yang hampir sama. Pada kondisi ekuilibrium, konduktivitas termal berasal dari gradien temperatur yang diukur pada masing-masing spesimen dan konduktivitas termal bahan referensi.



Gambar 2. 2 Skema Pengujian ASTM E1225 – 3

Dalam proses pengujian konduktivitas termal memiliki alat uji terdiri dari berbagai komponen peralatan yang memiliki fungsi tersendiri yang disusun menjadi satu sistem alat uji konduktivitas termal. Komponen tersebut meliputi spesimen uji, heater dan panel box. Spesimen uji dikhususkan untuk mengukur konduktivitas termal material yang padat dengan ketebalan berkisar 0.02 sampai 10 mm. Selain itu diperlukan sensor temperatur jenis *thermocouple* jenis K yang mampu beroperasi pada rentang temperatur 0-1370°C. Penempatan *thermocouple* tersebut adalah enam buah pada parameter bar : *hot meter bar* tiga buah (T1, T2, dan T3) dan *cold meter bar* tiga buah (T4, T5, dan T6), satu buah pada sisi luar *thermal jacket* dan satu berfungsi sebagai kontrol temperatur *heater*.



Gambar 2. 3 Desain Alat Pengujian

Gambar 2.3 merupakan desain dari alat pengujian yang digunakan untuk pengujian konduktivitas termal. Spesimen uji yang telah dijadi diletakkan pada alat uji diantara *cold meter bar* dan *hot meter bar*, kemudian ditunggu beberapa jam sampai temperatur dalam keadaan *steady*. Setelah temperatur berada pada keadaan *steady*, spesimen uji dapat diukur nilai konduktivitas termalnya. Berikut merupakan keterangan dari gambar 2.3:

- | | |
|--------------------------|---------------------------|
| 1. Tuas penekan | 9. Sampel uji |
| 2. Base plat atas | 10. <i>Hot meter-bar</i> |
| 3. <i>Vertical rods</i> | 11. Thermocouple |
| 4. <i>Load cell</i> | 12. Set heater |
| 5. <i>Case pendingin</i> | 13. Isolasi <i>heater</i> |
| 6. Base plat tengah | 14. Base plat bawah |
| 7. Linear bearing | 15. Kaki-kaki |
| 8. <i>Cold meter-bar</i> | |

2.5 Kayu Jati (*Tectona grandis* L.f.)

Jati (*Tectona grandis* L.f.) merupakan kayu komersial bermutu tinggi yang termasuk ke dalam suku *Verbenaceae* yang berasal dari India, Myanmar, dan Thailand. Jati pertama kali ditanam di Indonesia yakni di Pulau Jawa diperkirakan pada abad kedua masehi yang dilakukan oleh para penyebar agama hindu. Jati dapat tumbuh baik pada temperatur rata-rata yang optimum berkisar 22-27°C. Pohon jati dapat mencapai tinggi 45 meter dengan panjang batang bebas cabang 15-20 meter, diameter dapat mencapai 220 cm, dengan bentuk batang tidak teratur dan beralur. Berikut merupakan klasifikasi botani tanaman jati:

- | | |
|-----------|------------------|
| Divisi | : Spermatophyta |
| Kelas | : Angiospermae |
| Sub Kelas | : Dicotyledoneae |
| Ordo | : Verbenales |

Famili : Verbenaceae
 Genus : Tectona
 Species : *Tectona grandis* L.f.



Gambar 2. 4 Pohon Jati (*Tectona grandis* L.f.)

Sumber : <http://jatikultursolomon.blogspot.com/2016/07/bunga-pohon-jati.html>

Jati menghasilkan kayu yang sangat berharga dan dapat digunakan untuk memenuhi berbagai keperluan karena mempunyai tingkat keawetan yang tinggi, dimensinya stabil, dekoratif dan mudah dikerjakan sehingga tak heran jika kayu jati banyak digunakan dalam dunia industri. Menurut data statistik dari Departemen Kehutanan (2014), pada tahun 2013 produksi log Indonesia mencapai 10.086.217,06 m³ yang berasal dari hutan alam, hutan tanaman industri dan hutan rakyat. Perkembangan industri perkerajinan yang pesat tentunya juga menimbulkan hasil samping berupa limbah. Dalam proses pengolahan kayu hanya sekitar 60-70% dari komoditi kayu yang diolah menjadi produk, dengan limbah sisa kayu dan serbuk gergajiannya mencapai jumlah kurang lebih 30-40% atau sekitar 3,03-4,03 juta m³ untuk tahun 2015. Dari pengamatan yang dilakukan di lapangan, limbah yang dihasilkan menjadi bentuk serbuk kayu per gelondong dengan diameter 30 centimeter dan panjang 1 meter dalam lima kali proses penggergajian dengan tebal gergaji 0,8 centimeter dihasilkan 0,0088 m³. Biasanya limbah serbuk kayu jati ini tidak dimanfaatkan sama sekali melainkan dibuang atau dibakar.

2.5.1 Karakteristik Kayu Jati (*Tectona grandis* L.f.)

Jati memiliki tekstur kayu agak kasar dengan serat lurus dengan kulit berwarna abu-abu kecokelatan, batang bagian tengah (teras) berwarna cokelat muda, dan bagian dalam (galih) berwarna cokelat kemerahan. Kayu jati memiliki ciri-ciri fisik sebagai berikut:

- Berat jenis 0,62 – 0,75 kg/m³
- Keteguhan patah 800 – 1200 kg/cm² dengan penyusutan kering tanur 2,8 – 5,2%
- Keteguhan lentur statik 718 kg/ cm²
- Keteguhan tekan sejajar dengan arah serat maksimum 550 kg/ cm²
- Daya resistensi tinggi terhadap serangan jamur dan rayap karena terdapat zat ekstraktif tectoquinon atau *metil antraquinon*
- Ciri kimia seperti kadar selulosa 47,5%; lignin 29,9%; pentosan 14,4%; abu 1,4%; silika 0,4%; dan nilai kalori 5,081 kal/gram

2.5.2 Konduktivitas Thermal Kayu Jati (*Tectona grandis L.f.*)

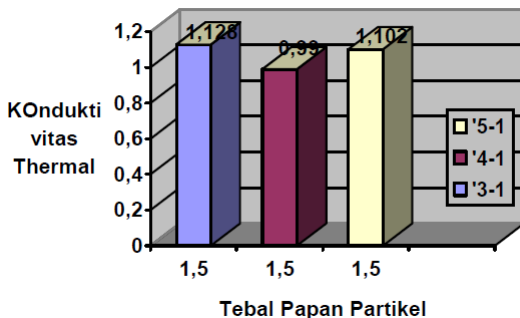
Terdapat beberapa penelitian mengenai karakteristik konduktivitas ampas tebu. Penelitian pertama dilakukan oleh Ramadlan (Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh), Ahmad Syuhada (Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala), dan Zahrul Fuadi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala) mengenai Studi konduktivitas pada papan Partikel. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi penggunaan bahan pengisi yaitu sekam padi dan serbuk gergaji kayu serta matrik lem sintesis PVAC dan semen portland terhadap konduktivitas termal dari papan partikel (fiberboard). Bahan yang diuji terdiri atas serbuk kayu jati, serbuk kayu meranti, serbuk kayu bayur, sekam padi dan dedak sekam padi. Penelitian diawali dengan pembuatan papan partikel untuk masing-masing spesimen 3 buah dengan ukuran 25 cm x 25 cm, ketebalan 15 mm dan tekanan press 45-50 kN. Untuk tiap jenis spesimen untuk mendapatkan nilai konduktivitas panasnya dengan cara pada tengah-tengah permukaan papan partikel ditempelkan satu titik termokopel. Dari analisa data diperoleh kesimpulan jika papan partikel kayu jati mempunyai sifat hantar panas konduksi atau konduktivitas thermal yang paling rendah dengan nilai k nya 0,022 W/m⁰C. Tabel 2.2 merupakan tabel konduktivitas thermal material yang diuji.

Tabel 2. 2 Konduktivitas Material

Spesimen	Konduktivitas Termal Rata – rata (W/m °C)	Konduktivitas Termal (W/m °C)
Kayu Jati 1	0,022	0,022
Kayu Jati 2		0,020
Kayu Jati 3		0,023
Kayu Meranti 1	0,033	0,031
Kayu Meranti 2		0,036
Kayu Meranti 3		0,032
Kayu Bayur 1	0,028	0,029
Kayu Bayur 2		0,028
Kayu Bayur 3		0,029
Sekam Padi 1	0,025	0,027
Sekam Padi 2		0,025
Sekam Padi 3		0,024
Dedak Sekam 1	0,042	0,041
Dedak Sekam 2		0,045
Dedak Sekam 3		0,041

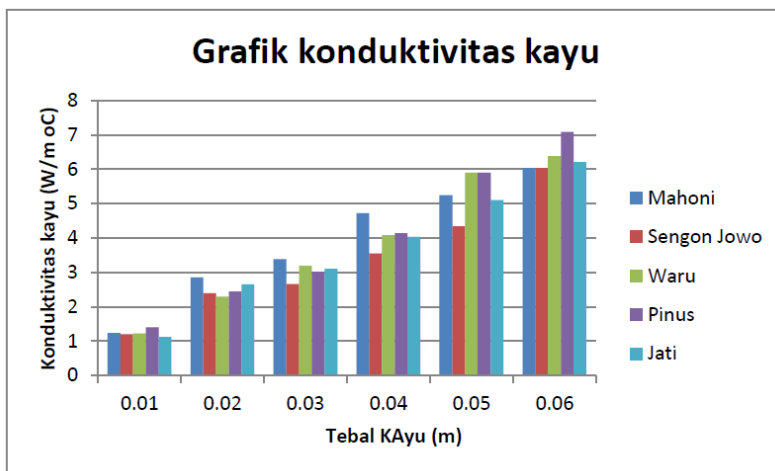
Penelitian kedua dilakukan oleh I Gusti Gde Badrawada, dan Agung Susilo (Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta) mengenai pengaruh kepadatan papan partikel dari tiga jenis serbuk kayu terhadap nilai konduktivitasnya. Untuk langkah awal penelitian maka disiapkan papan partikel yang terbuat dari masing-masing serbuk kayu dengan kepadatan

yang berbeda-beda yaitu 1 : 5, 1 : 4, 1 : 3. Kemudian masing-masing jenis papan partikel dengan kepadatan yang berbeda tersebut dimasukkan ke dalam kotak pengujian. Dari hasil perhitungan yang dilakukan maka nilai konduktivitas panas terkecil yang dimiliki oleh papan partikel serbuk kayu jati yakni dengan kepadatan 1 : 2,67.

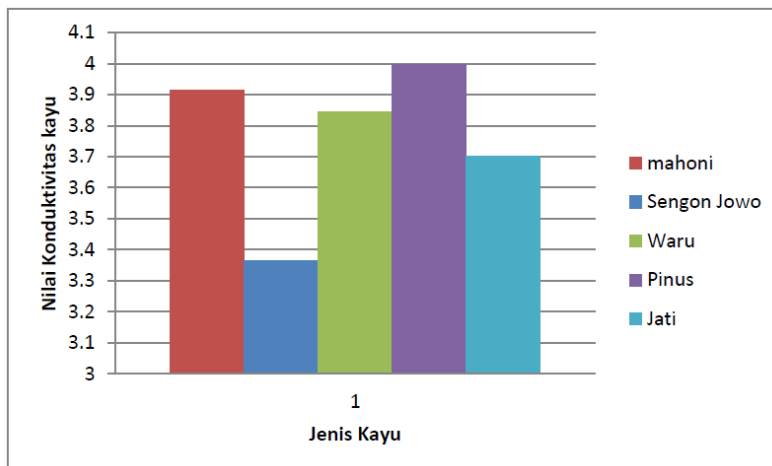


Gambar 2. 5 Grafik Angka Konduktivitas Thermal Kayu Jati

Penelitian ketiga dilakukan oleh Serli Pangestika mengenai kajian panas konduktivitas panas berbagai jenis kayu sebagai bahan isolator. Penelitian ini menggunakan bahan percobaan berupa lima jenis kayu yakni kayu sengon, jati, mahoni, waru, dan pinus. Untuk menguji konduktivitas kelima bahan ini, diberikan variasi ketebalan dalam penelitian yang kemudian bahan dipanaskan diatas kompor induksi dengan alas stainless steel. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Serli Pangestika, diperoleh data jika rata – rata konduktivitas dari kelima bahan memiliki nilai konduktivitas termal yang berbeda. Bahan kayu yang memiliki nilai konduktivitas panas mulai dari yang terkecil hingga terbesar yakni kayu sengon, jati, waru, mahoni, dan pinus. Gambar 2.6 merupakan grafik hasil percobaan yang telah dilakukan.



Gambar 2. 6 Konduktivitas Termal Jenis Kayu Kondisi Ketebalan Berbeda



Gambar 2. 7 Konduktivitas Termal Rata-rata Jenis Kayu

Dari ketiga penelitian mengenai konduktivitas bahan isolator diperoleh data jika konduktivitas termal merupakan properti dari suatu bahan yang menentukan kemampuan benda dalam menghantarkan panas. Bahan yang memiliki nilai konduktivitas termal kecil disebut dengan isolator, sedangkan bahan yang memiliki nilai konduktivitas termal besar disebut sebagai konduktor. Maka dapat disimpulkan jika kayu jati merupakan salah satu jenis kayu yang baik digunakan sebagai alat peredam panas atau isolator.

2.6 Serat Ampas Tebu (*Saccharum officinarum*)



Gambar 2. 8 Ampas Tebu

Sumber : <http://pgkba.com/site/index.php/user/product>

Tanaman tebu termasuk tumbuhan monokotil yang berasal dari famili rumput-rumputan. Batang dari tebu memiliki anakan tunas dari pangkal batang yang membentuk rumpun. Waktu musim tanam ini sepanjang 11- 12 bulan. Tanaman tebu tidak bercabang dan tumbuh tegak, serta mempunyai sosok yang tinggi kurus. Tanaman yang tumbuh dengan baik memiliki tinggi batang 3- 5 meter bahkan lebih. Tebu memiliki sistem perakaran menjalar dengan batang yang kokoh dan beruas. Ruas pada tebu memiliki panjang yang beragam antara 10 – 30 cm. Berikut merupakan klasifikasi botani tanaman tebu :

Devisi : Spermatophyta
 Sub Devisi : Angiospermae
 Kelas : Monokotyledone
 Famili : Poaceae
 Genus : Saccharum
 Spesies : Saccharum officinarum

Tebu merupakan bahan baku utama dalam pembuatan gula. Bagian tebu yang diambil sebagai bahan dasar pembuatan gula adalah cairan yang terdapat pada batang tebu. Pada proses ekstraksi (pemerahan) cairan tebu menghasilkan hasil sampling berupa ampas tebu. Ampas tebu lazim juga disebut bagase. Istilah bagase pertama kali dipakai di Prancis untuk ampas tebu dari perasan minyak zaitun, lalu oleh persatuan teknisi gula internasional dipakai untuk residu hasil. Ampas tebu memiliki serat yang mengandung lignin, selulosa dan hemiselulosa. Muliah mengemukakan bahwa tanaman tebu umumnya menghasilkan 24-36% ampas tebu tergantung pada kondisi dan jenisnya. Ampas tebu mengandung air 48-52% (rata-rata 50%), gula 2,5-6% (rata-rata 3,3%) dan serat 44-48% (rata-rata 47,7%). Serat ampas tebu tidak dapat larut dalam air dan sebagian besar terdiri atas selulosa 37,65%, pentosan 27,97%, dan lignin 22,09%. Tabel 2.3 merupakan tabel komposisi kimia ampas tebu.

Tabel 2.3 Komposisi Kimia Ampas Tebu

Kandungan	Kadar (%)
Abu	3,82
Lignin	22,09
Selulosa	37,65
Sari	1,81
Pentosan	27,97
SiO ₂	3,01

Berdasarkan data dari Direktorat Jenderal Perkebunan tahun 2014, produksi tebu nasional mencapai 33 juta ton pertahun. Dengan asumsi bahwa persentase ampas dalam tebu sekitar 30-34%, maka pabrik gula yang ada di Indonesia berpotensi menghasilkan ampas tebu rata-rata sekitar 9,90-11,22 juta ton pertahun. Berlimpahnya bahan limbah ini dapat dimanfaatkan menjadi produk komposit sehingga mempunyai nilai ekonomis yang tinggi dengan demikian dapat mengurangi ketergantungan pada kayu hasil hutan.

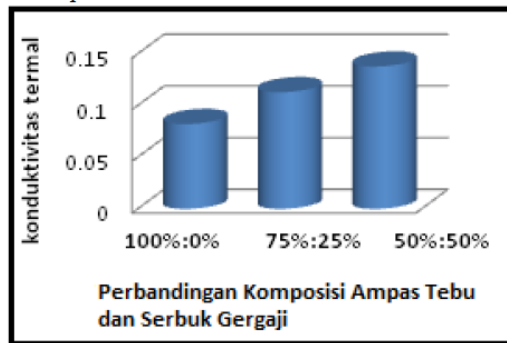
2.6.1 Karakteristik (Konduktivitas Termal) Ampas Tebu

Terdapat beberapa penelitian terdahulu mengenai karakteristik konduktivitas ampas tebu. Penelitian pertama dilakukan oleh Fitri Maiwita mengenai variasi komposisi ampas tebu dan serbuk gergaji pada papan partikel terhadap konduktivitas termal. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yakni ampas tebu, serbuk gergaji, perekat (resin polyester), katalis dan es batu. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 2.4 berikut :

Tabel 2. 4 Hasil Penelitian

Komposisi		(W/m °C)				Rata – rata Konduktivitas Termal (W/m °C)
Ampas Tebu (%)	Serbuk Gergaji (%)	Pengukuran Pertama	Pengukuran Kedua	Pengukuran Ketiga	Pengukuran Keempat	
100	0	0,0839	0,0825	0,0791	0,0828	0,0821
75	25	0,1083	0,1138	0,1147	0,1148	0,1129
50	50	0,1390	0,1335	0,1347	0,1442	0,1378

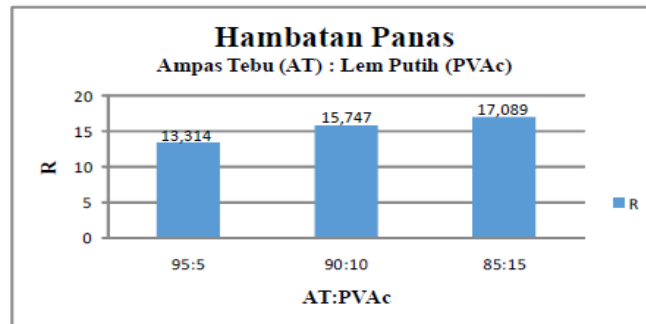
Berdasarkan Tabel 2.4, nilai rata-rata konduktivitas termal terkecil yakni 0,0821 W/m°C yang menggunakan perbandingan komposisi ampas tebu dan serbuk gergaji sebesar 100% : 0%. Sedangkan nilai rata-rata konduktivitas termal terbesar yakni 0,1378 W/m°C dengan perbandingan ampas tebu dan serbuk gergaji sebesar 50% : 50%. Sedangkan perbandingan komposisi ampas tebu dan serbuk gergaji sebesar 100% : 25% memiliki nilai rata-rata konduktivitas termal 0,1129 W/m°C. Pada hasil pengujian konduktivitas termal, semakin kecil perbandingan komposisi ampas tebu maka nilai konduktivitas termal semakin tinggi dan sebaliknya atau dengan kata lain semakin banyak komposisi ampas tebu maka nilai konduktivitas termal semakin kecil. Hal ini dapat dilihat pada grafik hubungan antara komposisi ampas tebu dan serbuk gergaji terhadap konduktivitas termal pada Gambar 2.9 berikut :



Gambar 2. 9 Grafik Hubungan Komposisi Ampas Tebu Dan Serbuk Gergaji Terhadap Konduktivitas Termal

Penelitian kedua dilakukan oleh Pringgo Widyo Laksono yang merupakan staf pengajar Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik UNS. Penelitian ini membahas mengenai desain dan manufaktur green-composite ampas tebu – lem putih sebagai bahan papan partikel dan berkarakteristik hambat panas. Hambatan panas optimum diperoleh pada perbandingan komposisi campuran ampas tebu dengan lem putih (PVAc) sebesar 85% : 15%, hal ini terjadi karena ikatan antara partikel menjadi lebih rapat sehingga rongga antar partikel membentuk pori-pori yang cukup vakum. Pori-pori inilah yang menyebabkan terhambatnya aliran panas akibat ada ruang vakum sehingga aliran panas tidak dapat merambat pada material secara lancar. Gambar 2.10 menunjukkan bahwa

hasil pengujian pada perbandingan komposisi campuran ampas tebu dengan lem putih (PVAc) sebesar 85% : 15% dapat menghambat panas (R) sebesar $17,09\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$.



Gambar 2. 10 Grafik Perbandingan Komposisi Terhadap Nilai Hambatan Panas (R)

2.7 Polyurethane



Gambar 2. 11 Polyurethane

Sumber : <https://www.google.co.id/search?q=polyurethane>

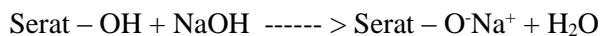
Polyurethane merupakan hasil pengisolvenan antara karet dan plastik sehingga didapatkan pelarutan material yang memiliki keunggulan sangat tahan gesek, tahan aus, tahan terhadap beberapa kimiaringan, stabil dalam temperatur dingin dan panas. Polyurethane untuk pertama kalinya dikembangkan sebagai pengganti karet. Keanekaragaman kegunaan polimer organik baru ini serta kemampuannya dalam menggantikan bahan-bahan yang langka, telah mendorong penggunaannya secara luas. Saat ini Polyurethane diproduksi dan digunakan dalam skala industri, dan dapat dipesan dengan diformulasikan untuk kegunaan tertentu. Polyurethane dapat ditemukan pada bahan pelapis dan bahan perekat, elastomers, dan busa yang keras. Busa lentur untuk bantal yang nyaman tersedia di pasar. Dengan mengembangkan polyether polyol yang berbiaya rendah, maka dapat digunakan juga untuk membuat kain pelapis, maupun penerapan lainnya di bidang otomotif seperti yang kita kenal saat ini. Sebagai bahan perekat untuk industri kerajinan kayu, polyurethane dianggap sebagai perekat yang baik karena sifatnya yang berekspansi untuk mengisi rongga-rongga yang kosong dan lebih cepat mengering.

2.8 Perlakuan Alkali NaOH

Perlakuan kimia tertentu perlu dilakukan terhadap serat alam untuk meningkatkan kompatibilitas serat alam sebagai penguat dalam komposit. Modifikasi kimia berpengaruh secara langsung terhadap struktur serat dan mengubah komposisi kimia serat,

mengurangi kecenderungan penyerapan kelembaban oleh serat sehingga akan memberikan ikatan antara serat dengan matriks yang lebih baik. Hal ini tentunya akan menghasilkan sifat mekanik dan termal komposit yang lebih baik. Kekuatan dan kekakuan dari serat tanaman terutama tergantung pada kandungan selulosanya. Peningkatan kandungan selulosa adalah faktor kunci untuk meningkatkan sifat serat. Serat alami memiliki sifat hidrofilik yakni sifat yang suka atau tahan terhadap air. Pengaruh perlakuan alkali terhadap sifat permukaan serat alam selulosa telah diteliti dimana kandungan optimum air mampu direduksi sehingga dapat memberikan ikatan interfacial dengan baik secara optimal.

NaOH merupakan salah satu jenis alkali bersifat basa yang tergolong mudah larut dalam air dan termasuk basa kuat yang dapat terionisasi dengan sempurna. Berdasarkan teori Arrhenius, basa merupakan zat yang dalam air menghasilkan ion OH negatif dan ion positif. Larutan basa memiliki rasa pahit, dan jika mengenai tangan terasa licin (kaustik). Perlakuan alkali yang berupa NaOH dari serat alami adalah salah satu perlakuan kimia yang telah dilakukan untuk meningkatkan kandungan selulosa melalui penghilangan hemiselulosa dan lignin (tujuannya memisahkan lignin dan kontaminan yang terkandung dalam serat, sehingga didapat serat yang lebih bersih). Berikut merupakan reaksi dari perlakuan alkali NaOH terhadap serat:



Penelitian mengenai perlakuan alkali terhadap serat menyebutkan jika kekuatan rekat antara serat dengan matrik dapat meningkat sebesar 5%. Dibandingkan alkali jenis lain seperti KOH dan LiOH, perlakuan alkali NaOH merupakan perlakuan yang paling baik dikarenakan Na^+ memiliki diameter partikel yang sangat kecil dan dapat masuk ke pori terkecil serat sehingga dapat melepaskan minyak dan kontaminan lebih baik.



Gambar 2. 12 Alkali NaOH

Sumber : <https://vinmetrica.com/product/1n-naoh-100-ml>

2.9 Penelitian Sebelumnya

Selain literatur di atas, penulis juga melakukan analisa terhadap penelitian sebelumnya guna mengetahui kelebihan dan kekurangan dari penelitian yang dilakukan peneliti sebelumnya.

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

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

- Hasil :

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

- Saran :

Penelitian dengan insulasi serbuk kayu dan kain goni dapat dikembangkan lebih lanjut dengan perekat lain yang lebih baik dari semen putih dan dilakukan pengujian seperti daya tahan bahan insulasi terhadap pelapukan atau lama pemakaian

2. Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu Sebagai Campuran Polyurethane Pada Insulasi Palka Kapal Ikan Tradisional (Mochamad Hidayat)

- Metodologi :

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

- Hasil :

Aplikasi *cool box* insulator komposit serbuk kayu-polyurethane Mampu mempertahankan es hingga mencair sempurna pada 34 jam, lebih cepat dari kemampuan aplikasi 100% polyurethane yang dapat mempertahankan es hingga lebih dari 40 jam.

- Saran :

Untuk mendapatkan hasil yang lebih sempurna, penelitian lebih baik menggunakan peralatan dan perlengkapan pengujian yang baku dan sudah bersertifikat standart pengujian bahan insulasi

3. Desain Sistem Pendingin Ruang Muat Kapal Ikan Tradisional Menggunakan Insulasi Dari Sekam Padi (Muhammad Abidin)

- Metodologi :

Pada penelitian ini memodifikasi *cool box* menggunakan sekam padi yang dijadikan sebagai insulasi pada *cool box*. Sebelum dilakukan percobaan , hal pertama yang dilakukan adalah pengujian pada komposisi sekam padi dengan semen putih. Dimana komposisi yang terbaik yang akan dijadikan sebagai insulasi pada *cool box*. Pengujiannya adalah konduktivitas termal, massa jenis, dan uji kekuatan lentur.

- Hasil :

Dalam waktu pendinginan selama 24 jam didapatkan temperatur terendah dari percobaan menggunakan *cool box* berinsulasi sekam padi adalah 13,5 °C. Dan pada percobaan dengan menggunakan *cool box Styrofoam* dengan temperature terendah

10,6 °C. sehingga dapat dilihat bahwa penggunaan semen putih sebagai perekat pada insulasi dari sekam padi tidak lebih baik dari cool box *Styrofoam*.

- Saran :

Nilai konduktivitas termal dari semen putih adalah 0,9 W/mK dan nilai konduktivitas air adalah 0,58 W/mK jadi sangat mempengaruhi nilai konduktivitas termal dari campuran sekam padi dan semen putih disarankan untuk mengganti perekat yang digunakan diantaranya adalah penggunaan lem pvac sebagai perekat

4. Desain Kotak Pendingin pada Kapal Nelayan Tradisional Menggunakan Insulasi Campuran Serbuk Gergaji Kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) dan Jerami (Puteri Ladika Sihombing)

- Metodologi :

Pada penelitian ini dilakukan modifikasi cool box dengan insulasi berbahan dasar campuran serbuk gergaji kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) dan jerami. Dengan menggunakan limbah gergajian kayu sengon dan potongan jerami yang telah dikeringkan serta dilakukan percobaan mengenai komposisi yang tepat untuk pembuatan insulasi, maka dihasilkan berbagai macam variasi insulasi dengan 2 perekat yang berbeda yaitu PVAc dan polyurethane untuk dibandingkan dengan insulasi *styrofoam*.

- Hasil :

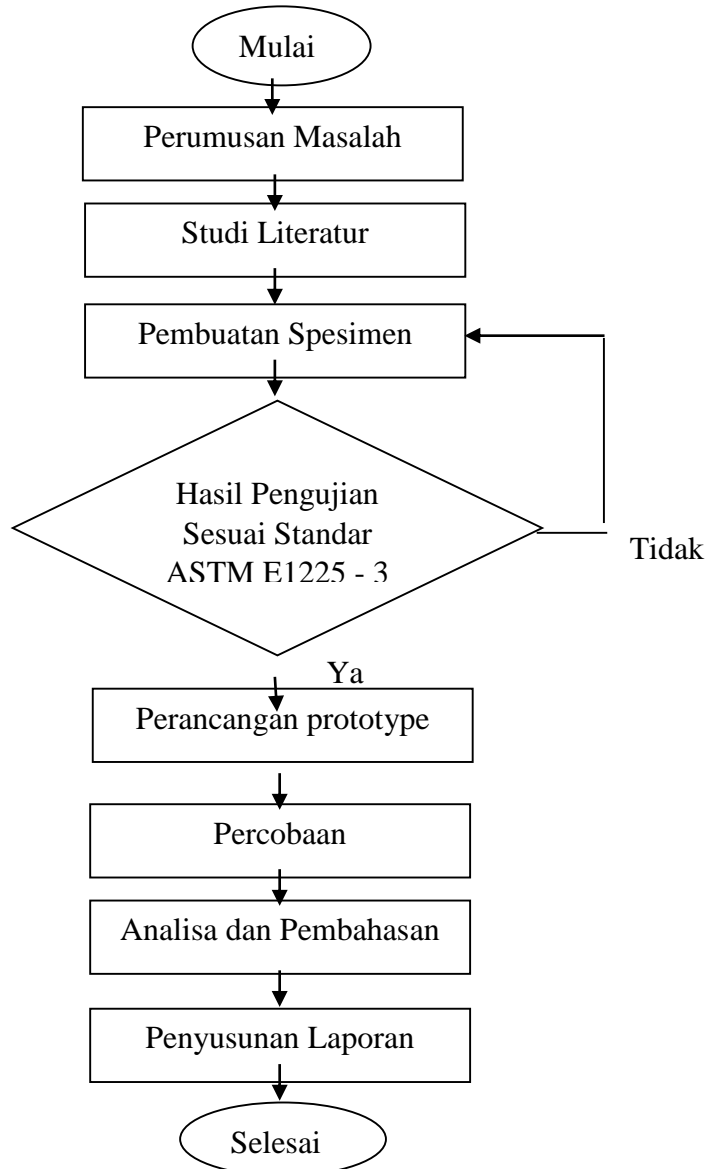
Insulasi dengan bahan dasar campuran serbuk gergaji kayu sengon dan jerami yang digunakan untuk pembuatan *cool box* memiliki kandungan 66% serbuk gergaji kayu sengon, 28% jerami, dan 6% perekat polyurethane. Setelah dilakukan pengujian konduktivitas termal insulasi, maka didapatkan hasil 0,54 W/mK. Insulasi serbuk kayu sengon dan jerami yang dipakai dalam pembuatan *cool box* memiliki massa jenis sebesar 0,38 gr/cm³. Hasil percobaan menunjukkan bahwa *cool box* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon mampu mengawetkan ikan selama 15 jam sedangkan *cool box* dengan insulasi *styrofoam* mampu mengawetkan ikan selama 16 jam dengan massa ikan dan es basah yang sama. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *cool box* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami tidak lebih baik dari *cool box* dengan insulasi *styrofoam*.

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan metode studi pustaka beberapa penelitian sebelumnya guna mengetahui kelebihan dan kekurangan penelitian sebelumnya yang kemudian dijadikan sebagai dasar dari perumusan masalah penelitian. Dari beberapa literatur penelitian yang sudah dibaca oleh penulis, untuk memodifikasi insulasi cool box dapat menggunakan beberapa bahan salah satunya limbah serbuk kayu jati (*Tectona grandis* L.f.) yang merupakan salah satu jenis isolator. Namun penulis berinisiatif untuk menambahkan bahan tambahan berupa serat ampas tebu dengan memberi perlakuan perendaman terhadap alkali yang berupa NaOH dan perlakuan variasi susunan serat yakni serat disusun acak dan disusun lurus. Selain itu peneliti menggunakan perekat jenis polyurethane untuk mengikat bahan material yang diuji. Dari perlakuan dan variasi susunan yang diberikan terhadap bahan uji akan dipilih komposisi bahan uji yang menghasilkan nilai konduktivitas paling kecil yang kemudian akan digunakan sebagai bahan insulasi cool box untuk kemudian dibandingkan dengan insulasi *styrofoam* yang sudah ada.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian merupakan rangka dasar dalam membuat suatu penelitian, mencakup semua kegiatan yang akan dilakukan untuk memecahkan masalah atau untuk melakukan proses dalam menganalisa permasalahan yang ada pada tugas akhir.



Gambar 3. 1 Flowchart Penelitian

3.2 Identifikasi Masalah dan Perumusan Masalah

Proses identifikasi masalah merupakan tahap awal dalam melaksanakan penelitian tugas akhir. Tahap ini merupakan tahap yang paling penting, dimana pada tahap inilah mengapa suatu permasalahan yang ada harus dipecahkan sehingga layak untuk dijadikan bahan kajian tugas akhir. Permasalahan diperoleh dengan jalan melakukan pencarian informasi dan observasi terhadap permasalahan yang sedang terjadi. Permasalahan yang dikaji pada tugas akhir ini yakni permasalahan penggunaan material *styrofoam* sebagai bahan insulasi *Coolbox* yang berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan. Selain itu, permasalahan lain yang terjadi yakni mengenai lama waktu *Coolbox* untuk mempertahankan temperatur agar kualitas ikan yang ditangkap tetap terjaga. Hal lain yang menjadi fokus kajian peneliti yakni pemanfaatan limbah serbuk kayu jati dan serat ampas tebu yang masih jarang digunakan. Dari rumusan masalah tersebut, dibuatlah rekomendasi kotak pendingin yang memanfaatkan limbah serbuk kayu jati dan serat ampas tebu dengan perlakuan susunan serat dan perendaman alkali NaOH pada serat untuk meningkatkan keefektifan *Coolbox*.

3.3 Studi Literatur

Setelah masalah yang akan dikaji dalam tugas akhir ini telah diketahui, maka proses selanjutnya yakni melakukan studi literatur. Tahap studi literatur memiliki maksud dan tujuan untuk meningkatkan pengetahuan, informasi, konsep-konsep dasar, dan mempelajari semua hal yang berkaitan dengan permasalahan yang dikaji. Hal yang berkaitan dengan proses studi literatur ini dapat diperoleh dari beberapa referensi seperti paper, jurnal, buku, internet, ebook, penelitian tugas akhir, dan segala sumber referensi yang berhubungan dengan penelitian. Adapun literatur yang dipelajari dan berkaitan dengan permasalahan dalam tugas akhir ini diantaranya sebagai berikut:

- a. Literatur mengenai kotak pendingin atau *Coolbox*
- b. Literatur mengenai konduktivitas termal material yang meliputi serbuk kayu jati dan serat ampas tebu
- c. Literatur mengenai perlakuan variasi susunan serat material
- d. Literatur mengenai perlakuan perendaman kimia alkali NaOH pada material serat

3.4 Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen dilakukan dengan menggunakan campuran limbah serbuk kayu jati (*Tectona grandis* L.f.) dengan serat ampas tebu (*Saccharum officinarum*). Namun sebelum spesimen dibuat, serat ampas tebu diberi perlakuan kimia berupa perendaman menggunakan larutan alkali NaOH. Tujuan dari pembuatan spesimen ini yakni untuk mengetahui nilai konduktivitas termal material, dan massa jenis material. Adapun tahapan dalam membuat spesimen yakni sebagai berikut :

3.4.1 Persiapan Material Spesimen

Persiapan material spesimen dilakukan sebelum dilakukannya proses pembuatan spesimen uji. Adapun material spesimen yang dipersiapkan berupa serbuk kayu jati, serat ampas tebu, larutan aquades, padatan NaOH teknis, dan perekat polyurethane.

3.4.1.1 Persiapan Serbuk Kayu Jati

Limbah serbuk kayu jati yang digunakan berasal dari limbah proses penggergajian kayu jati atau dapat juga diperoleh dengan membeli serbuk kayu jati yang dijual bebas di pasaran. Serbuk kayu jati yang digunakan harus dipastikan murni tanpa adanya campuran serbuk kayu atau partikel lain. Untuk memastikan serbuk kayu jati benar-benar halus dan murni seperti gambar di bawah, serbuk kayu jati disaring atau diayak menggunakan saringan atau alat pengayak. Setelah serbuk kayu jati sudah benar – benar murni maka selanjutnya serbuk kayu jati tersebut dilakukan proses pengeringan di bawah sinar matahari hingga kering kira – kira selama 10 jam.



Gambar 3. 2 Serbuk Kayu Jati

3.4.1.2 Pembuatan Larutan Alkali NaOH

Pembuatan larutan alkali dilakukan dengan mereaksikan larutan aquades dengan padatan NaOH sesuai dengan variasi kadar yakni 0% (tanpa perendaman larutan alkali NaOH), 15%, dan 30%. Padatan NaOH yang digunakan yakni menggunakan padatan NaOH jenis teknis. Untuk membuat larutan alkali dengan kadar tertentu, diperlukan massa NaOH dengan nilai tertentu. Berikut merupakan rumus yang digunakan untuk menghitung massa NaOH yang dibutuhkan untuk membuat larutan NaOH dengan kadar tertentu.

$$M = \frac{\rho \times 10 \times \%}{Mr} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

M = Molaritas larutan (mol/ liter atau Molar)

ρ = Massa jenis larutan (g/mL)

% = Kadar atau prosentase massa

Mr = Massa molekul relatif zat terlarut

Setelah menghitung nilai molaritas larutan, langkah selanjutnya yakni menghitung berapa nilai mol larutan tersebut. Untuk menghitung nilai mol larutan dapat digunakan persamaan sebagai berikut.

$$n = M \cdot V \quad \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

- n = Mol larutan (mol)
- M = Molaritas larutan (mol/ liter atau Molar)
- V = Volume (liter)

Kemudian setelah diperoleh nilai mol larutan dilanjutkan dengan perhitungan massa NaOH yang dibutuhkan untuk membuat larutan dengan kadar tertentu atau dengan prosentase massa tertentu. Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung massa NaOH tersebut yakni sebagai berikut.

$$m = n \cdot M \quad \dots\dots\dots (4)$$

Dimana :

- m = massa NaOH yang dibutuhkan
- n = Mol larutan (mol)
- M = Molaritas larutan (mol/ liter atau Molar)

Atau dapat juga dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$M = \frac{m \times 1000}{Mr \times V (ml)}$$

$$m = \frac{M \times Mr \times V (ml)}{1000} \quad \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

- M = Molaritas larutan (mol/ liter atau Molar)
- m = massa NaOH yang dibutuhkan (gram)
- Mr = Massa molekul relatif zat terlarut
- V (ml) = Volume larutan dalam mililiter (ml)

Setelah diperoleh hasil perhitungan massa NaOH yang dibutuhkan untuk membuat larutan NaOH dengan kadar tertentu, maka zat terlarut yang berupa NaOH tersebut dilarutkan ke dalam pelarut aquades.



Gambar 3. 3 Gambar Larutan NaOH

3.4.1.3 Persiapan serat ampas tebu (*Saccharum officinarum*)

Sama halnya dengan serbuk kayu jati, serat ampas tebu dapat diperoleh dari limbah pabrik gula atau limbah lain hasil proses pemerasan tanaman tebu. Selain limbah, serat ampas tebu dapat juga diperoleh dengan membeli di pasaran. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan serat ampas tebu kasar yang diperoleh dengan cara membeli pada pabrik gula. Sebelum diberi perlakuan kimia berupa perendaman menggunakan larutan alkali, serat ampas tebu harus dipastikan kering sehingga diperlukan proses pengeringan kurang lebih 2 hari. Setelah serat ampas tebu dipastikan kering barulah ampas tebu dilakukan perendaman ke dalam larutan alkali yang berupa basa kuat yakni natrium hidroksida / sodium hidroksida (NaOH). Tujuan dari proses perendaman dengan larutan alkali NaOH yakni untuk memperbaiki sifat material.



Gambar 3. 4 Gambar Proses Perendaman Serat Kedalam Larutan NaOH

Berikut merupakan langkah untuk melakukan persiapan serat ampas tebu:

1. Menyiapkan alat perendam berupa gelas kimia atau wadah yang tahan panas seperti wadah stainless steel
2. Menyiapkan alat pengaduk
3. Menyiapkan material serat ampas tebu kering
4. Menyiapkan larutan aquades
5. Menyiapkan padatan NaOH

6. Mereaksikan larutan aquades dengan padatan NaOH sesuai variasi kadar yakni 0%, 15%, dan 30%
7. Melakukan proses perendaman serat kedalam larutan NaOH yang telah direaksikan sesuai variasi kadar selama 2 jam
8. Mengeringkan serat ampas tebu hasil perendaman alkali NaOH hingga kering kurang lebih selama 3 hari



Gambar 3. 5 Gambar Serat Hasil Perendaman yang Sudah Dikeringkan

3.4.2 Pembuatan Spesimen Uji

Spesimen uji dibuat guna mengetahui nilai konduktivitas termal material dan massa jenis material yang nantinya spesimen terpilih akan digunakan sebagai rekomendasi pembuatan *Coolbox*. Spesimen uji dibuat dengan memvariasikan komposisi penyusun material, kadar NaOH yang digunakan untuk merendam serat tebu, serta susunan serat yakni susunan serat acak dan serat lurus pada serat tebu. Adapun langkah pembuatan spesimen yakni sebagai berikut:

1. Menyiapkan bahan material berupa limbah serbuk kayu jati (*Tectona grandis* L.f.) dan serat ampas tebu (*Saccharum officinarum*) yang sudah diberi perlakuan kimia berupa perendaman alkali NaOH 0%, 15%, dan 30%
2. Mengukur komposisi bahan material pada langkah (1) menggunakan timbangan digital

Adapun komposisi bahan utama yang digunakan untuk setiap spesimen yakni sebagai berikut :

- Spesimen 1 = 70 gram serbuk kayu jati : 30 gram serat ampas tebu tanpa perendaman NaOH (0%) serat acak
- Spesimen 2 = 70 gram serbuk kayu jati : 30 gram serat ampas tebu dengan perendaman NaOH (15%) serat acak
- Spesimen 3 = 70 gram serbuk kayu jati : 30 gram serat ampas tebu dengan perendaman NaOH (30%) serat acak
- Spesimen 4 = 50 gram serbuk kayu jati : 50 gram serat ampas tebu tanpa perendaman NaOH (0%) serat acak

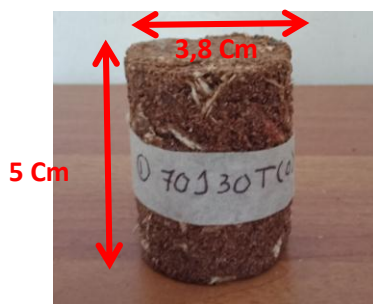
- Spesimen 5 = 50 gram serbuk kayu jati : 50 gram serat ampas tebu dengan perendaman NaOH (15%) serat acak
- Spesimen 6 = 50 gram serbuk kayu jati : 50 gram serat ampas tebu dengan perendaman NaOH (30%) serat acak
- Spesimen 7 = 70 gram serbuk kayu jati : 30 gram serat ampas tebu tanpa perendaman NaOH (0%) serat acak
- Spesimen 8 = 70 gram serbuk kayu jati : 30 gram serat ampas tebu dengan perendaman NaOH (15%) serat acak
- Spesimen 9 = 70 gram serbuk kayu jati : 30 gram serat ampas tebu dengan perendaman NaOH (30%) serat acak
- Spesimen 10 = 70 gram serbuk kayu jati : 30 gram serat ampas tebu tanpa perendaman NaOH (0%) serat lurus
- Spesimen 11 = 70 gram serbuk kayu jati : 30 gram serat ampas tebu dengan perendaman NaOH (15%) serat lurus
- Spesimen 12 = 70 gram serbuk kayu jati : 30 gram serat ampas tebu dengan perendaman NaOH (30%) serat lurus
- Spesimen 13 = 50 gram serbuk kayu jati : 50 gram serat ampas tebu tanpa perendaman NaOH (0%) serat lurus
- Spesimen 14 = 50 gram serbuk kayu jati : 50 gram serat ampas tebu dengan perendaman NaOH (15%) serat lurus
- Spesimen 15 = 50 gram serbuk kayu jati : 50 gram serat ampas tebu dengan perendaman NaOH (30%) serat lurus
- Spesimen 16 = 70 gram serbuk kayu jati : 30 gram serat ampas tebu tanpa perendaman NaOH (0%) serat lurus
- Spesimen 17 = 70 gram serbuk kayu jati : 30 gram serat ampas tebu dengan perendaman NaOH (15%) serat lurus
- Spesimen 18 = 70 gram serbuk kayu jati : 30 gram serat ampas tebu dengan perendaman NaOH (30%) serat lurus



Gambar 3. 6 Gambar Pengkomposisian Spesimen

3. Mencampur bahan utama dengan perekat polyurethane sesuai dengan ketentuan
4. Membentuk spesimen sesuai cetakan

Spesimen dibentuk sesuai cetakan yang terbuat dari pipa PVC berdiameter 3,8 cm dan tinggi 5 cm. Spesimen yang sudah dikomposisikan dan dicampur dengan polyurethane sebanyak 27 ml dan dimasukkan ke dalam cetakan selama kurang lebih 2 menit kemudian dikeluarkan dari cetakan. Ukuran spesimen yang digunakan untuk pengujian konduktivitas termal dan massa jenis disesuaikan dengan standard yang ditentukan oleh Laboraturium Perpindahan Panas, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Ukuran yang ditentukan yakni diameter spesimen sebesar 45-50 mm dan tinggi spesimen sebesar 50 mm seperti pada Gambar 3.7.



Gambar 3. 7 Gambar Ukuran Spesimen

Namun pada penelitian ini peneliti mengalami suatu kendala saat proses pembentukan spesimen uji. Kendala tersebut dialami saat proses pembentukan spesimen variasi serat lurus. Untuk membentuk spesimen sesuai cetakan dengan mempertahankan susunan serat agar tetap lurus sangatlah sulit. Peneliti sudah berusaha mencoba berulang kali membuat spesimen untuk variasi serat lurus baik dengan mengatur serat dalam posisi horizontal namun saat spesimen dikeluarkan dari cetakan selalu pecah, selain itu peneliti juga mencoba mengatur serat dalam posisi vertikal namun saat ditambahkan material berupa serbuk kayu jati, serat yang dipertahankan lurus menjadi tidak beraturan dan menjadi serat acak. Sehingga peneliti tidak melakukan pengukuran nilai konduktivitas dan massa jenis pada spesimen variasi susunan serat lurus dikarenakan metode pembuatan yang susah serta alat uji yang kurang mendukung (spesimen 10 hingga spesimen 18 sukar dibuat). Namun agar tetap diperoleh hasil penelitian mengenai variasi susunan serat lurus, peneliti langsung melakukan proses pembuatan prototipe atau model *Coolbox* tanpa melakukan pengujian nilai konduktivitas termal spesimen. Untuk data komposisi dan perlakuan perendaman alkali NaOH yang digunakan saat proses pembuatan prototipe *Coolbox* variasi susunan serat lurus yakni menggunakan data komposisi dan perlakuan perendaman alkali NaOH yang paling optimal pada spesimen variasi serat acak setelah dilakukan proses penilaian.

5. Mengeringkan spesimen hingga kering

3.5 Pengujian Spesimen

Pengujian spesimen pada tahap ini meliputi pengujian massa jenis dan pengujian konduktivitas termal. Pengujian massa jenis dilakukan dengan melakukan perhitungan menggunakan rumus. Sedangkan pengujian konduktivitas termal dilakukan dengan menggunakan metode *steady state* yang merujuk pada standar ASTM E1225 – 3 menggunakan alat uji konduktivitas termal yang berada di Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Setelah spesimen diuji barulah spesimen dilakukan penilaian dan pembobotan sebagai bahan pertimbangan pemilihan spesimen mana yang paling optimal.

3.5.1 Pengujian Massa Jenis Spesimen

Massa jenis merupakan perbandingan pengukuran massa dengan satuan volume benda. Semakin besar nilai massa jenis suatu material maka akan semakin besar pula nilai massa material untuk tiap satuan volumenya. Untuk benda yang terdiri atas beberapa campuran material maka massa jenis rata – ratanya yakni massa total material dibagi dengan volumenya. Berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung massa jenis suatu benda.

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

Dimana :

ρ = massa jenis benda (gr/cm³)

m = massa benda (gr)

V = volume (cm³)

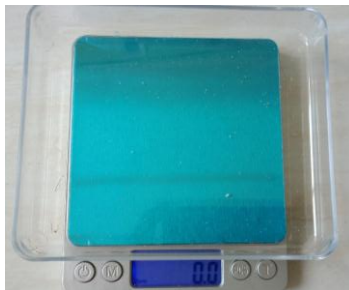
Dikarenakan spesimen uji yang digunakan memiliki bentuk silinder maka untuk menghitung nilai volume dapat dihitung dengan mengalikan luas penampang spesimen yang berbentuk lingkaran dengan tinggi spesimen. Berikut merupakan langkah – langkah untuk melakukan pengujian massa jenis spesimen.

1. Menyiapkan spesimen dengan diameter 3,8 cm dan tinggi 5 cm seperti gambar 3.8



Gambar 3. 8 Gambar Spesimen yang Sudah Dicetak

2. Menimbang spesimen menggunakan timbangan digital



Gambar 3. 9 Gambar Timbangan Digital

3. Mencatat hasil pengukuran massa spesimen
4. Mengukur dimensi spesimen dengan menggunakan jangka sorong
5. Menghitung besaran volume spesimen berdasarkan data yang diperoleh pada langkah (4)
6. Menghitung massa jenis menggunakan persamaan
7. Mencatat hasil perhitungan massa jenis

3.5.2 Pengujian Konduktivitas Termal Spesimen

Untuk menguji nilai konduktivitas termal spesimen, peneliti melakukan pengujian di Laboraturium Perpindahan Panas, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tanggal 8 Oktober hingga 20 Oktober 2018 dengan menggunakan standard pengujian ASTM E1225. Terdapat 3 tahapan yang harus dilakukan dalam proses pengujian konduktivitas termal spesimen yakni sebagai berikut:

1. Tahap Persiapan Spesimen

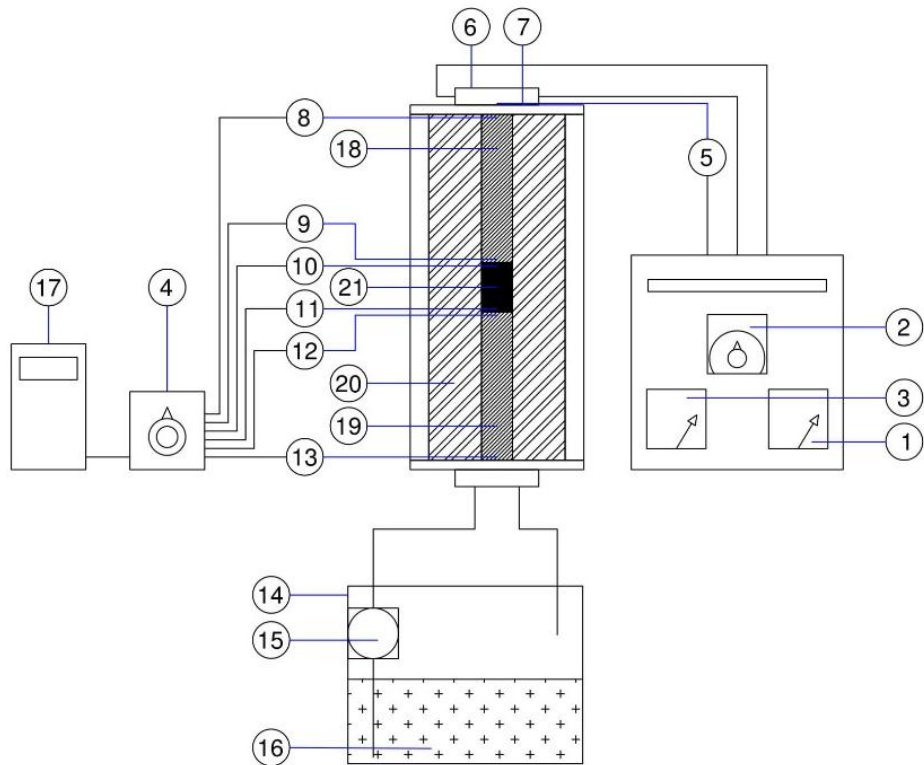
Spesimen yang digunakan pada pengujian ini yakni spesimen yang telah disiapkan pada tahap sebelumnya yang berupa spesimen dengan variasi susunan serat acak yang telah dilakukan proses pengkomposisian material dan dilakukan proses perendaman dengan menggunakan larutan alkali NaOH. Adapun nomor spesimen yang akan diuji yakni spesimen dengan nomor 1 hingga 9. Spesimen 10 hingga 18 tidak dilakukan pengujian dikarenakan proses pembuatan spesimen yang sulit. Pada spesimen 10 hingga 18, untuk mempertahankan susunan serat agar tetap dalam kondisi lurus sangat susah terlebih cetakan serat harus berbentuk silinder dengan permukaan alas dan permukaan atas yang rata. Tujuan pembuatan permukaan dibuat rata yakni agar spesimen dapat berkontak langsung dengan kedua logam tembaga yang berfungsi menyalurkan perpindahan panas.



Gambar 3. 10 Gambar Spesimen yang Akan Dilakukan Pengujian

2. Tahap Persiapan Alat

- a. Menyiapkan sarung tangan sebagai perlengkapan dan tindakan keselamatan diri.
- b. Memastikan sistem peralatan uji konduksi termal telah terinstalasi dengan baik dan benar sesuai dengan skema instalasi peralatan konduksi.



Gambar 3. 11 Gambar Instalasi Rangkaian Peralatan Uji Konduksi

Keterangan :

1. Amperemeter
2. Thermocouple selector
3. Setpoint adjuster
4. Voltmeter
5. Thermocontrol
6. Thermocouple 1 (TC 1)
7. Thermocouple 2 (TC 2)
8. Thermocouple 3 (TC 3)
9. Thermocouple 4 (TC 4)
10. Thermocouple 5 (TC 5)
11. Thermocouple 6 (TC 6)
12. Pompa

13. Thermocontrol referensi
 14. Elemen pemanas
 15. Logam perantara 1
 16. Spesimen
 17. Isolator
 18. Logam perantara 2
 19. Penampung air
- c. Memastikan *voltage regulator* bernilai 0 volt dan *set point thermocontrol* pada nilai 0 °C.
 - d. Thermocouple dipastikan terpasang baik dengan mengecek nilai yang ditujukan pada display digital thermocouple. Apabila nilai *temperature* yang relevan tidak ditampilkan pada digital thermocouple, pemasangan thermocouple dicek kembali pada spesimen atau kabel penghantar antara thermocouple selector dan thermometer digital diatur.
 - e. Thermocouple dipasang pada spesimen pada system peralatan uji konduksi, ditutup, dan isolator dirapatkan. Kemudian pemasangan heater dikencangkan dengan logam penghantar pada bagian atas *system* peralatan uji konduksi.
 - f. Thermocouple referensi dipasang pada *heater*.
 - g. Pembacaan *temperature* pada digital thermocouple dicek kembali. Apabila nilai *temperature* yang relevan tidak ditampilkan pada digital thermocouple, langkah yang harus dilakukan yakni mengulangi mulai dari langkah pertama.



Gambar 3. 12 *Gambar Pemasangan Spesimen pada Alat Uji*

3. Tahap pengambilan data
 - a. Tegangan pada *voltage regulator* diatur menjadi 220 volt.
 - b. Pompa dipastikan dapat mensirkulasikan air pendinginan dengan baik.

- c. Thermocontrol dinyalakan dengan menekan saklar tegangan thermocontrol pada posisi ON.
- d. Set point thermocontrol diatur pada nilai 100 °C.
- e. Data pertama siap diambil pada menit ke-120 dan data kedua hingga kelima diambil dengan waktu tunggu 10 menit setelah pengambilan data sebelumnya.
- f. Setelah data selesai diambil, set point thermocontrol diatur pada nilai 0 °C dan thermocontrol dimatikan dengan menekan saklar tegangan thermocontrol pada posisi OFF.
- g. Voltage regulator dimatikan dengan mengatur tegangannya pada nilai 0 volt.
- h. Kabel supply pada pompa dimatikan.
- i. Sistem peralatan uji konduktivitas termal dikembalikan dan dirapikan pada kondisi semula.

3.6 Pembuatan Prototype

Dalam proses pembuatan prototipe *Coolbox*, langkah yang harus dilakukan pertama kali yakni pemilihan spesimen paling optimal pada masing – masing variasi susunan serat. Setelah spesimen dengan kriteria paling optimal dipilih barulah kemudian prototipe *Coolbox* dapat dibuat.

3.6.1 Pemilihan Spesimen

Dikarenakan pada penelitian ini peneliti mengalami kesulitan dalam pembuatan spesimen variasi serat lurus maka untuk membuat prototipe *Coolbox* spesimen terpilih menggunakan data hasil pemilihan pada spesimen variasi serat acak. Sehingga pemilihan hanya dilakukan pada spesimen pertama hingga spesimen ke sembilan. Pemilihan spesimen dilakukan dengan memberi ranking atau peringkat pada setiap spesimen berdasarkan data hasil pengujian. Data hasil pengujian yang digunakan digunakan sebagai parameter yakni data hasil pengujian massa jenis, hasil pengujian konduktivitas termal, data analisa kebutuhan ekonomi untuk setiap spesimen serta data analisa tingkat kemudahan pembuatan spesimen. Setelah dilakukan pemberian ranking atau peringkat kemudian dilakukan proses skoring. Spesimen dengan ranking paling tinggi memiliki skor paling tinggi, begitupula sebaliknya spesimen dengan ranking paling rendah memiliki skor paling rendah. Setelah dilakukan proses skoring baru kemudian dilakukan proses penilaian. Penilaian dilakukan dengan membagi skor dengan jumlah spesimen. Hasil dari proses penilaian tersebut akan dikalikan dengan prosentase bobot untuk setiap parameter. Adapun bobot untuk setiap parameter yakni:

1. Konduktivitas termal spesimen sebesar 50%
2. Massa jenis spesimen 20%
3. Kemudahan pembuatan spesimen 5%
4. Kebutuhan ekonomi setiap spesimen 25%

Konduktivitas termal spesimen memiliki bobot terbesar dikarenakan konduktivitas termal merupakan parameter yang paling utama dari segi teknis yang akan mempengaruhi sifat isolator pada insulasi. Semakin kecil nilai dari konduktivitas termal

maka proses untuk menahan atau menghambat panas akan semakin baik sehingga bobot pada parameter ini yakni 50%. Walaupun sama – sama merupakan parameter dari segi teknis, massa jenis dan kemudahan pembuatan memiliki sedikit pengaruh dibandingkan dengan konduktivitas termal sehingga massa jenis dan kemudahan pembuatan diberi bobot masing – masing sebesar 20% dan 5%. Selain dari segi teknis, parameter dari segi ekonomis juga diperhitungkan. Dari segi kebutuhan ekonomi, untuk melakukan pembuatan spesimen dibutuhkan biaya yang berbeda pada setiap spesimen dikarenakan spesimen dibuat berdasarkan variasi perendaman kadar alkali yang berbeda sehingga mengakibatkan jumlah massa NaOH yang harus ditambahkan juga berbeda. Selain itu, bobot pada parameter ini dibuat 25% dikarenakan tujuan dari penelitian ini salah satunya yakni meningkatkan tingkat perekonomian nelayan sehingga parameter ini dibuat memiliki bobot yang lumayan besar. Setelah dilakukan pembobotan barulah hasil penilaian yang telah diberikan dikalikan dengan bobot parameter untuk kemudian dipilih spesimen mana yang memiliki nilai prosentase tertinggi. Nilai prosentase spesimen yang paling tinggi dijadikan sebagai rekomendasi pemilihan material *Coolbox*.

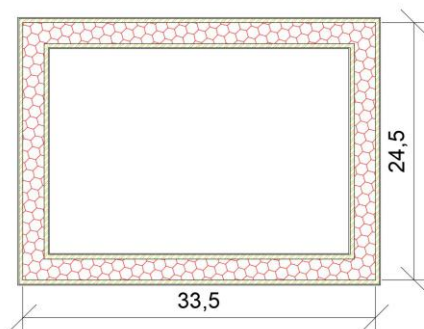
3.6.2 Pembuatan *Coolbox*

Setelah dipilih spesimen dengan nilai prosentase tertinggi, maka spesimen tersebutlah yang dijadikan sebagai rekomendasi pembuatan prototipe *Coolbox*. Pembuatan prototype dilakukan sebagai tempat atau media insulasi cool box dengan dimensi sebagai berikut:

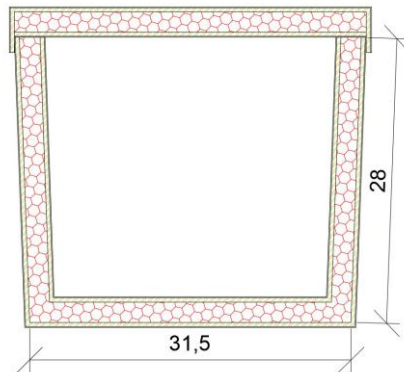
Panjang : 33,5 cm

Lebar : 24,5 cm

Tinggi : 27 cm

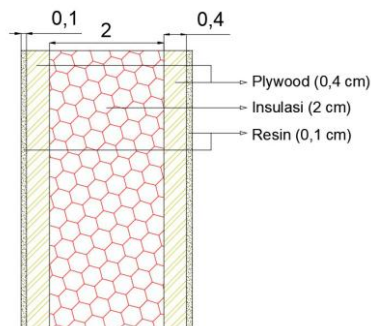


Gambar 3. 13 Gambar Ilustrasi Potongan Tampak Atas



Gambar 3. 14 Gambar Ilustrasi Potongan Tampak Samping

Dimensi yang direncanakan sudah disesuaikan dengan ukuran dimensi *Coolbox* berbahan *styrofoam* yang dijual bebas di pasaran. *Coolbox* berbahan dasar *styrofoam* dijadikan sebagai acuan perbandingan *Coolbox* pada penelitian ini dikarenakan saat ini *Coolbox* berbahan dasar *styrofoam*lah yang paling banyak digunakan dikarenakan performanya yang baik dan harga yang relatif terjangkau. Sedangkan untuk dimensi material insulasi akan dibuat dan diberi perlakuan seperti gambar 3.15 berikut:



Gambar 3. 15 Gambar Ilustrasi Lapisan Material Insulasi *Coolbox*

Pada dinding *Coolbox*, material insulasi akan dilapisi kayu lapis (plywood) dan resin. Resin akan dijadikan sebagai lapisan terluar dari dinding *Coolbox*, sedangkan plywood akan dijadikan sebagai lapisan di dalam insulasi. Ketebalan untuk resin dan plywood masing – masing yakni 1 mm dan 4 mm. Sedangkan tebal material insulasi yakni 2 cm. Pada penelitian ini, *Coolbox styrofoam* diberi perlakuan sama seperti *Coolbox* yang diteliti dengan maksud dan tujuan tidak ada ketimpangan pada data hasil penelitian.

3.7 Pelaksanaan Percobaan

Pada penelitian ini, percobaan dilakukan dengan membandingkan performansi antara cool box dengan komposisi terpilih untuk serat acak maupun serat lurus dengan performansi *Coolbox* berbahan dasar *styrofoam*. Ketiga *Coolbox* akan diberi perlakuan sama dengan yakni dengan diberi lapisan plywood dan resin seperti yang dijelaskan pada

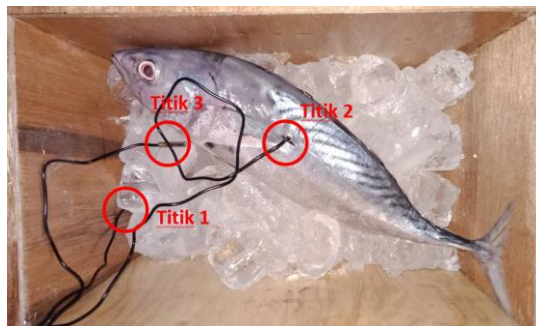
sub bab sebelumnya. Pada percobaan yang dilakukan, ikan laut yang berupa ikan tongkol dengan massa kurang lebih 500 gram akan dijadikan sebagai beban pendinginan ke dalam *Coolbox* yang berisikan serpihan es dengan massa 2,5 kilogram. Untuk membandingkan performansi ketiga *Coolbox* tersebut maka akan dilakukan percobaan dan observasi terhadap beberapa parameter, diantaranya:

a. Waktu pendinginan

Waktu pendinginan yang diobservasi yakni lamanya waktu cool box yang berisi ikan dan es basah mencapai temperatur 20°C . Alasan pemilihan capaian temperatur 20°C dikarenakan pada temperatur inilah ikan dapat dikatakan dalam kondisi segar.

b. Temperatur terendah yang dicapai masing – masing *Coolbox*.

Observasi yang dilakukan yakni nilai temperatur terendah yang dicapai cool box dalam waktu 24 jam dengan rentang waktu pengambilan data setiap 30 menit sekali. Observasi dilakukan dengan mengamati temperatur pada beberapa titik pengamatan yakni titik pertama yang berada di bawah permukaan es basah, titik kedua di dalam badan ikan, dan titik ketiga pada ruang dalam cool box. Selain ketiga titik tersebut juga dilakukan pengambilan data berupa data temperatur lingkungan setiap 30 menit sekali.



Gambar 3. 16 Gambar Peletakan Titik

3.8 Analisa Data

Setelah percobaan telah selesai dan diperoleh data percobaan, maka tahap selanjutnya yakni tahap analisa data. Tujuan analisa data yakni untuk mengetahui hasil percobaan, kekurangan percobaan agar dapat terus dikembangkan dan memiliki manfaat yang besar. Analisa data didasarkan pada parameter percobaan yakni lama waktu pendinginan maksimal dan temperatur terendah yang dicapai selama proses pendinginan ketiga *Coolbox*. Dalam proses menganalisa data percobaan, waktu pendinginan maksimal pada ketiga *Coolbox* diberi batasan berupa capaian temperatur ruang *Coolbox* berada pada temperatur 20°C dan pengambilan data dilakukan setiap 30 menit sekali. Sedangkan analisa data mengenai temperatur terendah yang mampu dicapai *Coolbox* akan dilakukan selama 24 jam dengan proses pengambilan data setiap 30 menit sekali untuk setiap *Coolbox*. Pada penelitian ini, analisis dilakukan berdasarkan waktu pendinginan

maksimal dan temperatur terendah yang dicapai selama proses pendinginan baik dari cool box yang telah dimodifikasi dan cool box berbahan *styrofoam* atau gabus.

3.9 Penyusunan Laporan

Penyusunan laporan merupakan tahapan terakhir, dimana laporan ini berisi tentang segala hal yang telah dilaksanakan pada tahap sebelumnya guna memberikan solusi baru. Sedangkan tujuan dari penyusunan laporan ini sendiri yakni untuk melaporkan segala kegiatan yang telah dilaksanakan mulai dari awal hingga akhir dengan sebaik mungkin.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil dan Pembahasan Perlakuan Kimia Serat

Serat ampas tebu mengandung lignin 22,09% dan selulosa 37,65%. Lignin ($C_9H_{10}O_2(OCH_3)_n$) merupakan salah satu komponen penyusun tanaman yang tidak larut dalam air dan stabil di alam dan bertindak sebagai lem atau perekat yang menghubungkan selulosa dengan hemiselulosa. Sedangkan selulosa merupakan suatu polisakarida dengan rumus kimia seperti pati yakni $(C_6H_{10}O_5)_n$ yang tidak larut dalam air dan tidak mudah didegradasi secara kimia maupun secara mekanis. Serat alami memiliki sifat hidrofilik sehingga menyebabkan gaya adhesi antara serat dan matriks bernilai rendah. Untuk mengoptimalkan sifat selulosa serta meningkatkan gaya adhesi antara serat dengan matriks polimer maka diperlukan perlakuan baik fisik maupun kimia. Perlakuan kimia pada serat dapat mengubah struktur fisik maupun struktur kimia dari permukaan serat. Salah satu proses perlakuan kimia adalah alkalisasi yang merupakan metode yang paling banyak digunakan untuk menghilangkan kandungan lignin dan minyak yang menutupi permukaan luar serat. Dampak yang ditimbulkan dengan dilakukannya perlakuan alkalisasi yakni berubahnya ikatan hidrogen dalam struktur jaringan serat yang mengakibatkan permukaan serat menjadi kasar sehingga dapat mengurangi nilai konduktivitas thermal pada serat alami.

Pada penelitian ini proses alkalisasi dilakukan dengan melakukan perendaman serat pada larutan alkali berupa larutan NaOH. Alasan pemilihan NaOH yakni selain banyak digunakan pada skala industri karena harganya relatif murah juga karena NaOH merupakan larutan basa kuat yang tergolong mudah larut dalam air dan dapat terionisasi sempurna. Na^+ dalam larutan NaOH memiliki sifat reaktif dan memiliki diameter partikel yang sangat kecil (dapat masuk ke dalam pori terkecil serat) sehingga dapat melepaskan kontaminan berupa lignin dan minyak lebih baik dibandingkan larutan alkali lainnya. Selain itu, pada penelitian ini menggunakan 3 variabel dalam perlakuan kimia seratnya yakni tanpa perendaman larutan alkali NaOH (0%), perendaman serat dalam larutan alkali NaOH 15%, serta perendaman serat dalam larutan alkali NaOH 30%. Untuk merendam serat ampas tebu ke dalam 500 ml NaOH 15% maupun NaOH 30% diperlukan perhitungan jumlah massa NaOH dikarenakan pada penelitian ini larutan NaOH dibuat dengan melarutkan NaOH teknis yang berbentuk padat ke dalam pelarut berupa aquades. Berikut merupakan perhitungan jumlah massa NaOH yang hendak dilarutkan ke dalam pelarut aquades 500 ml:

$$\text{Volume aquades (v)} = 500 \text{ ml} = 0,5 \text{ liter}$$

$$\text{Massa jenis NaOH } (\rho) = 2,13 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Massa molekul relatif NaOH (Mr)} = 40$$

a. Larutan NaOH 15%

$$\begin{aligned} \text{\% massa} &= 15 \\ &= \frac{\rho \times 10 \times \%}{Mr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Molaritas (M)} &= \frac{2,13 \times 10 \times 15}{40} \\ M &= 7,9875 \text{ M} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mol (n) NaOH} &= M \times v \\ &= 7,9875 \times 0,5 \\ &= 3,99375 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa NaOH} &= n \times Mr \\ &= 3,99375 \times 40 \\ &= 159,75 \text{ gram} \end{aligned}$$

Atau dapat juga dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} \text{Massa NaOH} &= \frac{M \times Mr \times V \text{ (ml)}}{1000} \\ &= \frac{7,9875 \times 40 \times 500}{1000} \\ &= 159,75 \text{ gram} \end{aligned}$$

Sehingga untuk membuat larutan NaOH 15% ke dalam 500 ml pelarut aquades dibutuhkan massa NaOH sebanyak 159,75 gram.

b. Larutan NaOH 30%

$$\begin{aligned} \% \text{ massa} &= 30 \\ \text{Molaritas (M)} &= \frac{\rho \times 10 \times \%}{Mr} \\ M &= \frac{2,13 \times 10 \times 30}{40} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 15,975 \text{ M} \\ \text{Mol (n) NaOH} &= M \times v \\ &= 15,975 \times 0,5 \\ &= 7,9875 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa NaOH} &= n \times Mr \\ &= 7,9875 \times 40 \\ &= 319,5 \text{ gram} \end{aligned}$$

Atau dapat juga dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} \text{Massa NaOH} &= \frac{M \times Mr \times V \text{ (ml)}}{1000} \\ &= \frac{15,975 \times 40 \times 500}{1000} \\ &= 319,5 \text{ gram} \end{aligned}$$

Sehingga untuk membuat larutan NaOH 30% ke dalam 500 ml pelarut aquades dibutuhkan massa NaOH sebanyak 319,5 gram.

Setelah diperoleh massa NaOH untuk setiap variabel kemudian hal yang dilakukan yakni melarutkan massa NaOH tersebut ke dalam pelarut berupa aquades. Setelah proses pelarutan NaOH ke dalam aquades selesai baru kemudian serat ampas tebu direndam selama 2 jam. Serat hasil perendaman tersebut dikeringkan hingga kurang lebih 3 hari di bawah sinar matahari.



Gambar 4. 1 Aquades dan Larutan NaOH



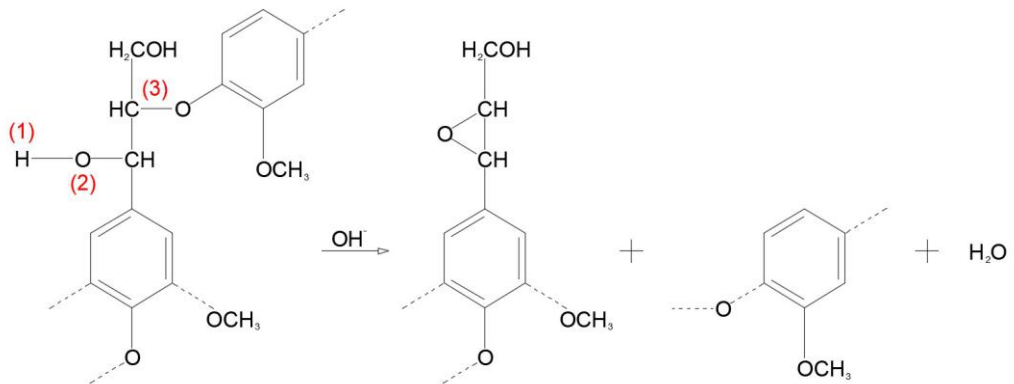
Gambar 4. 2 Proses Perendaman Serat Kedalam Larutan NaOH



Gambar 4. 3 Serat Hasil Perendaman yang Sudah Dikeringkan

Dapat dilihat pada gambar 4.3 perbedaan dari ketiga serat tersebut baik secara fisik maupun secara kimia di dalamnya. Secara fisik, tampak sekali perbedaan baik dari segi warna maupun bentuk serat. Serat yang telah direndam dengan menggunakan larutan NaOH 15% maupun NaOH 30% memiliki warna yang lebih gelap, memiliki bentuk yang lebih teratur, serta memiliki diameter yang lebih kecil dibandingkan serat tanpa proses perendaman. Hal ini dikarenakan terjadi perubahan struktur kimia di dalam serat. Proses alkalisasi di dalam serat akan memunculkan selulosa dan menghilangkan pengotor pada permukaan serat alam yang berupa lignin sehingga dapat memperbaiki sifat mekanis serat dan mengurangi nilai konduktivitas termal

material serat. Berikut merupakan reaksi yang terjadi selama proses alkalisasi berlangsung yang ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 4. 4 Reaksi pada Proses Alkalisasi

Gambar 4.4 menunjukkan reaksi yang terjadi saat proses alkalisasi berlangsung, lignin bereaksi dengan larutan NaOH yang terdisosiasi menjadi Na^+ dan OH^- . Ion OH^- bereaksi dengan gugus H pada lignin kemudian membentuk H_2O . Hal ini menyebabkan gugus O menjadi radikal bebas dan reaktif terhadap C membentuk cincin epoksi (C-O-C) sehingga mengakibatkan serangkaian gugus melepaskan ikatan pada gugus O dan menghasilkan dua buah cincin benzena yang terpisah. Kedua cincin benzena tersebut masing – masing memiliki gugus O yang reaktif dan bereaksi dengan Na^+ kemudian ikut larut dalam larutan basa sehingga lignin hilang apabila dibilas serta diameter serat menjadi ikut berkurang.

4.2 Hasil dan Pembahasan Pembuatan Spesimen

Dalam pembuatan kotak pendingin, pembuatan spesimen perlu dilakukan guna mengetahui data berupa nilai hasil pengujian. Pada penelitian ini, pengujian yang dilakukan berupa pengujian massa jenis dan pengujian konduktivitas termal material insulasi. Bahan material pembuatan insulasi pada penelitian ini berupa campuran limbah serbuk kayu jati (*Tectona grandis* L.f.) dengan serat ampas tebu (*Saccharum officinarum*) yang telah diberi perlakuan kimia berupa perendaman alkali NaOH dan dilakukan perlakuan variasi susunan serat. Komposisi material terpilih dari penelitian ini nantinya akan digunakan sebagai bahan material insulasi kotak pendingin. Dikarenakan pada penelitian ini menggunakan dua variasi susunan serat maka hasil dan pembahasan akan dibedakan berdasarkan jenis susunan seratnya yakni hasil dan pembahasan pembuatan spesimen dengan variasi susunan serat acak serta hasil dan pembahasan pembuatan spesimen dengan variasi susunan serat lurus.

4.2.1 Hasil dan Pembahasan Pembuatan Spesimen Serat Acak



Gambar 4. 5 Spesimen Serat Acak

Gambar 4.5 merupakan gambar spesimen dengan variasi susunan serat acak. Tampak perbedaan baik tekstur dari kesembilan spesimen dikarenakan komposisi masing – masing spesimen dan perlakuan kimia masing – masing spesimen juga berbeda.

1. Spesimen 1



Gambar 4. 6 Spesimen 1

Spesimen 1 dibuat dengan mengkomposisikan 70% serbuk kayu jati dengan 30% serat ampas tebu tanpa perendaman alkali NaOH dengan variasi susunan serat acak. Pembuatan spesimen 1 memiliki tingkat kesulitan pembuatan spesimen yang lebih sulit dikarenakan serat ampas tebu tidak dilakukan perendaman menggunakan alkali NaOH sehingga mengakibatkan diameter dari serat masih tetap besar dan bentuk dari serat tidak teratur. Akibatnya saat spesimen yang sudah dikomposisikan dan dilakukan penambahan bahan perekat berupa polyurethane, bentuk spesimen yang dikeluarkan dari cetakan sedikit tidak teratur.

2. Spesimen 2



Gambar 4. 7 Spesimen 2

Spesimen 2 dibuat dengan mengkomposisikan 70% serbuk kayu jati dengan 30% serat ampas tebu yang telah dilakukan perendaman alkali NaOH 15% dengan variasi susunan serat acak yang kemudian dilakukan penambahan bahan perekat berupa polyurethane. Pembuatan spesimen 2 memiliki tingkat kesulitan pembuatan spesimen yang lebih rendah dibandingkan spesimen 1 dikarenakan serat ampas telah dilakukan proses perendaman dengan menggunakan alkali NaOH 15% sehingga mengakibatkan diameter dari serat berkurang dan bentuk dari serat menjadi teratur.

3. Spesimen 3



Gambar 4. 8 Spesimen 3

Sama halnya dengan spesimen 1 dan 2, spesimen 3 dibuat dengan mengkomposisikan 70% serbuk kayu jati dengan 30%. Namun serat ampas tebu dilakukan perendaman terlebih dahulu kedalam larutan alkali NaOH 30% dan seratnya disusun secara acak kemudian dilakukan penambahan bahan perekat berupa polyurethane. Pembuatan spesimen 3 memiliki tingkat kesulitan pembuatan spesimen yang lebih rendah dibandingkan spesimen 1 namun sedikit lebih sulit dibandingkan spesimen 2 dikarenakan serat ampas tebu yang telah dilakukan proses perendaman dengan menggunakan alkali NaOH 30% mengakibatkan diameter dari serat berkurang dan bentuk dari serat menjadi teratur namun sedikit berair dan lembab.

4. Spesimen 4



Gambar 4. 9 Spesimen 4

Spesimen 4 dibuat dengan mengkomposisikan 50% serbuk kayu jati dengan 50% serat ampas tebu tanpa perendaman alkali NaOH dengan variasi susunan serat acak. Pembuatan spesimen 4 memiliki tingkat kesulitan pembuatan spesimen yang lebih sulit dibandingkan spesimen 1 walaupun sama – sama tidak dilakukan perendaman alkali NaOH dan lebih sulit dibandingkan spesimen 5 dan 6 dikarenakan serat ampas tebu tanpa perendaman alkali NaOH memiliki karakter diameter serat yang masih tetap (tidak berkurang) dan bentuk serat tidak teratur. Akibatnya saat spesimen yang sudah dikomposisikan dan dilakukan penambahan bahan perekat berupa polyurethane, bentuk spesimen yang dikeluarkan dari cetakan sedikit tidak teratur.

5. Spesimen 5



Gambar 4. 10 Spesimen 5

Spesimen 5 dibuat dengan mengkomposisikan 50% serbuk kayu jati dengan 50% serat ampas tebu yang telah dilakukan perendaman alkali NaOH 15% dengan variasi susunan serat acak yang kemudian dilakukan penambahan bahan perekat berupa polyurethane. Pembuatan spesimen 5 memiliki tingkat kesulitan pembuatan spesimen yang lebih rendah dibandingkan spesimen 4 dikarenakan serat ampas telah dilakukan proses perendaman dengan menggunakan alkali NaOH 15% sehingga mengakibatkan diameter dari serat berkurang dan bentuk dari serat menjadi teratur.

6. Spesimen 6



Gambar 4. 11 Spesimen 6

Sama halnya dengan pesimen 4 dan 5, spesimen 6 dibuat dengan mengkomposisikan 50% serbuk kayu jati dengan 50% serat ampas tebu yang telah dilakukan perendaman alkali NaOH 30%. Namun serat ampas tebu dilakukan perendaman terlebih dahulu kedalam larutan alkali NaOH 30% dan seratnya disusun secara acak kemudian dilakukan penambahan bahan perekat berupa polyurethane. Pembuatan spesimen 6 memiliki tingkat kesulitan pembuatan spesimen yang lebih rendah dibandingkan spesimen 4 namun sedikit lebih sulit dibandingkan spesimen 5 dikarenakan serat ampas tebu yang telah dilakukan proses perendaman dengan menggunakan alkali NaOH 30% mengakibatkan diameter dari serat berkurang dan bentuk dari serat menjadi teratur namun sedikit berair dan lembab.

7. Spesimen 7



Gambar 4. 12 Spesimen 7

Spesimen 7 dibuat dengan mengkomposisikan 30% serbuk kayu jati dengan 70% serat ampas tebu tanpa perendaman alkali NaOH dengan variasi susunan serat acak. Pembuatan spesimen 7 memiliki tingkat kesulitan pembuatan spesimen yang lebih sulit dibandingkan spesimen 1 dan 4 walaupun sama – sama tidak dilakukan perendaman alkali NaOH dan lebih sulit dibandingkan spesimen 8 dan 9 dikarenakan serat ampas tebu tanpa perendaman alkali NaOH memiliki karakter diameter serat yang masih tetap (tidak berkurang) dan bentuk serat tidak teratur. Akibatnya saat spesimen yang sudah dikomposisikan dan dilakukan penambahan bahan perekat berupa polyurethane, bentuk spesimen yang dikeluarkan dari cetakan sedikit tidak teratur.

8. Spesimen 8



Gambar 4. 13 Spesimen 8

Spesimen 8 dibuat dengan mengkomposisikan 30% serbuk kayu jati dengan 70% serat ampas tebu yang telah dilakukan perendaman alkali NaOH 15% dengan variasi susunan serat acak yang kemudian dilakukan penambahan bahan perekat berupa polyurethane. Pembuatan spesimen 8 memiliki tingkat kesulitan pembuatan spesimen yang lebih rendah dibandingkan spesimen 7 dikarenakan serat ampas telah dilakukan proses perendaman dengan menggunakan alkali NaOH 15% sehingga mengakibatkan diameter dari serat berkurang dan bentuk dari serat menjadi teratur.

9. Spesimen 9



Gambar 4. 14 Spesimen 9

Sama halnya dengan spesimen 7 dan 8, spesimen 9 dibuat dengan mengkomposisikan 30% serbuk kayu jati dengan 70% serat ampas tebu yang telah dilakukan perendaman alkali NaOH 30%. Namun serat ampas tebu dilakukan perendaman terlebih dahulu kedalam larutan alkali NaOH 30% dan seratnya disusun secara acak kemudian dilakukan penambahan bahan perekat berupa polyurethane. Pembuatan spesimen 9 memiliki tingkat kesulitan pembuatan spesimen yang lebih rendah dibandingkan spesimen 7 namun sedikit lebih sulit dibandingkan spesimen 8 dikarenakan serat ampas tebu yang telah dilakukan proses perendaman dengan menggunakan alkali NaOH 30% mengakibatkan diameter dari serat berkurang dan bentuk dari serat menjadi teratur namun sedikit berair dan lembab.

4.2.2 Hasil dan Pembahasan Pembuatan Spesimen Serat Lurus

Spesimen dengan variasi susunan serat lurus dibuat dengan cara memposisikan atau menyusun serat ampas tebu yang sudah diberi perlakuan perendaman menggunakan larutan alkali NaOH menjadi berbentuk lurus saat dikomposisikan dengan serbuk kayu jati. Namun pada faktanya peneliti mengalami suatu kendala saat melakukan proses pembentukan spesimen. Hal ini dikarenakan untuk membentuk spesimen sesuai cetakan dengan mempertahankan susunan serat agar tetap lurus sangatlah sulit. Peneliti sudah berusaha mencoba berulang kali membuat spesimen untuk variasi serat lurus baik dengan mengatur serat dalam posisi horizontal namun saat spesimen dikeluarkan dari cetakan selalu pecah, selain itu peneliti juga mencoba mengatur serat dalam posisi vertikal namun saat ditambahkan material berupa serbuk kayu jati, serat yang dipertahankan lurus menjadi tidak beraturan dan menjadi serat acak. Sehingga spesimen variasi serat lurus untuk pengujian tidak dibuat. Untuk memperoleh data mengenai pengujian pada spesimen dengan variasi susunan serat lurus (spesimen nomor 10 hingga 18) maka pada penelitian ini menggunakan data yang berasal dari hasil pengujian spesimen dengan variasi susunan serat acak.

4.3 Hasil Pengujian Spesimen

4.3.1 Hasil Pengujian Massa Jenis Spesimen

Massa jenis spesimen dapat dihitung dengan mengukur massa, diameter dan tinggi spesimen. Massa spesimen diukur menggunakan timbangan digital, sedangkan volume spesimen ditentukan pada saat pencetakan spesimen. Berikut merupakan gambar pengukuran massa spesimen, dan data hasil perhitungan massa jenis / densitas salah satu spesimen yang akan diuji (spesimen 5).



Gambar 4. 15 Gambar Spesimen 5

Massa (m)	= 28,9 gram
Diameter (D)	= 3,95 cm
Jari – jari (r)	= 1,975 cm
Panjang (l)	= 4,81 cm
Luas (A)	= πr^2
	= 3,14 x 1,975 ²
	= 12,2591 cm ²
Volume (v)	= A x l
	= 12,2591 x 4,81

$$\begin{aligned}
 &= 58,9663 \text{ cm}^3 \\
 \text{Densitas } (\rho) &= \frac{m}{V} \\
 &= \frac{28,9}{58,9663} \\
 &= 0,4901104 \text{ g/ cm}^3
 \end{aligned}$$

Tabel 4.1 menunjukkan hasil pengukuran massa dan volume spesimen serta hasil perhitungan massa jenis spesimen untuk variasi susunan serat acak.

Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran serta Perhitungan Massa Jenis Spesimen

Serat Acak	Komposisi		Kimia	Massa (gram)	Volume (cm3)	Densitas (g/cm3)	
	Jati	Tebu					
Nomor Spesimen	1	70	30	0%	30,9	54,97454	0,5620783
	2	70	30	15%	30,3	54,73738	0,5535523
	3	70	30	30%	30,2	54,71967	0,551904
	4	50	50	0%	29	57,95944	0,5003499
	5	50	50	15%	28,9	58,96631	0,4901104
	6	50	50	30%	28,7	58,79751	0,4881159
	7	30	70	0%	26,9	55,16636	0,487616
	8	30	70	15%	26,8	58,07402	0,4614801
	9	30	70	30%	26,3	58,13969	0,4523588

Berdasarkan tabel di atas, pada variasi susunan serat acak dengan komposisi 70% serbuk kayu jati dan 30% serat ampas tebu memiliki nilai massa dan volume yang sama yakni berkisar 30,2 gram hingga 30,9 gram, dan volume 54,71 cm³ hingga 54,97 cm³. Sedangkan massa jenis dari ketiga spesimen pada komposisi ini berkisar antara 0,55 g/cm³ hingga 0,56 g/cm³ dimana spesimen ke-3 memiliki nilai massa jenis yang paling kecil. Pada komposisi 50% serbuk kayu jati dan 50% serat ampas tebu memiliki nilai massa dan volume yang berkisar 28,7 gram hingga 29 gram dan volume berkisar antara 57,95 cm³ hingga 54,97 cm³. Untuk nilai massa jenis dari ketiga spesimen pada komposisi 50% serbuk kayu jati dan 50% serat ampas tebu memiliki nilai massa jenis pada rentang 0,48 g/cm³ hingga 0,50 g/cm³ dengan nilai terkecil terjadi pada spesimen ke-6. Sedangkan untuk komposisi 30% serbuk kayu jati dan 70% serat ampas tebu memiliki nilai massa dan volume yang berkisar antara 26,3 gram hingga 26,9 gram dan volume berkisar antara 55,16 cm³ hingga 58,13 cm³. Massa jenis untuk spesimen pada komposisi ini berkisar antara 0,48 g/cm³ hingga 0,50 g/cm³ dimana spesimen ke-9 memiliki nilai massa jenis paling kecil. nilai terkecil terjadi pada spesimen ke-9. Sehingga dari seluruh spesimen yang diuji, spesimen ke-9 dengan komposisi 30% serbuk kayu jati dan 70% serat ampas tebu dengan perlakuan perendaman larutan alkali NaOH 30% memiliki nilai massa jenis terkecil. Sedangkan spesimen ke-1 dengan komposisi 70% serbuk kayu jati dan 30% serat ampas tebu dengan perlakuan perendaman larutan alkali NaOH 0% atau tanpa perlakuan perendaman memiliki nilai massa jenis terkecil.

4.3.2 Hasil Pengujian Konduktivitas Termal Spesimen

Pada penelitian ini, pengambilan data untuk setiap spesimen diambil sebanyak 5 kali. Data pertama diambil pada menit ke 120, data kedua hingga kelima diukur dengan selang waktu setiap 10 menit dari pengukuran data sebelumnya. Hasil yang diperoleh dari pengujian konduktivitas termal pada sembilan spesimen untuk spesimen dengan variasi susunan serat acak yakni sebagai berikut.

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Konduktivitas Termal

Spesimen 1				
Susunan Serat	Acak	Massa	30,9 gram	
Komposisi	70 : 30	Diameter	38,1 mm	
Perlakuan Kimia	0%	Panjang	48,2 mm	
Nomor Pengambilan Data	T (°C)			
	T1	T2	T3	T4
1	98,8	98,6	70,9	33,8
2	98,6	98,4	71	33,6
3	98,5	98,3	71,1	33,6
4	98,8	98,6	71,9	34,1
5	98,3	98,1	71,6	33,8

Spesimen 2				
Susunan Serat	Acak	Massa	30,3 gram	
Komposisi	70 : 30	Diameter	38,5 mm	
Perlakuan Kimia	15%	Panjang	47 mm	
Nomor Pengambilan Data	T (°C)			
	T1	T2	T3	T4
1	105,2	105	78	38,4
2	105,2	105	78,1	38,5
3	105,1	104,9	78,2	38,5
4	105	104,8	78,1	38,6
5	105	104,8	78,1	38,5

Spesimen 3				
Susunan Serat	Acak	Massa	30,2 gram	
Komposisi	70 : 30	Diameter	37,7 mm	
Perlakuan Kimia	30%	Panjang	49 mm	
Nomor Pengambilan Data	T (°C)			
	T1	T2	T3	T4
1	104,4	104,2	80,2	38,3
2	104,4	104,2	80	38,2
3	104,4	104,2	80	38,2
4	104,3	104,1	80,1	38,2
5	104,4	104,2	80,1	38,2

Spesimen 4				
Susunan Serat	Acak	Massa	29 gram	
Komposisi	50 : 50	Diameter	38,8 mm	
Perlakuan Kimia	0%	Panjang	49 mm	
Nomor Pengambilan Data	T (°C)			
	T1	T2	T3	T4
1	97,1	97	61,5	36,2
2	97,1	97	61,7	36,4
3	97,2	97,1	61,7	36,3
4	97,2	97,1	61,7	36,4
5	97,2	97,1	61,6	36,4

Spesimen 5				
Susunan Serat	Acak	Massa	28,9 gram	
Komposisi	50 : 50	Diameter	39,5 mm	
Perlakuan Kimia	15%	Panjang	48,1 mm	
Nomor Pengambilan Data	T (°C)			
	T1	T2	T3	T4
1	99,2	99,1	78,5	30,5
2	99,2	99,1	78,4	30,5
3	99,3	99,2	78,4	30,6
4	99,3	99,2	78,5	30,6
5	99,3	99,2	78,4	30,5

Spesimen 6				
Susunan Serat	Acak	Massa	28,7 gram	
Komposisi	50 : 50	Diameter	39 mm	
Perlakuan Kimia	30%	Panjang	49,2 mm	
Nomor Pengambilan Data	T (°C)			
	T1	T2	T3	T4
1	103,2	103,1	71,1	35,1
2	103,2	103,1	71	35,1
3	103,1	103	71	35,2
4	103,1	103	71	35,1
5	103,1	103	71	35,2

Spesimen 7				
Susunan Serat	Acak	Massa	26,9 gram	
Komposisi	30 : 70	Diameter	37,7 mm	
Perlakuan Kimia	0%	Panjang	49,4 mm	
Nomor Pengambilan Data	T (°C)			
	T1	T2	T3	T4
1	94	93,9	61,9	35,8
2	94,1	94	61,9	35,8
3	94,1	94	62	35,9
4	94,1	94	62	35,9
5	94,1	94	62	35,8

Spesimen 8				
Susunan Serat	Acak	Massa	26,8 gram	
Komposisi	30 : 70	Diameter	39,2 mm	
Perlakuan Kimia	15%	Panjang	48,1 mm	
Nomor Pengambilan Data	T (°C)			
	T1	T2	T3	T4
1	98,6	98,5	67,1	37,2
2	98,6	98,5	67,2	37,3
3	98,5	98,4	67,1	37,2
4	98,5	98,4	67,1	37,2
5	98,5	98,4	67,1	37,3

Spesimen 9				
Susunan Serat	Acak	Massa	26,3 gram	
Komposisi	30 : 70	Diameter	38,9 mm	
Perlakuan Kimia	30%	Panjang	48,9 mm	
Nomor Pengambilan Data	T (°C)			
	T1	T2	T3	T4
1	103,1	103	64	35,4
2	103	102,9	64	35,5
3	103	102,9	64	35,4
4	103,1	103	64,1	35,4
5	103	102,9	64	35,3

Berdasarkan data hasil pengukuran pada tabel 4.2 maka dapat dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai konduktivitas termal spesimen. Berikut merupakan langkah dalam menghitung nilai konduktivitas termal.

1. Menghitung temperatur rata – rata tembaga ($T_{AVG \text{ tembaga}}$)

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

Dimana :

$T_{AVG \text{ tembaga}}$ = Temperatur rata – rata tembaga (K)

T1 = Temperatur titik 1 (K)

T2 = Temperatur titik 2 (K)

Tabel 4. 3 Temperatur Rata – rata Tembaga

Spesimen 1 (Acak; 70:30; 0%)		T (°K)					
		T1	T2	T3	T4	ΔT_c	$T_{c_{avg}}$
Nomor Pengambilan Data	1	371,8	371,6	343,9	306,8	0,2	371,7
	2	371,6	371,4	344	306,6	0,2	371,5
	3	371,5	371,3	344,1	306,6	0,2	371,4
	4	371,8	371,6	344,9	307,1	0,2	371,7
	5	371,3	371,1	344,6	306,8	0,2	371,2

Spesimen 2 (Acak; 70:30; 15%)		T (°K)					
		T1	T2	T3	T4	ΔT_C	T_{Cavg}
Nomor Pengambilan Data	1	378,2	378	351	311,4	0,2	378,1
	2	378,2	378	351,1	311,5	0,2	378,1
	3	378,1	377,9	351,2	311,5	0,2	378
	4	378	377,8	351,1	311,6	0,2	377,9
	5	378	377,8	351,1	311,5	0,2	377,9

Spesimen 3 (Acak; 70:30; 30%)		T (°K)					
		T1	T2	T3	T4	ΔT_C	T_{Cavg}
Nomor Pengambilan Data	1	377,4	377,2	353,2	311,3	0,2	377,3
	2	377,4	377,2	353	311,2	0,2	377,3
	3	377,4	377,2	353	311,2	0,2	377,3
	4	377,3	377,1	353,1	311,2	0,2	377,2
	5	377,4	377,2	353,1	311,2	0,2	377,3

Spesimen 4 (Acak; 50:50; 0%)		T (°K)					
		T1	T2	T3	T4	ΔT_C	T_{Cavg}
Nomor Pengambilan Data	1	370,1	370	334,5	309,2	0,1	370,05
	2	370,1	370	334,7	309,4	0,1	370,05
	3	370,2	370,1	334,7	309,3	0,1	370,15
	4	370,2	370,1	334,7	309,4	0,1	370,15
	5	370,2	370,1	334,6	309,4	0,1	370,15

Spesimen 5 (Acak; 50:50; 15%)		T (°K)					
		T1	T2	T3	T4	ΔT_C	T_{Cavg}
Nomor Pengambilan Data	1	372,2	372,1	351,5	303,5	0,1	372,15
	2	372,2	372,1	351,4	303,5	0,1	372,15
	3	372,3	372,2	351,4	303,6	0,1	372,25
	4	372,3	372,2	351,5	303,6	0,1	372,25
	5	372,3	372,2	351,4	303,5	0,1	372,25

Spesimen 6 (Acak; 50:50; 30%)		T (°K)					
		T1	T2	T3	T4	ΔT_c	T_{c,avg}
Nomor Pengambilan Data	1	376,2	376,1	344,1	308,1	0,1	376,15
	2	376,2	376,1	344	308,1	0,1	376,15
	3	376,1	376	344	308,2	0,1	376,05
	4	376,1	376	344	308,1	0,1	376,05
	5	376,1	376	344	308,2	0,1	376,05

Spesimen 7 (Acak; 30:70; 0%)		T (°K)					
		T1	T2	T3	T4	ΔT_c	T_{c,avg}
Nomor Pengambilan Data	1	367	366,9	334,9	308,8	0,1	366,95
	2	367,1	367	334,9	308,8	0,1	367,05
	3	367,1	367	335	308,9	0,1	367,05
	4	367,1	367	335	308,9	0,1	367,05
	5	367,1	367	335	308,8	0,1	367,05

Spesimen 8 (Acak; 30:70; 15%)		T (°K)					
		T1	T2	T3	T4	ΔT_c	T_{c,avg}
Nomor Pengambilan Data	1	371,6	371,5	340,1	310,2	0,1	371,55
	2	371,6	371,5	340,2	310,3	0,1	371,55
	3	371,5	371,4	340,1	310,2	0,1	371,45
	4	371,5	371,4	340,1	310,2	0,1	371,45
	5	371,5	371,4	340,1	310,3	0,1	371,45

Spesimen 9 (Acak; 30:70; 30%)		T (°K)					
		T1	T2	T3	T4	ΔT_c	T_{c,avg}
Nomor Pengambilan Data	1	376,1	376	337	308,4	0,1	376,05
	2	376	375,9	337	308,5	0,1	375,95
	3	376	375,9	337	308,4	0,1	375,95
	4	376,1	376	337,1	308,4	0,1	376,05
	5	376	375,9	337	308,3	0,1	375,95

2. Menghitung nilai konduktivitas termal tembaga (Kt)

Nilai konduktivitas termal tembaga dapat dihitung dengan menggunakan metode interpolasi pada tabel karakteristi termal beberapa logam padat atau yang lebih dikenal dengan tabel A-1. Tabel konduktivitas termal untuk logam murni berupa tembaga berdasarkan buku “*Fundamental of Heat and Mass Transfer (Sixth Edition)*” (Incropera, Dewitt, Bergman, & Lavine, 2007), maka dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Tabel A-1

Composition	Melting point (K)	Properties at various temperatures (K)										
		Properties at 300 K/353 K†					k(W/m K)/c _p (J/kg K)					
		ρ (kg/m ³)	c _p (J/kg K)	k (W/m K)	α·10 ⁶ (m ² /s)	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		
							785	460		545		
Phosphor gear bronze (89% Cu, 11% Sn)	1104	8780	355	54	17		41	65		74		
							–	–		–		
Catridge brass (70% Cu, 30% Zn)	1188	8530	380	110	33.9	75	95	137		149		
							360	395		425		
Constantan (55% Cu, 45% Ni)	1493	8920	384	23	6.71	17	19					
							237	362				
Iron	1810	7870	443	80.3	23.1	132	94.0	69.4	61.3	54.7	48.7	43.3
Pure			441 [†]	74.1 [†]		216	385	486	495	566	619	686

Untuk melakukan interpolasi temperatur tembaga dalam perhitungan nilai konduktivitas termal yang berada antara 300 K dan 400 K maka dalam perhitungannya berlaku persamaan sebagai berikut.

$$\frac{K_C - K_C(300K)}{K_C(400K) - K_C(300K)} = \frac{T_{Cavg} - 300K}{400K - 300K}$$

$$K_C = K_{C(300K)} + \frac{(T_{Cavg} + 300K)}{(400K - 300K)} \times (K_{C(400K)} - K_{C(300K)}) \dots\dots\dots (8)$$

Dimana :

- K_C = Konduktivitas termal tembaga (W/mK)
- T_{Cavg} = Temperatur rata – rata tembaga (K)
- K_{400K} = Konduktivitas termal tembaga pada temperatur 400 K (393 W/mK)
- K_{300K} = Konduktivitas termal tembaga pada temperatur 300 K (401 mK)

3. Menghitung Kalor Masuk (Q_i)

Jumlah kalor yang masuk dapat dihitung dengan persamaan perpindahan panas secara konduksi sebagai berikut.

$$Q_c = \frac{K_c \times A_c \times \Delta T_c}{L_c} \dots\dots\dots (12)$$

$$A_c = \pi r_c^2$$

$$= 3,14 \times 0,02^2$$

$$= 0,001256 \text{ m}^2$$

Dimana :

- Q_c = Jumlah kalor yang masuk (W)
- T_1 = Temperatur titik 1 (K)
- T_2 = Temperatur titik 2 (K)
- ΔT_c = Selisih temperatur temperatur tembaga (T_1-T_2)
- A_c = Luasan permukaan tembaga (m^2)
- r_c = Jari-jari permukaan tembaga (m)
- K_c = Konduktivitas termal tembaga (W/m.K)
- L_c = Panjang tembaga (m)

4. Menghitung Nilai Konduktivitas Termal Spesimen (K_{sp})

Berdasarkan teori, saat dalam kondisi steady maka jumlah kalor yang masuk yakni kalor pada tembaga akan memiliki nilai yang sama dengan jumlah kalor yang keluar yakni kalor pada spesimen.

$$Q \text{ masuk (tembaga)} = Q \text{ keluar (spesimen)}$$

Sehingga dalam proses menghitung nilai konduktivitas termal spesimen, dibutuhkan nilai hasil perhitungan kalor spesimen. Berikut merupakan persamaan untuk menghitung nilai konduktivitas termal spesimen.

$$K_s = \frac{Q_s \times L_s}{A_s \times \Delta T_s} \dots\dots\dots (9)$$

$$K_s = \frac{Q_s \times L_s}{A_s \times (T_3 - T_4)}$$

Dimana :

- K_s = Konduktivitas termal spesimen (W/m.K)
- ΔT_s = Selisih temperatur pada spesimen (T_3-T_4)
- A_s = Luasan permukaan spesimen (m^2)
- Q_s = Jumlah kalor yang keluar (W)
- T_3 = Temperatur titik 3 (K)
- T_4 = Temperatur titik 4 (K)
- L_s = Panjang spesimen (m)

Tabel 4.5 merupakan tabel hasil perhitungan langkah 2 hingga langkah 4 pada setiap spesimen.

Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Nilai K_c , Q_c , Q_s , dan K_s

Spesimen 1							
Massa	0,0309	Kilogram	Luas	0,001141	m ²	11,40551	cm ²
Diameter	0,0381	m	Volume	0,00005	m ³	54,97454	cm ³
Panjang	0,0482	m	Densitas	562,0783	kg/m ³	0,562078	g/cm ³
Perlakuan		K_c (W/mK)	Q_c (W)	Q_s (W)	ΔT_s (K)	K_s (W/mK)	K_{Savg} (W/mK)
(Acak; 70:30; 0%)							
Nomor Pengambilan Data	1	395,264	0,709862	0,709862	37,1	0,808597	0,799618
	2	395,28	0,709891	0,709891	37,4	0,802144	
	3	395,288	0,709905	0,709905	37,5	0,800021	
	4	395,264	0,709862	0,709862	37,8	0,793623	
	5	395,304	0,709934	0,709934	37,8	0,793704	

Spesimen 2							
Massa	0,0303	Kilogram	Luas	0,001165	m ²	11,64625	cm ²
Diameter	0,0385	m	Volume	0,00005	m ³	54,73738	cm ³
Panjang	0,047	m	Densitas	553,5523	kg/m ³	0,553552	g/cm ³
Perlakuan		K_C (W/mK)	Q_C (W)	Q_s (W)	ΔT_S (K)	K_S (W/mK)	K_{Savg} (W/mK)
(Acak; 70:30; 15%)							
Nomor Pengambilan Data	1	394,752	0,708942	0,708942	39,6	0,722483	0,722499
	2	394,752	0,708942	0,708942	39,6	0,722483	
	3	394,76	0,708957	0,708957	39,7	0,720678	
	4	394,768	0,708971	0,708971	39,5	0,724341	
	5	394,768	0,708971	0,708971	39,6	0,722512	

Spesimen 3							
Massa	0,0302	Kilogram	Luas	0,001117	m ²	11,16728	cm ²
Diameter	0,0377	m	Volume	0,00005	m ³	54,71967	cm ³
Panjang	0,049	m	Densitas	551,904	kg/m ³	0,551904	g/cm ³
Perlakuan		K_C (W/mK)	Q_C (W)	Q_s (W)	ΔT_S (K)	K_S (W/mK)	K_{Savg} (W/mK)
(Acak; 70:30; 30%)							
Nomor Pengambilan Data	1	394,816	0,709057	0,709057	41,9	0,742533	0,743247
	2	394,816	0,709057	0,709057	41,8	0,74431	
	3	394,816	0,709057	0,709057	41,8	0,74431	
	4	394,824	0,709072	0,709072	41,9	0,742549	
	5	394,816	0,709057	0,709057	41,9	0,742533	

Spesimen 4							
Massa	0,029	Kilogram	Luas	0,001183	m ²	11,82846	cm ²
Diameter	0,0388	m	Volume	0,00006	m ³	57,95944	cm ³
Panjang	0,049	m	Densitas	500,3499	kg/m ³	0,50035	g/cm ³
Perlakuan		K_C (W/mK)	Q_C (W)	Q_s (W)	ΔT_s (K)	K_s (W/mK)	K_{Savg} (W/mK)
(Acak; 50:50; 0%)							
Nomor Pengambilan Data	1	395,396	0,355049	0,355049	25,3	0,581348	0,581345
	2	395,396	0,355049	0,355049	25,3	0,581348	
	3	395,388	0,355042	0,355042	25,4	0,579048	
	4	395,388	0,355042	0,355042	25,3	0,581336	
	5	395,388	0,355042	0,355042	25,2	0,583643	

Spesimen 5							
Massa	0,0289	Kilogram	Luas	0,001226	m ²	12,25911	cm ²
Diameter	0,0395	m	Volume	0,00006	m ³	58,96631	cm ³
Panjang	0,0481	m	Densitas	490,1104	kg/m ³	0,49011	g/cm ³
Perlakuan		K_C (W/mK)	Q_C (W)	Q_s (W)	ΔT_s (K)	K_s (W/mK)	K_{Savg} (W/mK)
(Acak; 50:50; 15%)							
Nomor Pengambilan Data	1	395,228	0,354899	0,354899	48	0,290101	0,290704
	2	395,228	0,354899	0,354899	47,9	0,290707	
	3	395,22	0,354891	0,354891	47,8	0,291309	
	4	395,22	0,354891	0,354891	47,9	0,290701	
	5	395,22	0,354891	0,354891	47,9	0,290701	

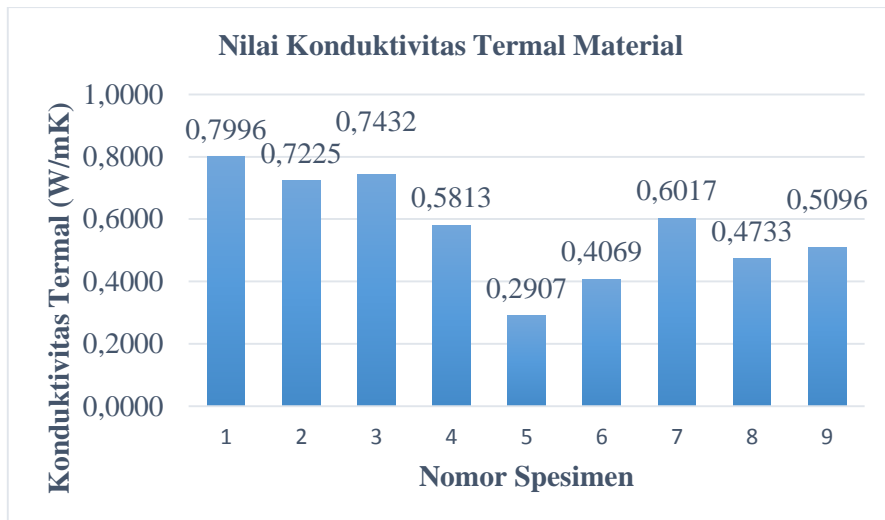
Spesimen 6							
Massa	0,0287	Kilogram	Luas	0,001195	m ²	11,95071	cm ²
Diameter	0,039	m	Volume	0,00006	m ³	58,79751	cm ³
Panjang	0,0492	m	Densitas	488,1159	kg/m ³	0,488116	g/cm ³
Perlakuan		K_C (W/mK)	Q_C (W)	Q_s (W)	ΔT_s (K)	K_s (W/mK)	K_{Savg} (W/mK)
(Acak; 50:50; 30%)							
Nomor Pengambilan Data	1	394,908	0,354611	0,354611	36	0,405528	0,406891
	2	394,908	0,354611	0,354611	35,9	0,406658	
	3	394,916	0,354618	0,354618	35,8	0,407802	
	4	394,916	0,354618	0,354618	35,9	0,406666	
	5	394,916	0,354618	0,354618	35,8	0,407802	

Spesimen 7							
Massa	0,0269	Kilogram	Luas	0,001117	m ²	11,16728	cm ²
Diameter	0,0377	m	Volume	0,00006	m ³	55,16636	cm ³
Panjang	0,0494	m	Densitas	487,616	kg/m ³	0,487616	g/cm ³
Perlakuan		K_C (W/mK)	Q_C (W)	Q_s (W)	ΔT_s (K)	K_s (W/mK)	K_{Savg} (W/mK)
(Acak; 30:70; 0%)							
Nomor Pengambilan Data	1	395,644	0,355272	0,355272	26,1	0,602144	0,601674
	2	395,636	0,355265	0,355265	26,1	0,602132	
	3	395,636	0,355265	0,355265	26,1	0,602132	
	4	395,636	0,355265	0,355265	26,1	0,602132	
	5	395,636	0,355265	0,355265	26,2	0,599833	

Spesimen 8							
Massa	0,0268	Kilogram	Luas	0,001207	m ²	12,0736	cm ²
Diameter	0,0392	m	Volume	0,00006	m ³	58,07402	cm ³
Panjang	0,0481	m	Densitas	461,4801	kg/m ³	0,46148	g/cm ³
Perlakuan		K_C (W/mK)	Q_C (W)	Q_s (W)	ΔT_s (K)	K_s (W/mK)	K_{Savg} (W/mK)
(Acak; 30:70; 15%)							
Nomor Pengambilan Data	1	395,276	0,354942	0,354942	29,9	0,472927	0,47325
	2	395,276	0,354942	0,354942	29,9	0,472927	
	3	395,284	0,354949	0,354949	29,9	0,472937	
	4	395,284	0,354949	0,354949	29,9	0,472937	
	5	395,284	0,354949	0,354949	29,8	0,474524	

Spesimen 9							
Massa	0,0263	Kilogram	Luas	0,001189	m ²	11,88951	cm ²
Diameter	0,0389	m	Volume	0,00006	m ³	58,13969	cm ³
Panjang	0,0489	m	Densitas	452,36	kg/m ³	0,452359	g/cm ³
Perlakuan		K_C (W/mK)	Q_C (W)	Q_s (W)	ΔT_s (K)	K_s (W/mK)	K_{Savg} (W/mK)
(Acak; 30:70; 30%)							
Nomor Pengambilan Data	1	394,916	0,354618	0,354618	28,6	0,509965	0,509618
	2	394,924	0,354626	0,354626	28,5	0,511765	
	3	394,924	0,354626	0,354626	28,6	0,509975	
	4	394,916	0,354618	0,354618	28,7	0,508188	
	5	394,924	0,354626	0,354626	28,7	0,508198	

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh nilai konduktivitas thermal untuk setiap spesimen pada variasi susunan serat acak. Berikut merupakan grafik nilai konduktivitas termal pada spesimen yang telah dilakukan pengujian.



Gambar 4. 16 Gambar Grafik Nilai Konduktivitas Termal

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.16, spesimen ke-5 dengan komposisi 50% serbuk kayu jati dan 50% serat ampas tebu dengan perlakuan perendaman alkali NaOH 15% memiliki nilai konduktivitas termal terendah dibandingkan spesimen lain yakni sebesar 0,2907 W/mK. Sedangkan spesimen pertama dengan komposisi 70% serbuk kayu jati dan 30% serat ampas tebu tanpa perendaman larutan alkali NaOH (kadar 0%) memiliki nilai konduktivitas tertinggi yakni 0,7996 W/mK. Pada penelitian ini, semakin kecil nilai konduktivitas termal material akan mengakibatkan material akan semakin sukar memindahkan panas (bersifat isolator) isolator sehingga sangat cocok apabila digunakan sebagai bahan insulasi pada *Coolbox*.

Selain itu analisa yang akan dilakukan diantaranya meliputi analisa pengaruh perbandingan komposisi serbuk kayu jati dengan serat ampas tebu terhadap nilai konduktivitas termal dan analisa pengaruh perlakuan perendaman serat menggunakan larutan alkali NaOH pada variasi kadar berbeda terhadap nilai konduktivitas termal spesimen..

a. Pengaruh Perbandingan Komposisi Terhadap Nilai Konduktivitas Termal Material

Tabel 4.6 merupakan tabel hasil pengujian nilai konduktivitas termal spesimen pada variasi susunan serat acak.

Tabel 4. 6 Pengaruh Komposisi terhadap Hasil Pengujian Konduktivitas Termal Spesimen

Spesimen	Susunan	Komposisi		Kimia	Konduktivitas (W/mK)	Konduktivitas Avg (W/mK)
		Jati	Tebu			
1	Acak	70	30	0%	0,7996	0,7551
2				15%	0,7225	
3				30%	0,7432	
4		50	50	0%	0,5813	0,4263
5				15%	0,2907	
6				30%	0,4069	
7		30	70	0%	0,6017	0,5282
8				15%	0,4733	
9				30%	0,5096	

Dapat dilihat pada Tabel 4.6 bahwa pada spesimen dengan variasi susunan serat acak dengan perbandingan komposisi berbeda memiliki nilai yang berbeda pula. Spesimen dengan komposisi 70% serbuk kayu jati dan 30% serat ampas tebu, memiliki nilai konduktivitas berkisar 0,7432 W/mK hingga 0,7996 W/mK dengan nilai rata – rata konduktivitas sebesar 0,7551 W/mK. Untuk spesimen dengan komposisi 50% serbuk kayu jati dan 50% serat ampas tebu, memiliki nilai konduktivitas berkisar 0,2907 W/mK hingga 0,5813 W/mK dengan nilai rata – rata konduktivitas spesimen sebesar 0,4263 W/mK. Sedangkan spesimen dengan perbandingan komposisi 30% serbuk kayu jati dan 70% serat ampas tebu, nilai konduktivitas pada spesimen terletak pada range 0,4733 W/mK hingga 0,6017 W/mK dan nilai konduktivitas rata – rata sebesar 0,5282 W/mK. Sehingga dapat disimpulkan jika spesimen dengan komposisi 50% serbuk kayu jati dan 50% serat ampas tebu memiliki nilai konduktivitas rata- rata terendah yakni sebesar 0,4263 W/mK.

b. Pengaruh Perlakuan Perendaman Larutan Alkali NaOH

Apabila spesimen dikelompokkan berdasarkan variasi kadar larutan alkali NaOH yang digunakan dalam proses perendaman serat ampas tebu yakni spesimen tanpa perlakuan perendaman alkali NaOH (0%), spesimen dengan perlakuan perendaman alkali NaOH 15%, dan spesimen dengan perlakuan perendaman alkali NaOH 30% maka akan diperoleh data nilai konduktivitas termal sebagai berikut.

Tabel 4. 7 Pengaruh Perendaman Alkali NaOH Terhadap Konduktivitas Termal

Spesimen	Susunan	Komposisi		Kimia	Konduktivitas (W/mK)	Konduktivitas Avg (W/mK)
		Jati	Tebu			
1	Acak	70	30	0%	0,7996	0,6609
4		50	50		0,5813	
7		30	70		0,6017	
2		70	30	15%	0,7225	0,4955
5		50	50		0,2907	
8		30	70		0,4733	

Spesimen	Susunan	Komposisi		Kimia	Konduktivitas (W/mK)	Konduktivitas Avg (W/mK)
		Jati	Tebu			
3		70	30	30%	0,7432	0,5533
6		50	50		0,4069	
9		30	70		0,5096	

Berdasarkan Tabel 4.7, spesimen dengan variasi perlakuan alkali NaOH 0% atau tanpa perlakuan kimia memiliki nilai konduktivitas termal berkisar diantara 0,5813 W/mK hingga 0,7996 W/mK dan nilai konduktivitas termal rata – rata sebesar 0,6609 W/mK. Untuk spesimen dengan variasi perlakuan alkali NaOH dengan kadar 15% memiliki nilai konduktivitas termal berkisar antara 0,2907 W/mK hingga 0,7225 W/mK dan nilai konduktivitas termal rata – rata sebesar 0,4955 W/mK. Sedangkan untuk spesimen dengan variasi perlakuan alkali NaOH pada kadar 30% memiliki nilai konduktivitas termal dengan rentang nilai sebesar 0,4069 W/mK hingga 0,7432 W/mK dan nilai konduktivitas termal rata – rata sebesar 0,5533 W/mK. Dari ketiga variasi perlakuan alkali NaOH tersebut, spesimen dengan variasi perlakuan alkali NaOH pada kadar 15% memiliki nilai konduktivitas rata - rata paling kecil yakni sebesar 0,4955 W/mK. Hal ini dikarenakan pada proses perendaman serat ke dalam larutan alkali NaOH akan memunculkan selulosa dan menghilangkan pengotor (lignin) pada permukaan serat ampas tebu yang mengakibatkan diameter dari serat menjadi berkurang. Sehingga proses perendaman serat ke dalam larutan alkali NaOH dapat memperbaiki sifat mekanis serat dan mengurangi nilai konduktivitas termal material serat dibandingkan tanpa perlakuan perendaman serat ke dalam larutan alkali. Selain itu, berdasarkan data hasil percobaan dapat ditarik kesimpulan jika pada alkali dengan kadar 15% memiliki nilai konduktivitas lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan alkali NaOH pada kadar 30%. Hal ini dikarenakan semakin besar kadar alkali NaOH maka akan mengakibatkan semakin besar pula jumlah massa NaOH yang ditambahkan sehingga semakin banyak diameter serat yang menjadi lebih kecil. Namun untuk kadar yang terlalu besar, serat juga akan mengalami kerusakan terutama pada struktur penyusunnya. Dikarenakan serat ampas tebu merupakan serat alam yang memiliki konsentrasi air tertentu yang kemudian serat tersebut dilakukan proses perendaman ke dalam larutan NaOH dengan konsentrasi lebih besar daripada konsentrasi air yang ada dalam serat (terdapat perbedaan konsentrasi) maka akan terjadi transpor pasif air yang menyebabkan membran plasma akan mengembang sehingga akan melekat kembali pada dinding sel serat (mengalami deplasmolisis).

4.3.3 Perhitungan Ekonomi Pembuatan Tiap Spesimen

Untuk membuat spesimen dengan beberapa variasi berbeda yakni perbedaan komposisi material, dan perlakuan kimia alkali pada serat ternyata mengakibatkan perbedaan kebutuhan ekonomi atau perbedaan biaya yang dibutuhkan untuk melakukan pembuatan spesimen. Pada penelitian ini, untuk membuat spesimen diperlukan beberapa bahan material yang berupa:

1. Serbuk kayu jati dengan harga Rp1,33/gram
2. Serat ampas tebu dengan harga Rp0,5/gram
3. Padatan NaOH teknis dengan harga Rp25/gram
4. Larutan aquades dengan harga Rp1,5/ml

5. Polyurethane dengan harga Rp36/ml

Tabel 4.8 merupakan tabel kebutuhan material untuk membuat setiap spesimen.

Tabel 4. 8 Kebutuhan Material Spesimen

Serat Acak	Komposisi			Kebutuhan Material Spesimen						
	Jati	Tebu	NaOH	Tebu	NaOH	Aquades	Tebu Alkali	Jati	PU	
				gram	gram	ml	gram	gram	ml	
Nomor Spesimen	1	70	30	0%	2,73	0	0	2,73	16,17	27
	2	70	30	15%	5,69	3,63	11,38	2,73	16,17	27
	3	70	30	30%	7,58	9,69	15,17	2,73	16,17	27
	4	50	50	0%	4,55	0	0	4,55	11,55	27
	5	50	50	15%	9,48	6,06	18,96	4,55	11,55	27
	6	50	50	30%	12,64	16,15	25,28	4,55	11,55	27
	7	30	70	0%	6,37	0	0	6,37	6,93	27
	8	30	70	15%	13,27	8,48	26,54	6,37	6,93	27
	9	30	70	30%	17,69	22,61	35,39	6,37	6,93	27

Sedangkan Tabel 4.9 merupakan tabel perhitungan ekonomi material tiap spesimen.

Tabel 4. 9 Perhitungan Ekonomi Tiap Spesimen

Serat Acak	Komposisi			Perhitungan Ekonomi Material Spesimen						
	Jati	Tebu	NaOH	Tebu	NaOH	Aquades	PU	Jati	Total	
				Rupiah						
Nomor Spesimen	1	70	30	0%	1,37	0,00	0,00	972	21,56	994,93
	2	70	30	15%	2,84	90,86	17,06	972	21,56	1104,32
	3	70	30	30%	3,79	242,29	22,75	972	21,56	1262,39
	4	50	50	0%	2,28	0,00	0,00	972	15,4	989,68
	5	50	50	15%	4,74	151,43	28,44	972	15,4	1172,01
	6	50	50	30%	6,32	403,81	37,92	972	15,4	1435,45
	7	30	70	0%	3,19	0,00	0,00	972	9,24	984,43
	8	30	70	15%	6,64	212,00	39,81	972	9,24	1239,69
	9	30	70	30%	8,85	565,34	53,08	972	9,24	1608,51

Berdasarkan Tabel 4.9, banyaknya jumlah material serat ampas tebu yang digunakan untuk membuat spesimen sangat berpengaruh terhadap penambahan jumlah massa NaOH dan larutan aquades yang digunakan untuk merendam serat tersebut. Selain itu, semakin besar kadar NaOH yang digunakan untuk merendam serat tebu juga mengakibatkan kebutuhan massa NaOH juga meningkat. Sehingga dengan bertambahnya jumlah material – material tersebut mengakibatkan meningkatnya jumlah kebutuhan ekonomi pembuatan spesimen. Spesimen ke-7 dengan komposisi 30% serbuk kayu jati dan 70% serat ampas tebu tanpa perlakuan kimia alkali membutuhkan biaya pembuatan spesimen paling murah yakni sebesar Rp984,43. Sedangkan spesimen ke-9 dengan komposisi 30% serbuk kayu jati dan 70% serat ampas tebu yang menggunakan

perlakuan kimia alkali NaOH pada kadar 30% membutuhkan biaya pembuatan spesimen paling mahal yakni Rp1608,51.

4.3.4 Pemilihan Spesimen

Pemilihan spesimen dipilih dengan cara memilih spesimen mana yang paling berpotensi, baik ditinjau dari segi teknis maupun ekonomis. Untuk memilih spesimen tersebut, dilakukan proses sebagai berikut.

1. Melakukan pemberian peringkat atau ranking setiap spesimen berdasarkan data hasil pengujian pada tiap parameter.

Parameter yang digunakan yakni hasil pengujian massa jenis, hasil pengujian konduktivitas termal, data analisa kebutuhan ekonomi untuk setiap spesimen serta data analisa tingkat kemudahan pembuatan spesimen. Tabel 4.10 merupakan tabel hasil pemberian peringkat atau ranking.

Tabel 4.10 Hasil Pemberian Ranking atau Peringkat

Serat Acak	Komposisi		Kimia (%)	K (W/mK)	Rank	Densitas (g/cm ³)	Rank	
	Jati	Tebu						
Nomor Spesimen	1	70	30	0	0,7996	9	0,5621	9
	2	70	30	15	0,7225	7	0,5536	8
	3	70	30	30	0,7432	8	0,5519	7
	4	50	50	0	0,5813	5	0,5003	6
	5	50	50	15	0,2907	1	0,4901	5
	6	50	50	30	0,4069	2	0,4881	4
	7	30	70	0	0,6017	6	0,4876	3
	8	30	70	15	0,4733	3	0,4615	2
	9	30	70	30	0,5096	4	0,4524	1

Serat Acak	Komposisi		Kimia (%)	Ekonomi / Spesimen	Rank	Kemudahan (Rank)	
	Jati	Tebu					
Nomor Spesimen	1	70	30	0	994,93	3	7
	2	70	30	15	1104,32	4	1
	3	70	30	30	1262,39	7	2
	4	50	50	0	989,68	2	8
	5	50	50	15	1172,01	5	3
	6	50	50	30	1435,45	8	4
	7	30	70	0	984,43	1	9
	8	30	70	15	1239,69	6	5
	9	30	70	30	1608,51	9	6

2. Melakukan proses skoring pada spesimen.

Spesimen dengan ranking paling tinggi memiliki skor paling tinggi, begitupula sebaliknya spesimen dengan ranking paling rendah memiliki skor paling rendah.

3. Memberikan nilai berdasarkan data hasil skoring.

4. Mengalikan nilai dengan bobot tiap parameter

5. Menjumlah prosentase hasil pembobotan

Pada penelitian ini spesimen dengan hasil akhir paling besar dianggap sebagai spesimen paling optimal yang akan dijadikan rekomendasi pembuatan *Coolbox* baik *Coolbox* variasi susunan serat acak maupun variasi susunan serat lurus. Tabel 4.11 merupakan tabel hasil proses pemilihan spesimen.

Tabel 4. 11 Hasil Pemilihan Spesimen

Serat Acak		Komposisi		Kimia (%)	Konduktivitas (50%)			Densitas (20%)		
		Jati	Tebu		Skor	Nilai	%	Skor	Nilai	%
Nomor Spesimen	1	70	30	0	1	0,11	6%	1	0,11	2%
	2	70	30	15	3	0,33	17%	2	0,22	4%
	3	70	30	30	2	0,22	11%	3	0,33	7%
	4	50	50	0	5	0,56	28%	4	0,44	9%
	5	50	50	15	9	1,00	50%	5	0,56	11%
	6	50	50	30	8	0,89	44%	6	0,67	13%
	7	30	70	0	4	0,44	22%	7	0,78	16%
	8	30	70	15	7	0,78	39%	8	0,89	18%
	9	30	70	30	6	0,67	33%	9	1,00	20%

Serat Acak	Komposisi		Kimia (%)	Ekonomis (25%)			Kemudahan Pembuatan (5%)			Total %	Rank	
	Jati	Tebu		Skor	Nilai	%	Skor	Nilai	%			
Nomor Spesimen	1	70	30	0	7	0,78	19%	3	0,33	3%	31%	9
	2	70	30	15	6	0,67	17%	9	1,00	10%	48%	7
	3	70	30	30	3	0,33	8%	8	0,89	9%	35%	8
	4	50	50	0	8	0,89	22%	2	0,22	2%	61%	5
	5	50	50	15	5	0,56	14%	7	0,78	8%	83%	1
	6	50	50	30	2	0,22	6%	6	0,67	7%	70%	3
	7	30	70	0	9	1,00	25%	1	0,11	1%	64%	4
	8	30	70	15	4	0,44	11%	5	0,56	6%	73%	2
	9	30	70	30	1	0,11	3%	4	0,44	4%	61%	6

Berdasarkan Tabel 4.11, spesimen ke-5 dengan komposisi 50% serbuk kayu jati dan 50% serat ampas tebu dengan perlakuan perendaman menggunakan larutan alkali NaOH sebesar 5% memiliki peringkat pertama dengan prosentase akhir sebesar 83%. Sehingga spesimen ke-5 dianggap paling optimal baik dari segi teknis maupun segi ekonomis dan dijadikan sebagai material rekomendasi pembuatan *Coolbox*.

4.4 Hasil dan Pembahasan Pembuatan *Coolbox*

Spesimen dengan kriteria paling optimal baik dari segi teknik maupun segi ekonomis yang telah dipilih pada sub bab sebelumnya dijadikan sebagai acuan dalam pembuatan *Coolbox*. Spesimen terpilih merupakan spesimen yang dibuat dengan mengkomposisikan 50% serbuk kayu jati dan 50% serat ampas tebu yang telah diberi perlakuan kimia alkali NaOH sebesar 15% menggunakan matriks berupa polyurethane. Untuk membuat *Coolbox*, komposisi yang digunakan dalam proses pembuatannya dibuat sesuai dengan perbandingan komposisi yang digunakan dalam pembuatan spesimen. Dalam penelitian ini dibuat dua buah *Coolbox* dengan komposisi material yang sama dan dimensi yang sama namun hal yang membedakan yakni proses penyusunan serat ampas tebu yang telah diberi perlakuan kimia alkali NaOH di dalam ruang insulasi.



Gambar 4. 17 Gambar *Coolbox* Variasi Serat Acak dan *Coolbox* Variasi Serat Lurus

Coolbox pertama dibuat dengan variasi susunan serat acak sedangkan *Coolbox* kedua dibuat dengan variasi susunan serat lurus. Kedua variasi *Coolbox* ini nantinya akan dibandingkan dengan *Coolbox styrofoam*, namun *Coolbox styrofoam* diperlakukan sama seperti kedua *Coolbox* yang lain. Tabel 4.12 merupakan tabel spesifikasi *Coolbox* yang akan dilakukan pengujian.

Tabel 4. 12 Spesifikasi Coolbox

Bagian	Dimensi		
	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)
Tutup	33,5	24,5	28
Alas	31,5	22,5	
Insulasi	Keterangan		
	Jati	50	%
	Serat Tebu	50	%
	NaOH	15	%
	Massa Jenis	0,4901	g/cm ³
	Polyurethane	0,2171	g/cm ³
	Konduktivitas Termal	0,2907	W/mK
	Tebal	2	cm
Volume	8478,84	cm ³	
Lapisan	<i>Plywood</i>	4	mm
	Resin	1	cm

4.5 Pengujian Coolbox

**Gambar 4. 18** Proses Pengujian Coolbox

Pengujian dilakukan dengan cara melakukan pengujian sesuai keadaan yang ada di lapangan. Proses pengujian dilakukan di ruang terbuka depan Laboratorium Mesin Fluida, Departemen teknik Sistem Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada hari Kamis tanggal 10 Januari 2019 pukul 20.30 WIB. Pengujian mengenai waktu pengawetan dilakukan hingga ikan mencapai temperatur 20 °C sedangkan pengujian mengenai perubahan temperatur es, ikan, dan ruang *Coolbox* dilakukan selama 24 jam atau dengankata lain pengujian berakhir pada hari Jum'at tanggal 11 Januari 2019 pada waktu yang sama yakni pukul 20.30 WIB.

Pengujian dilakukan dengan cara mendinginkan ikan tongkol di dalam *Coolbox* menggunakan bantuan es. Ikan tongkol dan es yang digunakan untuk menguji setiap *Coolbox* dibuat sama memiliki perbandingan 1:5 yakni ikan tongkol memiliki massa kurang lebih 500 gram dan es memiliki massa sebesar 2,5 kilogram. Ikan tongkol disusun pada bagian atas es sedangkan es disusun pada bagian dasar *Coolbox*. Selain itu pada bagian tutup masing – masing *Coolbox* diberi ducktape sebagai media untuk mencegah kebocoran udara maupun temperatur. Untuk memperoleh data hasil pengujian, dibutuhkan satu buah termometer untuk mengukur temperatur lingkungan yang diletakkan di lingkungan sekitar tidak jauh dari letak *Coolbox*. Setiap *Coolbox* juga diberi tiga buah termometer yang diletakkan pada titik yang sama, yakni:

1. Titik 1 pada bagian dasar *Coolbox*
2. Titik 2 pada bagian badan ikan
3. Titik 3 pada bagian ruang dalam *Coolbox*

Hasil hasil pengujian *Coolbox* terpilih variasi serat acak, *Coolbox* terpilih variasi serat lurus, dan *Coolbox* berbahan insulasi *styrofoam* dapat dilihat pada lembar lampiran. *Coolbox* berisi ikan yang telah selesai dilakukan pengujian dibuka untuk mengetahui kondisi akhir ikan yang diawetkan pada hari Sabtu tanggal 12 Januari 2019 pukul 07.30 WIB. *Coolbox* dibuka ketika ikan pada *coolbox* yang berbahan insulasi *styrofoam* mencapai temperatur 20 °C. Berikut merupakan kondisi akhir ikan yang diawetkan pada masing – masing *coolbox*.

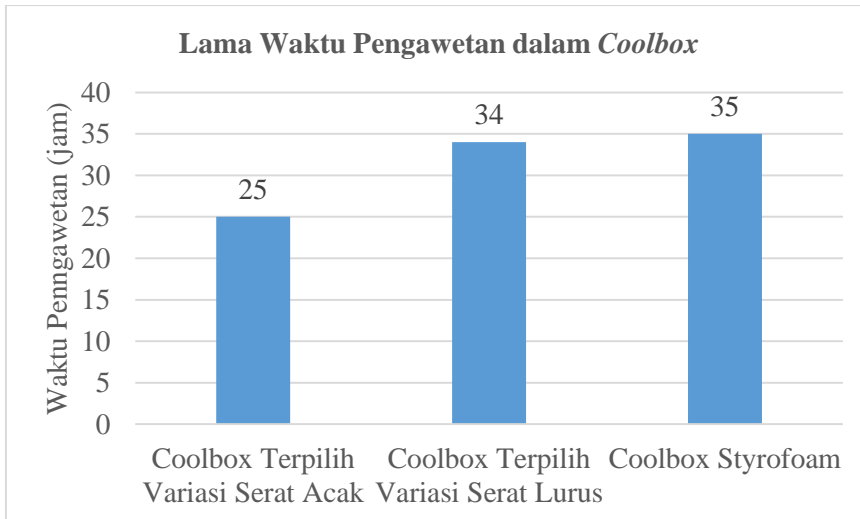


Gambar 4. 19 *Coolbox* Berbahan Insulasi Styrofoam, *Coolbox* Terpilih Variasi Serat Acak, *Coolbox* Terpilih Variasi Serat Lurus

4.6 Analisa Hasil Pengujian

4.6.1 Waktu Pengawetan

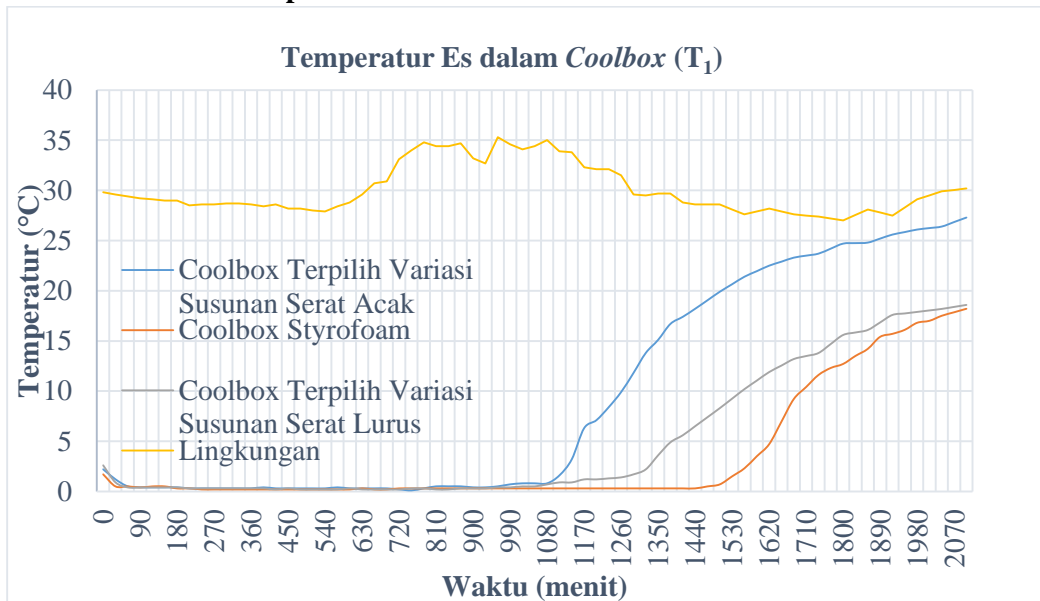
Untuk membandingkan ketiga jenis *Coolbox* yang diteliti yakni *Coolbox* terpilih dengan variasi serat acak, *Coolbox* terpilih dengan variasi serat lurus, dan *Coolbox* berbahan insulasi *styrofoam* salah satu parameter yang dapat digunakan yakni durasi waktu pengawetan ikan. Pada penelitian ini waktu pengawetan dibatasi hingga ikan mencapai temperatur 20 °C dikarenakan pada temperatur ini ikan dapat dikatakan masih dalam kondisi segar.



Gambar 4. 20 Grafik Lama Waktu Pengawetan dalam Coolbox

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.20, ikan sebagai beban pendingin mencapai temperatur 20 °C dalam waktu yang berbeda untuk setiap *coolbox* terpilih (komposisi 50% serbuk kayu jati dan 50% serat ampas tebu menggunakan perlakuan perendaman alkali NaOH 15%) dan *coolbox* berbahan insulasi *styrofoam*. Pada *coolbox* terpilih dengan variasi susunan serat acak, ikan mencapai temperatur 20,2 °C pada menit ke 1500 atau dalam durasi 25 jam. Untuk *coolbox* terpilih dengan variasi susunan serat lurus, ikan mencapai temperatur 20,2 °C pada menit ke 2040 atau selama 34 jam. Sedangkan pada *coolbox* berbahan insulasi *styrofoam*, ikan mencapai temperatur 20 °C pada menit ke 2100 atau selama 35 jam. Dapat disimpulkan jika *coolbox* berbahan insulasi *styrofoam* tetap dinyatakan unggul dari segi lama waktu pengawetan dibandingkan dengan kedua jenis *coolbox* terpilih lainnya. *Coolbox* terpilih dengan variasi susunan serat lurus memiliki perbedaan waktu pengawetan yang tidak terlalu jauh dengan *coolbox* berbahan insulasi *styrofoam* yakni *coolbox* berbahan insulasi *styrofoam* mampu mengawetkan ikan 1 jam lebih lama dibandingkan dengan *coolbox* terpilih dengan variasi susunan serat lurus. Sedangkan *coolbox* dengan variasi susunan serat acak memiliki perbedaan waktu yang jauh dengan *coolbox* berbahan insulasi *styrofoam* maupun *coolbox* terpilih dengan variasi susunan serat lurus. *Coolbox* berbahan insulasi *styrofoam* mampu mengawetkan ikan 10 jam lebih lama dibandingkan *coolbox* terpilih dengan variasi susunan serat acak, sedangkan *coolbox* terpilih dengan variasi susunan serat lurus mampu mengawetkan ikan 9 jam lebih lama dibandingkan *coolbox* dengan variasi susunan serat acak. Meski pada penelitian ini *coolbox* terpilih dengan variasi susunan serat acak atau lurus dibuat dari material, komposisi dan perlakuan yang sama yakni dibuat dari material serbuk jati dan ampas tebu yang masing – masing memiliki komposisi 50% dan diberi perlakuan kimia alkali berupa NaOH sebesar 15%, kedua *coolbox* ini memiliki perbedaan dari segi performa untuk melakukan proses pengawetan ikan.

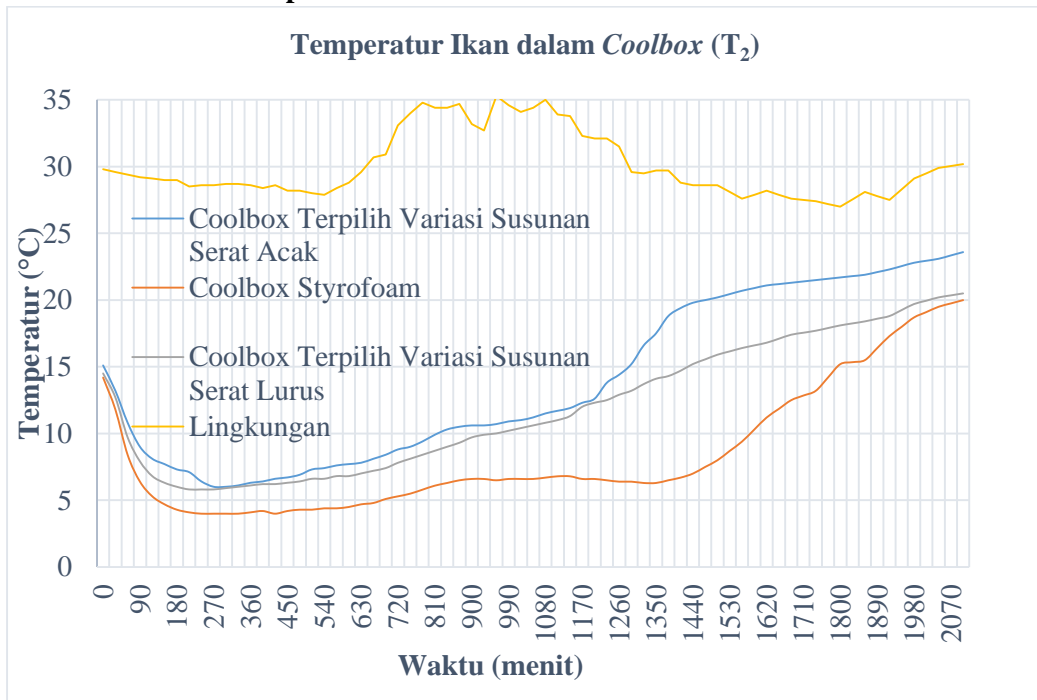
4.6.2 Perubahan Temperatur Es di Dalam *Coolbox*



Gambar 4. 21 Gambar Grafik Perubahan Temperatur Es Dalam Coolbox

Perubahan temperatur es di dalam *coolbox* diukur dengan cara meletakkan termokopel pada bagian permukaan dasar *coolbox* pada masing – masing *coolbox* yang dilakukan pengujian. Untuk mencapai suhu yang relatif tidak berubah atau dalam kondisi stabil ketiga jenis *coolbox* tersebut memiliki durasi waktu yang berbeda - beda dan nilai temperatur yang berbeda pula. *Coolbox* terpilih dengan variasi susunan serat acak memiliki nilai temperatur terendah sebesar 0,1 °C dan mencapai nilai temperatur yang hampir dikatakan tidak berubah atau relatif stabil saat mencapai temperatur 0,3 °C pada menit ke-210 hingga menit ke-690. Pada *coolbox* terpilih dengan variasi susunan serat lurus nilai temperatur terendah yang dicapai yakni 0,2 °C. Selain itu *coolbox* ini mencapai nilai temperatur yang relatif stabil yakni pada temperatur 0,3 °C pada menit ke-210 hingga menit ke-910. Sedangkan pada *coolbox* dengan bahan insulasi berupa *styrofoam* memiliki nilai temperatur terendah sebesar 0,2 °C dan mencapai mencapai nilai temperatur yang relatif stabil yakni pada temperatur 0,3 pada menit ke-180 hingga menit ke-1440. Berdasarkan data – data tersebut *coolbox* dengan bahan insulasi *styrofoam* memiliki kemampuan mempertahankan temperatur es relatif stabil paling lama dibandingkan kedua *coolbox* terpilih. Namun untuk membandingkan kedua jenis *coolbox* terpilih (komposisi 50% serbuk kayu jati dan 50% serat ampas tebu menggunakan perlakuan perendaman alkali NaOH 15%), *coolbox* dengan variasi susunan serat lurus memiliki performa mempertahankan nilai temperatur lebih baik dibandingkan dengan variasi susunan serat acak.

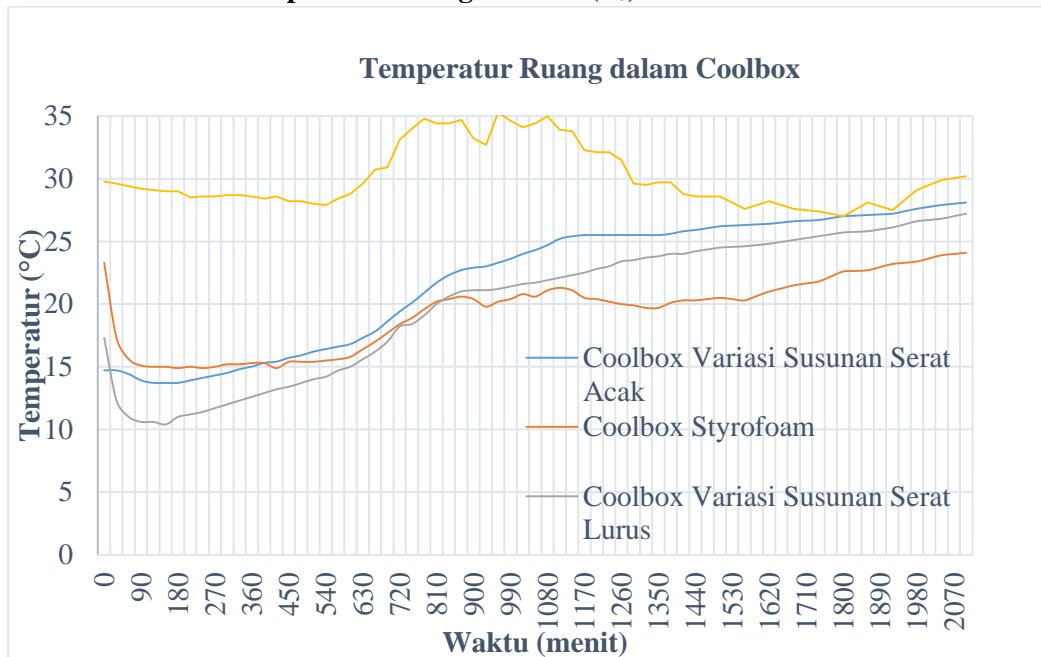
4.6.3 Perubahan Temperatur Ikan di dalam *Coolbox*



Gambar 4. 22 Gambar Grafik Perubahan Temperatur Ikan Dalam Coolbox

Untuk mengetahui perubahan temperatur ikan di dalam *coolbox*, termokopel dipasang pada badan ikan di masing – masing *coolbox*. Kemampuan untuk mencapai nilai temperatur terendah dan mempertahankan temperatur tersebut berbeda – beda pada masing – masing *coolbox*. *Coolbox* terpilih dengan variasi susunan serat acak memiliki nilai temperatur terendah sebesar 6 °C pada menit ke-270 hingga menit ke-300. Untuk *coolbox* terpilih dengan variasi susunan serat lurus memiliki nilai temperatur terendah sebesar 5,8 °C pada menit ke-210 hingga menit ke-270. Sedangkan *coolbox* dengan bahan insulasi berupa *styrofoam* memiliki nilai temperatur terendah sebesar 4 °C pada menit ke-240 hingga menit ke-330. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan jika *coolbox* berbahan insulasi *styrofoam* memiliki kemampuan menahan beban yang berupa ikan pada temperatur paling rendah yakni 4 °C dengan durasi waktu lebih lama. Sedangkan untuk kedua jenis *coolbox* terpilih (komposisi 50% serbuk kayu jati dan 50% serat ampas tebu menggunakan perlakuan perendaman alkali NaOH 15%) dengan perbedaan variasi susunan serat, *coolbox* dengan variasi susunan serat lurus memiliki temperatur lebih rendah dibandingkan serat acak.

4.6.4 Perubahan Temperatur Ruang *Coolbox* (T_3)



Gambar 4. 23 Gambar Grafik Perubahan Temperatur Ruang Dalam Coolbox

Perubahan temperatur ruang dalam *coolbox* sangat berpengaruh terhadap lingkungan atau sistem yang ada di sekitarnya. Untuk mengetahui nilai temperatur ruang *coolbox*, termokopel diletakkan di dalam ruang *coolbox* secara tertutup tanpa kontak dari luar. *Coolbox* terpilih dengan variasi susunan serat lurus awalnya mampu mencapai suhu paling rendah (10,4 °C) paling cepat dibandingkan dengan kedua *coolbox* yang lain. Namun seiring dengan meningkatnya temperatur lingkungan, temperatur pada *coolbox* ini juga meningkat secara signifikan. Begitu pula dengan *coolbox* terpilih dengan variasi susunan serat lurus mengalami kondisi yang sama namun capaian suhu terendahnya masih diatas *coolbox* terpilih dengan variasi susunan serat lurus yakni sebesar 13,7 °C. Berbeda dengan coolbok berbahan insulasi *styrofoam*, coolbok ini hanya mampu menencapai temperatur terendah sebesar 14,9 °C namun kelebihan dari *coolbox* ini yakni saat temperatur lingkungan berubah maka *coolbox* jenis ini tidak mengalami perubahan yang sangat signifikan.

4.7 Analisa Ekonomi

Pada penelitian ini, analisa ekonomi dilakukan untuk mengetahui apakah hasil yang diharapkan dalam penelitian memberikan keuntungan dan layak secara finansial. Analisa ekonomi yang dilakukan pada penelitian ini berupa perbandingan biaya investasi pembuatan *Coolbox* pada tiga buah *Coolbox* yang dilakukan penelitian. Ketiga *Coolbox* tersebut yakni *Coolbox* dengan variasi susunan serat acak, *Coolbox* dengan variasi susunan serat lurus, dan *Coolbox* berbahan insulasi *styrofoam*. Tujuan penggunaan *Coolbox* berbahan insulasi *styrofoam* yakni untuk dijadikan sebagai pembanding dalam proses penelitian dan analisa dengan alasan yakni *Coolbox* berbahan insulasi *styrofoam* saat ini masih tetep menjadi *Coolbox* dengan kualitas terbaik dengan harga yang murah

yakni sebesar Rp35.000,00. Selain itu, dikarenakan pada *Coolbox* dengan variasi susunan serat acak dan *Coolbox* dengan variasi susunan serat lurus hal yang menjadi pembeda terletak pada penyusunan seratnya maka untuk kebutuhan ekonomi pembuatan kedua *Coolbox* ini memiliki nilai yang sama. Tabel 4.14 merupakan tabel kebutuhan ekonomi pembuatan *Coolbox* dengan variasi susunan serat acak dan serat lurus.

Tabel 4. 13 Kebutuhan Ekonomi Pembuatan Coolbox

Material	Kebutuhan	Harga Satuan	Harga
Serbuk Jati	1660,79 gram	1,3 / g	Rp 2.214
Serat Tebu	654,25 gram	0,5 / g	Rp 327
NaOH	870,97 gram	25 / g	Rp 21.774
Aquades	2726,04 ml	1,5 / ml	Rp 4.089
Polyurethane	1696,97 ml	36 / ml	Rp 61.091
Total			Rp 89.496

Berdasarkan Tabel 4.13, *Coolbox* dengan variasi susunan serat acak dan *Coolbox* dengan variasi susunan serat lurus membutuhkan biaya produksi sebesar Rp89.496,00 dalam proses pembuatannya. Sehingga dapat disimpulkan jika *Coolbox* dengan variasi susunan serat acak dan *Coolbox* dengan variasi susunan serat lurus yang telah diberi perlakuan kimia alkali berupa perendaman NaOH 15% lebih mahal dibandingkan *Coolbox styrofoam*. Hal ini dikarenakan saat proses pembuatan *Coolbox* diperlukan proses perendaman menggunakan larutan alkali NaOH yang dalam proses pembuatan larutan NaOH tersebut dibutuhkan massa padatan NaOH sebagai zat terlarut sebesar 870,97 gram dengan harga Rp25/g dan aquades sebagai zat pelarut sebesar 2.726,04 ml dengan harga Rp1,5/ml. Selain itu jumlah polyurethane yang digunakan juga sangat berpengaruh signifikan terhadap biaya produksi pembuatan *Coolbox*. Pada penelitian ini, serbuk polyurethane yang dibutuhkan sebesar 1.696,97 ml dengan harga Rp36/ml. Semakin kasar bentuk serbuk kayu dan semakin besar komposisi serbuk kayu yang digunakan berpengaruh terhadap kebutuhan polyurethane dalam pembuatan *Coolbox* sehingga mengakibatkan jumlah biaya produksi *Coolbox* meningkat.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian mengenai “Pemanfaatan Campuran Limbah Serbuk Kayu Jati dan Serat Ampas Tebu dengan Perlakuan Variasi Susunan Serat dan Perendaman Alkali NaOH sebagai Bahan Insulasi Kotak Pendingin” yakni sebagai berikut:

1. Material insulasi spesimen kelima dengan komposisi 50% serbuk kayu jati dan 50% serat ampas tebu yang diberi perlakuan perendaman alkali NaOH sebesar 15% memiliki nilai konduktivitas terkecil yakni sebesar 0,2907 W/mK dibandingkan dengan material insulasi spesimen lain. Serbuk kayu jati dan serat ampas tebu yang dikomposisikan sebesar 50:50 memiliki nilai konduktivitas termal rata – rata terendah yakni sebesar 0,4263 W/mK dibanding serbuk kayu jati dan serat ampas tebu yang dikomposisikan sebesar 70:30 dan 30:70. Sedangkan serat ampas tebu yang diberi perlakuan kimia berupa perendaman di dalam larutan alkali NaOH pada kadar 15% memiliki nilai konduktivitas termal rata – rata terendah yakni sebesar 0,4955 W/mK dibanding tanpa perendaman ke dalam larutan alkali NaOH dan perendaman ke dalam larutan alkali NaOH pada kadar 30%.
2. Spesimen ke sembilan dengan komposisi 30% serbuk kayu jati dan 70% serat ampas tebu yang diberi perlakuan perendaman alkali NaOH sebesar 30% memiliki nilai massa jenis terkecil yakni 0,4524 gram/cm³. Spesimen ke tujuh dengan komposisi 30% serbuk kayu jati dan 70% serat ampas tebu tanpa perlakuan perendaman alkali NaOH membutuhkan biaya produksi yang lebih murah yakni Rp984,00 dibandingkan dengan spesimen lain. Spesimen kedua dengan komposisi 70% serbuk kayu jati dan 30% serat ampas tebu yang diberi perlakuan perendaman alkali NaOH sebesar 15% memiliki tingkat kemudahan pembuatan yang paling mudah dibandingkan dengan pembuatan spesimen lain. Spesimen kelima dengan komposisi 50% serbuk kayu jati dan 50% serat ampas tebu yang diberi perlakuan perendaman alkali NaOH sebesar 15% dinilai paling optimal dari segi teknis maupun ekonomis sehingga material yang digunakan untuk membuat *coolbox* dibuat sama dengan spesimen kelima dengan perbandingan tertentu.
3. Hasil pengujian *coolbox* dengan bahan insulasi berupa *styrofoam* mampu mencapai temperatur 20 °C untuk mengawetkan ikan dalam waktu 35 jam, sedangkan *coolbox* terpilih dengan variasi susunan serat lurus mampu mencapai temperatur 20 °C dalam waktu 34 jam dan *coolbox* terpilih dengan variasi susunan serat acak mampu mencapai temperatur 20 °C dalam waktu 25 jam.
4. Pada titik pertama atau pada bagian bawah permukaan es, *coolbox* terpilih dengan variasi susunan serat acak memiliki nilai temperatur terendah sebesar 0,1 °C dan mencapai nilai temperatur yang hampir dikatakan tidak berubah atau relatif stabil saat

mencapai temperatur 0,3 °C pada menit ke-210 hingga menit ke-690. Sedangkan *coolbox* terpilih dengan variasi susunan serat lurus nilai temperatur terendah yang dicapai yakni 0,2 °C dan mencapai nilai temperatur yang relatif stabil yakni pada temperatur 0,3 °C pada menit ke-210 hingga menit ke-910. Pada titik kedua atau pada bagian badan ikan, *coolbox* terpilih dengan variasi susunan serat acak memiliki nilai temperatur terendah sebesar 6 °C pada menit ke-270 hingga menit ke-300. Untuk *coolbox* terpilih dengan variasi susunan serat lurus memiliki nilai temperatur terendah sebesar 5,8 °C pada menit ke-210 hingga menit ke-270. Pada titik ketiga atau pada bagian ruang *coolbox*, *coolbox* terpilih dengan variasi susunan serat lurus mampu mencapai suhu paling rendah yakni 10,4 °C dengan durasi waktu paling cepat dibandingkan dengan kedua *coolbox* yang lain. Namun seiring dengan meningkatnya temperatur lingkungan, temperatur pada *coolbox* ini juga meningkat secara signifikan.

5. Untuk durasi waktu penangkapan ikan selama dua hari, *coolbox* dengan variasi susunan serat acak maupun lurus memiliki performa yang hampir sama dan dapat dijadikan sebagai alternatif pengganti *coolbox* berbahan insulasi *styrofoam*. Hal lain yang menjadi keunggulan dari *coolbox* dengan variasi susunan serat acak maupun lurus yakni penggunaan material dari bahan alam yang lebih ramah lingkungan.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang dilakukan dalam penelitian ini, terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam proses penelitian diantaranya sebagai berikut:

1. Serat tebu yang digunakan sebaiknya menggunakan serat tebu jadi bukan serat tebu kasar
2. Perlakuan kimia alkali NaOH sebaiknya padatan NaOH yang digunakan yakni padatan NaOH jenis pro analis bukan teknis agar hasil lebih maksimal
3. Perlu adanya pengujian nilai konduktivitas termal untuk spesimen dengan variasi susunan serat lurus menggunakan alat uji khusus

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2014. *Statistik Kementerian Lingkungan Hidup dan kehutanan*. Jakarta : Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan
- Y. S. Touloukian, R. W. Powell, C. Y. Ho and P. G. Klemens (1970a). *Thermophysical Properties of Matter Volume 1: Thermal Conductivity: Metallic Elements and Alloys*, IFI/Plenum Data Corp., New York, Washington.
- Y. S. Touloukian, R. W. Powell, C. Y. Ho and P. G. Klemens (1970b) *Thermophysical Properties of Matter Volume 2: Thermal Conductivity: Nonmetallic Solids*, IFI/Plenum Data Corp., New York, Washington
- Holman, J. 1994. *Perpindahan Kalor (Edisi Keenam)*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Ramadhan, dkk. 2013. *Konduktivitas Panas pada Papan Partikel*. Banda Aceh: Universitas Syiah Kuala
- Badrawada, I, G, Gde., Susilo, A. 2009. *Pengaruh Kepadatan Papan Partikel dari Tiga Jenis Serbuk Kayu Terhadap Nilai Konduktivitas Panasnya*.
- Maiwita, Fitri, dkk. 2014. *Pengaruh Variasi Komposisi Ampas Tebu dan Serbuk Gergaji pada Papan Partikel Terhadap Konduktivitas Termal*. Padang: Universitas Negeri Padang.
- Laksono, Pringgo Widyo Laksono, dkk. 2013. *Desain dan Manufaktur Green-Composite Ampas Tebu Lem Putih sebagai Bahan Papan Partikel dan Berkarakteristik Hambat Panas*. Surakarta: Universitas Negeri Sebelas Maret.
- Pratama, Rachmadani. 2017. *Pengaruh Proses Alkalisasi terhadap Morfologi Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Bahan Penguat Komposit Absorpsi Suara*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Pradana, M. A. 2017. *Pemisahan Selulosa dari Lignin Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Proses Alkalisasi untuk Penguat Bahan Komposit Penyerap Suara*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- E . Akin D. 2008. *Plant Cell Wall Aromatics: influence of degradation of biomass, biofuels,bioproducts, and bio process*. Vol. 2 page 288-303
- Albert L. Lehninger, David L. Nelson, dan Michael M. Cox. 2000. *Lehninger Principles of Biochemistry*. Worth Publishers, New York.
- MA. Fuqua , Huo S, Ulven CA. 2012. *Natural Fiber Reinforced Composites*. Vol. 52 page 259-320
- Sultoni, Yusuf. Moh. Farid, Alvian T. Wibisono. 2017. *Pengaruh Proses Alkali dan Fraksi Massa Serat terhadap Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Komposit Polyurethane/Coir Fiber*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Hidayat, M. 2017. *Pemanfaatan Limbah Serbuk Kayu sebagai Campuran Polyurethane pada Insulasi Palka Kapal Ikan Tradisional*, Surabaya: Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK - ITS.

- Abidin, M. .2017. *Desain Sistem Pendingin Ruang Muat Kapal Ikan Tradisional Menggunakan Insulasi dari Sekam Padi*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hidayat, M. N. 2017. *Modifikasi Sistem Pendingin Ruang Muat Kapal Ikan Tradisional dengan Insulasi Serbuk Kayu dan Karung Goni*. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sihombing, Puteri Ladika. *Desain Kotak Pendingin pada Kapal Nelayan Tradisional menggunakan Insulasi Campuran Serbuk Gergaji Kayu Sengon (Paraserianthes Falcataria (L.) Nielsen) dan Jerami*: : Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK - ITS.
- ASTM International. (n.d.). *Standard Test Method for Thermal Conductivity of Solids by Means of the GuardedComparative-Longitudinal Heat Flow Technique*. In ASTM International Annual Book, ASTM E 1225.
- S, Harry Abrido, dkk. 2012. *Pengaruh Penggunaan Larutan Alkali dalam Kekuatan Bentur dan Uji Degradasi pada Komposit Termoplastik Berpengisi Serbuk Serabut Kelapa*. Jurnal Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara, Volume 1 No. 22.
- Witono, Kris, dkk. 2013. *Pengaruh Perlakuan Alkali (NaOh) terhadap Morfologi dan Kekuatan Tarik Serat Mendong*. Jurnal Rekayasa Mesin Universitas Brawijaya Vol.4 hal.227-234.
- Alberto, Debi, dkk. 2015. *Analisa Konduktivitas Thermal Material Komposit Serat Sabut Kelapa dengan Perlakuan Alkali dan Resin Poliester*. Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Bung Hatt

LAMPIRAN



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
LABORATORIUM REKAYASA THERMAL
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN – FTI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
Kampus ITS Keputih-Sukolilo, Surabaya-60111 No.Hp 081932395864

Surabaya, 29 Januari 2019

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Achmad Taufik Rendi Kisserah
NRP : 0421154000002
Fakultas : Fakultas Teknologi Kelautan
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan

Telah melakukan pengambilan data Uji Konduktivitas Thermal pada tanggal 08 Oktober 2019 – 20 Oktober 2019 di Laboratorium Rekayasa Thermal Departemen Teknik Mesin FTI-ITS di bawah pengawasan dan atas ijin Koordinator Laboratorium Rekayasa Thermal.

Demikian surat keterangan ini dibuat agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya .

Hormat Kami,
Pihak Pengambil data,

Achmad Taufik Rendi Kisserah
0421154000002

Mengetahui,
Koordinator Laboratorium
Rekayasa Thermal

Andrew Tirtawijaya Listijabudhi
02111540000114

PENGAMBILAN DATA UJI KONDUKTIVITAS THERMAL

Nama Pengambil Data : Achmad Taufik Rendi Kisserah
 NRP : 0421154000002
 Waktu : 8 - 20 Oktober 2018
 Tempat : Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, ITS

Spesimen 1				
Susunan Serat	Acak	Massa	30,9 gram	
Komposisi	70 : 30	Diameter	38,1 mm	
Pertakuan Kimia	0%	Panjang	48,2 mm	
Nomor Pengambilan Data	T (°C)			
	T1	T2	T3	T4
1	98,8	98,6	70,9	33,8
2	98,6	98,4	71	33,6
3	98,5	98,3	71,1	33,6
4	98,8	98,6	71,9	34,1
5	98,3	98,1	71,6	33,8

Spesimen 2				
Susunan Serat	Acak	Massa	30,3 gram	
Komposisi	70 : 30	Diameter	38,5 mm	
Pertakuan Kimia	15%	Panjang	47 mm	
Nomor Pengambilan Data	T (°C)			
	T1	T2	T3	T4
1	105,2	105	78	38,4
2	105,2	105	78,1	38,5
3	105,1	104,9	78,2	38,5
4	105	104,8	78,1	38,6
5	105	104,8	78,1	38,5



Spesimen 3				
Susunan Serat	Acak	Massa	30,2 gram	
Komposisi	70 : 30	Diameter	37,7 mm	
Perlakuan Kimia	30%	Panjang	49 mm	
Nomor Pengambilan Data	T (°C)			
	T1	T2	T3	T4
1	104,4	104,2	80,2	38,3
2	104,4	104,2	80	38,2
3	104,4	104,2	80	38,2
4	104,3	104,1	80,1	38,2
5	104,4	104,2	80,1	38,2

Spesimen 4				
Susunan Serat	Acak	Massa	29 gram	
Komposisi	50 : 50	Diameter	38,8 mm	
Perlakuan Kimia	0%	Panjang	49 mm	
Nomor Pengambilan Data	T (°C)			
	T1	T2	T3	T4
1	97,1	97	61,5	36,2
2	97,1	97	61,7	36,4
3	97,2	97,1	61,7	36,3
4	97,2	97,1	61,7	36,4
5	97,2	97,1	61,6	36,4

Spesimen 5				
Susunan Serat	Acak	Massa	28,9 gram	
Komposisi	50 : 50	Diameter	39,5 mm	
Perlakuan Kimia	15%	Panjang	48,1 mm	
Nomor Pengambilan Data	T (°C)			
	T1	T2	T3	T4
1	99,2	99,1	78,5	30,5
2	99,2	99,1	78,4	30,5
3	99,3	99,2	78,4	30,6
4	99,3	99,2	78,5	30,6
5	99,3	99,2	78,4	30,5



Spesimen 6				
Susunan Serat	Acak	Massa	28,7 gram	
Komposisi	50 : 50	Diameter	39 mm	
Perlakuan Kimia	30%	Panjang	49,2 mm	
Nomor Pengambilan Data	T (°C)			
	T1	T2	T3	T4
1	103,2	103,1	71,1	35,1
2	103,2	103,1	71	35,1
3	103,1	103	71	35,2
4	103,1	103	71	35,1
5	103,1	103	71	35,2

Spesimen 7				
Susunan Serat	Acak	Massa	26,9 gram	
Komposisi	30 : 70	Diameter	37,7 mm	
Perlakuan Kimia	0%	Panjang	49,4 mm	
Nomor Pengambilan Data	T (°C)			
	T1	T2	T3	T4
1	94	93,9	61,9	35,8
2	94,1	94	61,9	35,8
3	94,1	94	62	35,9
4	94,1	94	62	35,9
5	94,1	94	62	35,8

Spesimen 8				
Susunan Serat	Acak	Massa	26,8 gram	
Komposisi	30 : 70	Diameter	39,2 mm	
Perlakuan Kimia	15%	Panjang	48,1 mm	
Nomor Pengambilan Data	T (°C)			
	T1	T2	T3	T4
1	98,6	98,5	67,1	37,2
2	98,6	98,5	67,2	37,3
3	98,5	98,4	67,1	37,2
4	98,5	98,4	67,1	37,2
5	98,5	98,4	67,1	37,3



Spesimen 9				
Susunan Serat	Acak	Massa	26,3 gram	
Komposisi	30 : 70	Diameter	38,9 mm	
Perlakuan Kimia	30%	Panjang	48,9 mm	
Nomor Pengambilan Data	T (°C)			
	T1	T2	T3	T4
1	103,1	103	64	35,4
2	103	102,9	64	35,5
3	103	102,9	64	35,4
4	103,1	103	64,1	35,4
5	103	102,9	64	35,3


Andrew Tirtawijaya L.

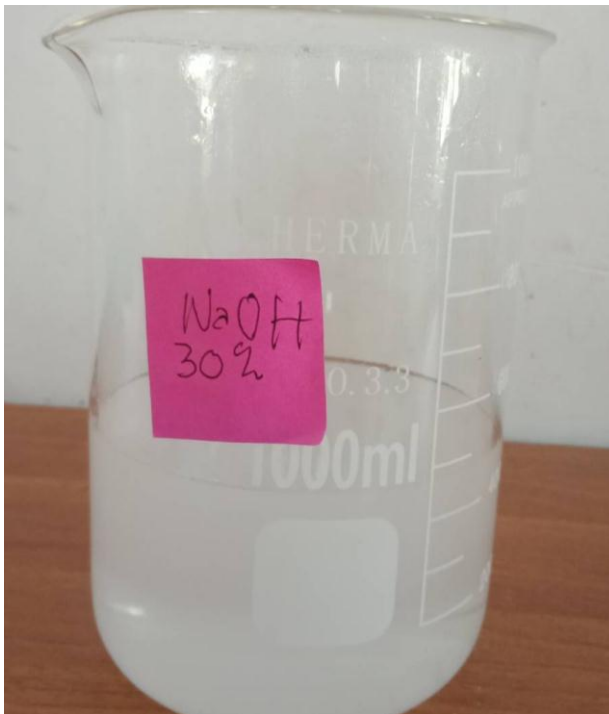


Tabel Hasil Pengujian Coolbox

Data ke-	Menit Ke-	Coolbox Terpilih Variasi Serat Acak			Coolbox Terpilih Variasi Serat Lurus			Coolbox Styrofoam			T _{Ling} (°C)
		T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	
		(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	
1	0	2,2	15,1	14,7	2,6	14,5	17,3	1,7	14,2	23,3	29,8
2	30	1,2	13,2	14,7	0,9	12,7	12,3	0,5	11,8	17,3	29,6
3	60	0,5	10,8	14,4	0,4	9,7	11	0,5	8,4	15,6	29,4
4	90	0,4	9	13,9	0,4	7,9	10,6	0,4	6,4	15,1	29,2
5	120	0,4	8,1	13,7	0,4	6,8	10,6	0,5	5,3	15	29,1
6	150	0,4	7,7	13,7	0,4	6,3	10,4	0,5	4,7	15	29
7	180	0,4	7,3	13,7	0,4	6	11	0,3	4,3	14,9	29
8	210	0,3	7,1	13,9	0,3	5,8	11,2	0,3	4,1	15	28,5
9	240	0,3	6,4	14,1	0,3	5,8	11,4	0,2	4	14,9	28,6
10	270	0,3	6	14,3	0,3	5,8	11,7	0,2	4	15	28,6
11	300	0,3	6	14,5	0,3	5,9	12	0,2	4	15,2	28,7
12	330	0,3	6,1	14,8	0,3	6	12,3	0,2	4	15,2	28,7
13	360	0,3	6,3	15	0,3	6,1	12,6	0,2	4,1	15,3	28,6
14	390	0,4	6,4	15,3	0,3	6,2	12,9	0,2	4,2	15,3	28,4
15	420	0,3	6,6	15,4	0,2	6,2	13,2	0,2	4	14,9	28,6
16	450	0,3	6,7	15,7	0,3	6,3	13,4	0,2	4,2	15,4	28,2
17	480	0,3	6,9	15,9	0,2	6,4	13,7	0,2	4,3	15,4	28,2
18	510	0,3	7,3	16,2	0,2	6,6	14	0,2	4,3	15,4	28
19	540	0,3	7,4	16,4	0,2	6,6	14,2	0,2	4,4	15,5	27,9
20	570	0,4	7,6	16,6	0,2	6,8	14,7	0,2	4,4	15,6	28,4
21	600	0,3	7,7	16,8	0,3	6,8	15	0,2	4,5	15,8	28,8
22	630	0,3	7,8	17,3	0,2	7	15,6	0,3	4,7	16,4	29,6
23	660	0,3	8,1	17,8	0,2	7,2	16,2	0,2	4,8	17	30,7
24	690	0,3	8,4	18,6	0,2	7,4	17	0,2	5,1	17,7	30,9
25	720	0,2	8,8	19,4	0,2	7,8	18,2	0,3	5,3	18,4	33,1
26	750	0,1	9	20,1	0,3	8,1	18,4	0,3	5,5	18,9	34
27	780	0,3	9,4	20,9	0,3	8,4	19,1	0,3	5,8	19,6	34,8
28	810	0,5	9,9	21,7	0,2	8,7	20	0,3	6,1	20,2	34,4
29	840	0,5	10,3	22,3	0,2	9	20,6	0,3	6,3	20,4	34,4
30	870	0,5	10,5	22,7	0,3	9,3	21	0,3	6,5	20,6	34,7

Data ke-	Menit Ke-	Coolbox Terpilih Variasi Serat Acak			Coolbox Terpilih Variasi Serat Lurus			Coolbox Styrofoam			T_{Ling} (°C)
		T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	
		(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	
31	900	0,4	10,6	22,9	0,3	9,7	21,1	0,3	6,6	20,4	33,2
32	930	0,4	10,6	23	0,3	9,9	21,1	0,3	6,6	19,8	32,7
33	960	0,5	10,7	23,3	0,4	10	21,2	0,3	6,5	20,2	35,3
34	990	0,7	10,9	23,6	0,4	10,2	21,4	0,3	6,6	20,4	34,6
35	1020	0,8	11	24	0,5	10,4	21,6	0,3	6,6	20,8	34,1
36	1050	0,8	11,2	24,3	0,5	10,6	21,7	0,3	6,6	20,6	34,4
37	1080	0,8	11,5	24,7	0,7	10,8	21,9	0,3	6,7	21,1	35
38	1110	1,6	11,7	25,2	0,9	11	22,1	0,3	6,8	21,3	33,9
39	1140	3,2	11,9	25,4	0,9	11,3	22,3	0,3	6,8	21,1	33,8
40	1170	6,3	12,3	25,5	1,2	12	22,5	0,3	6,6	20,5	32,3
41	1200	7,1	12,6	25,5	1,2	12,3	22,8	0,3	6,6	20,4	32,1
42	1230	8,4	13,8	25,5	1,3	12,5	23	0,3	6,5	20,2	32,1
43	1260	9,9	14,4	25,5	1,4	12,9	23,4	0,3	6,4	20	31,5
44	1290	11,8	15,2	25,5	1,7	13,2	23,5	0,3	6,4	19,9	29,6
45	1320	13,8	16,6	25,5	2,2	13,7	23,7	0,3	6,3	19,7	29,5
46	1350	15,1	17,5	25,5	3,6	14,1	23,8	0,3	6,3	19,7	29,7
47	1380	16,7	18,8	25,6	4,9	14,3	24	0,3	6,5	20,1	29,7
48	1410	17,4	19,4	25,8	5,6	14,7	24	0,3	6,7	20,3	28,8
49	1440	18,2	19,8	25,9	6,5	15,2	24,2	0,3	7	20,3	28,6
50	1470	19,1	20	26,1	7,4	15,6	24,4	0,5	7,5	20,4	28,6
51	1500	19,9	20,2	26,2	8,3	15,9	24,5	0,7	8	20,5	28,6
52	1530	20,7	20,5	26,3	9,25	16,2	24,6	1,5	8,7	20,4	28,1
53	1560	21,4	20,7	26,3	10,2	16,4	24,6	2,3	9,4	20,3	27,6
54	1590	22	20,9	26,4	11,1	16,6	24,7	3,5	10,3	20,7	27,9
55	1620	22,5	21,1	26,4	11,9	16,8	24,8	4,7	11,2	21	28,2
56	1650	22,9	21,2	26,5	12,6	17,1	25	6,95	11,9	21,3	27,9
57	1680	23,3	21,3	26,6	13,2	17,4	25,1	9,2	12,5	21,5	27,6
58	1710	23,5	21,4	26,7	13,5	17,6	25,3	10,4	12,9	21,7	27,5
59	1740	23,7	21,5	26,7	13,8	17,7	25,4	11,6	13,2	21,8	27,4
60	1770	24,2	21,6	26,9	14,7	17,9	25,6	12,3	14,2	22,2	27,2
61	1800	24,7	21,7	27	15,6	18,1	25,7	12,7	15,2	22,6	27

Data ke-	Menit Ke-	<i>Coolbox</i> Terpilih Variasi Serat Acak			<i>Coolbox</i> Terpilih Variasi Serat Lurus			<i>Coolbox Styrofoam</i>			T_{Ling} (°C)
		T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3	
		(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	
62	1830	24,8	21,8	27,1	15,9	18,3	25,8	13,5	15,4	22,7	27,55
63	1860	24,8	21,9	27,1	16,1	18,4	25,8	14,2	15,5	22,7	28,1
64	1890	25,2	22,1	27,2	16,9	18,6	26	15,4	16,4	23	27,8
65	1920	25,6	22,3	27,2	17,6	18,8	26,1	15,7	17,3	23,2	27,5
66	1950	25,9	22,6	27,4	17,8	19,3	26,4	16,1	18	23,3	28,3
67	1980	26,1	22,8	27,6	17,9	19,7	26,6	16,8	18,7	23,4	29,1
68	2010	26,3	23	27,8	18,1	20	26,7	17	19,1	23,7	29,5
69	2040	26,4	23,1	27,9	18,2	20,2	26,8	17,5	19,5	23,9	29,9
70	2070	26,9	23,4	28	18,4	20,4	27	17,9	19,8	24	30,05
71	2100	27,3	23,6	28,1	18,6	20,5	27,2	18,2	20	24,1	30,2



Larutan NaOH 30%



Spesimen Untuk Pengujian



Set Alat Pengujian Konduktivitas Termal



Hasil Pengukuran Suhu Pada Spesimen



Proses Penimbangan NaOH



Proses Pencampuran NaOH dengan Aquades Skala besar



Proses Perendaman Serat Ampas Tebu Skala Besar



Proses Pengeringan Serat Ampas Tebu



Proses Penimbangan Serbuk Kayu Jati



Proses Penimbangan Serat Ampas Tebu Variasi Serat Acak



Coolbox yang Akan diisi Material Terpilih



Ikan Tongkol Untuk Pengujian Temperatur Coolbox



Coolbox yang Dilakukan Pengujian



Pengukuran Temperatur Coolbox



Pengukuran Temperatur Lingkungan



Kondisi Ikan Setelah Mencapai 20 °C

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Lumajang pada tanggal 25 Agustus 1996 dan merupakan anak pertama dari pasangan Muhajir dengan Sulis Setyowati. Terlahir dengan nama Achmad Taufik Rendi Kisserah, penulis telah menjalani pendidikan formal di TK Aisyah Bustanul Athfal, SD Negeri Tempeh Lor 01, SMP Negeri 1 Tempeh, SMA Negeri 2 Lumajang. Pada tahun 2015, penulis diterima sebagai mahasiswa di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan NRP 0421154000002 melalui jalur SNMPTN. Di Departemen Teknik Sistem Perkapalan ini penulis mengambil bidang Marine Machinery and System (MMS). Selama menjalani perkuliahan, penulis aktif dalam berbagai kegiatan Himpunan Jurusan dan aktif mengikuti kompetisi karya tulis ilmiah tingkat nasional. Penulis menerima 23 kali penghargaan juara lomba karya tulis ilmiah, paper, essay, maupun business plan dalam durasi waktu 3 tahun. Penulis juga menerima penghargaan berupa Prosiding Paper ISSN 2620-4819 setelah menjadi juara pertama lomba paper ISSC (Indonesian Science Student Conference) di Universitas Gadjah Mada pada tahun 2017 dan reward inovasi di bidang maritim dari Bank Indonesia tahun 2017. Pada tahun 2017, penulis melakukan kegiatan Kerja Praktik pertama di PT. Lamongan Marine Industry dan pada tahun 2018, penulis melakukan kegiatan Kerja Praktik kedua di PT. Pertamina Refinery Unit IV (Marine Region IV) Cilacap. Penulis menyelesaikan studi S-1 dalam waktu 7 semester. Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK ITS merupakan salah satu tempat yang sangat istimewa bagi penulis dalam memperoleh ilmu dan mengembangkan *soft skill*.

Achmad Taufik Rendi Kisserah
Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan – FTK ITS Surabaya
taufikrendikisserah@gmail.com

