



**TUGAS AKHIR – ME184834**

**ANALISA PEMANFAATAN PELEPAH SALAK DAN KULIT  
SALAK SEBAGAI CAMPURAN BAHAN INSULASI PALKA  
KAPAL IKAN TRADISIONAL**

**Renaldi Ardiansyah Utomo  
NRP 04211745000035**

**Dosen Pembimbing  
Sutopo Purwono Fitri, ST., M.Eng., Ph.D  
Ede Mehta Wardhana, S.T., M.T.**

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





TUGAS AKHIR - ME184834

**ANALISA PEMANFAATAN PELEPAH SALAK DAN KULIT SALAK  
SEBAGAI CAMPURAN BAHAN INSULASI PALKA KAPAL IKAN  
TRADISIONAL**

Renaldi Ardiansyah Utomo  
NRP 04211745000035

Dosen Pembimbing  
Sutopo Purwono Fitri, ST., M.Eng., Ph.D  
Ede Mehta Wardhana, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2019



BACHELOR THESIS - ME184834

**ANALYSIS OF THE UTILIZATION OF SALACCA MIDRIB AND SKIN  
AS A MIXTURE OF INSULATION MATERIALS IN TRADITIONAL  
FISHING VESSEL**

Renaldi Ardiansyah Utomo  
NRP 04211745000035

Supervisor  
Sutopo Purwono Fitri, ST., M.Eng., Ph.D  
Ede Mehta Wardhana, S.T., M.T.

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

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ANALISA PEMANFAATAN PELEPAH SALAK DAN KULIT SALAK  
SEBAGAI CAMPURAN BAHAN INSULASI PALKA KAPAL IKAN  
TRADISIONAL**

**TUGAS AKHIR**

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

Oleh :

**RENALDI ARDIANSYAH UTOMO**  
NRP 04211745000035

Disetujui Oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir

1. **Sutopo Purwono Fitri, ST., M.Eng., Ph.D.**  
NIP. 197510062002121003
2. **Ede Mehta Wardhana, S.T., M.T.**  
NIP. 1992201711048

  
(.....)

  
(.....)

SURABAYA  
JULI, 2019

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

**LEMBAR PENGESAHAN**

**ANALISA PEMANFAATAN PELEPAH SALAK DAN KULIT SALAK  
SEBAGAI CAMPURAN BAHAN INSULASI PALKA KAPAL IKAN  
TRADISIONAL**

**TUGAS AKHIR**

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

Oleh :

**RENALDI ARDIANSYAH UTOMO**  
NRP 0421174500035

Disetujui Oleh

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



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

NIP. 1977 0802 2008 01 1007

**SURABAYA  
JULI, 2019**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## ANALISA PEMANFAATAN PELEPAH SALAK DAN KULIT SALAK SEBAGAI CAMPURAN BAHAN INSULASI PALKA KAPAL IKAN TRADISIONAL

Nama : Renaldi Ardiansyah Utomo  
NRP : 04211745000035  
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan  
Dosen Pembimbing 1 : Sutopo Purwono Fitri, ST., M.Eng., Ph.D  
Dosen Pembimbing 2 : Ede Mehta Wardhana, S.T., M.T.

### Abstrak

*Proses pendinginan merupakan salah satu metode pengawetan yang bertujuan untuk menghambat berkembangnya bakteri yang merugikan untuk kesegaran ikan. Dalam hal ini produksi ikan tangkap Indonesia, sampai saat ini masih menggunakan Styrofoam sebagai media penyimpanan ikan. Sayangnya, 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, melakukan pemanfaatan pelepah dan kulit salak (*Salacca zalacca*) sebagai material insulasi alternatif. Pada penelitian ini juga memberikan perlakuan kimia yaitu perendaman bahan insulasi ke dalam larutan alkali NaOH dengan konsentrasi 15% selama 1 jam untuk memperbaiki sifat mekanis serat dan mengurangi nilai konduktivitas termal material. Kemudian membandingkan antara yang telah diberikan perlakuan kimia dan yang tidak diberi perlakuan kimia.*

*Hasil pengujian dan analisa paling optimal didapat dengan mengkomposisikan 70% pelepah salak dan 30% kulit salak dengan melakukan perlakuan kimia yaitu perendaman alkali NaOH dengan konsentrasi 15% selama 1 jam. Nilai konduktivitas yang diperoleh yakni sebesar 0,316 W/mK, densitas sebesar 0,487 gram/cm<sup>3</sup>. Kemudian dengan komposisi bahan insulasi terpilih tersebut dilakukan pembuatan dan pengujian coolbox. Hasil pengujian coolbox menunjukkan suhu es minimum yang mampu dicapai coolbox adalah 0.3 °C, suhu ikan terendah yang mampu dicapai adalah 5.5 °C, suhu ruang coolbox terendah yang mampu dicapai adalah 16.8 °C dan mampu menjaga suhu ikan di bawah 20 °C selama 31 jam*

**Kata kunci** : coolbox, insulasi, konduktivitas termal, salak, NaOH, styrofoam

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# ANALYSIS OF THE UTILIZATION OF SALACCA MIDRIB AND SKIN AS A MIXTURE OF INSULATION MATERIALS IN TRADITIONAL FISHING VESSEL

**Student Name** : Renaldi Ardiansyah Utomo  
**NRP** : 04211745000035  
**Department** : Teknik Sistem Perkapalan  
**Supervisor 1** : Sutopo Purwono Fitri, ST., M.Eng., Ph.D  
**Supervisor 2** : Ede Mehta Wardhana, S.T., M.T.

## **Abstract**

*The cooling process is one of the preservation methods that aims to inhibit the development of harmful bacteria for fish freshness. In this case Indonesian capture fish production, until now still uses Styrofoam as a fish storage medium. Unfortunately, Styrofoam still has shortcomings, one of which is harmful to health and the environment. 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 its insulation material into environmentally friendly natural materials.*

*In this research, using salak midrib and salak skins (*Salacca zalacca*) as alternative insulation material. In this study also provided a chemical treatment that is soaking the insulating material into an alkaline NaOH solution with a concentration of 15% for 1 hour to improve the mechanical properties of the fiber and reduce the value of material thermal conductivity. Then compare between those who have been given chemical treatment and those not given chemical treatment*

*The most optimal test and analysis results were obtained by composing 70% salak midribs and 30% salak skins by carrying out a chemical treatment that is soaking alkaline NaOH with a concentration of 15% for 1 hour. The conductivity value obtained is equal to 0.316 W/mK, density of 0.487 gram/cm<sup>3</sup>. Then with the selected insulation material the coolbox is made and tested. The coolbox test results show the minimum ice temperature that can be achieved by the coolbox is 0.3 °C, the lowest temperature of the fish that can be reached is 5.5 °C, the lowest temperature of the coolbox chamber that can be reached is 16.8 °C and is able to keep fish temperatures below 20 °C for 31 hour*

**Keywords** : *Coolbox, Insulation, Thermal Conductivity, Salacca, NaOH, 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 “Analisa Pemanfaatan Pelepah Salak Dan Kulit Salak Sebagai Campuran Bahan Insulasi Palka Kapal Ikan Tradisional” 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 Budi Utomo dan Ibu Renimah 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 Sutopo Purwono Fitri, ST., M.Eng., Ph.D 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 Indra Ranu Kusuma, ST,M.Sc. selaku dosen wali penulis yang telah memberikan saran, kritik, nasihat, motivasi kepada penulis selama penulis menempuh masa perkuliahan.
8. Para Dosen Penguji, selaku dosen yang memberikan kritik, saran, serta masukan yang sangat bermanfaat untuk penyempurnaan tugas akhir ini
9. Seluruh dosen serta karyawan Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang telah memberi banyak ilmu dan membantu penulis selama perkuliahan.
10. Teman-teman LJ angkatan 2017 yang selalu membantu dan memberikan semangat kepada penulis. Terima kasih atas segala kritik dan saran serta motivasi yang telah kalian berikan
11. Teman-teman Kos Keputih Gang 3 no. 30 ( Fahri, Giovani, Atsil, Prima) yang selalu menemani makan, ngopi dan selalu bisa diandalkan

12. 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, Juli 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvii
BAB I .....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Rumusan Permasalahan.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	2
BAB II.....	3
TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Cool Box .....	3
2.2 Palka .....	3
2.3 Perpindahan Kalor.....	5
2.4 Konduktivitas Termal.....	8
2.5 Standard Pengujian Konduktivitas Termal ASTM E1225 – 3 .....	9
2.6 Tinjauan Pelepah Salak ( <i>Salacca zalacca</i> ).....	10
2.7 Tinjauan Kulit Salak ( <i>Salacca zalacca</i> ) .....	12
2.8 Polyurethane.....	13
2.9 Perlakuan Alkali NaOH.....	13
2.10 Penelitian Sebelumnya .....	14
BAB III METODE PENELITIAN.....	17
3.1 Metodologi Penelitian .....	17
3.2 Identifikasi Masalah dan Perumusan Masalah .....	18
3.3 Studi Literatur .....	18
3.4 Pembuatan Spesimen.....	18
3.4.1 Persiapan Material Spesimen .....	18
3.4.2 Pembuatan Spesimen Uji.....	21
3.5 Pengujian Spesimen .....	22
3.5.1 Pengujian Massa Jenis Spesimen .....	22
3.5.2 Pengujian Konduktivitas Termal Spesimen .....	23
3.6 Pembuatan Prototype.....	26
3.6.1 Pemilihan Spesimen .....	26
3.6.2 Pembuatan <i>Coolbox</i> .....	26
3.7 Pelaksanaan Percobaan.....	27
3.8 Analisa Data .....	28
3.9 Penyusunan Laporan .....	28
BAB IV .....	29
HASIL DAN PEMBAHASAN .....	29
4.1 Hasil dan Pembahasan Perlakuan Kimia NaOH .....	29
4.2 Hasil dan Pembahasan Pembuatan Spesimen.....	31

4.3	Hasil Pengujian Spesimen .....	36
4.3.1	Hasil Pengujian Massa Jenis Spesimen .....	36
4.3.2	Hasil Pengujian Konduktivitas Termal Spesimen .....	39
4.4	Pemilihan Spesimen .....	49
4.5	Hasil dan Pembahasan Pembuatan Coolbox .....	50
4.6	Pengujian Coolbox .....	51
4.7	Analisa Hasil Pengujian .....	53
4.7.1	Temperatur Es di Dalam <i>Coolbox</i> .....	53
4.7.2	Temperatur Ikan di dalam <i>Coolbox</i> .....	54
4.7.3	Temperatur Ruang <i>Coolbox</i> ( $T_3$ ) .....	55
BAB V	.....	57
KESIMPULAN DAN SARAN	.....	57
5.1	Kesimpulan.....	57
5.2	Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA	.....	58
LAMPIRAN	.....	61

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Cool Box Styrofoam.....	5
Gambar 2.2.	Perpindahan kalor konveksi dari suatu pelat datar .....	9
Gambar 2.3.	Skema Pengujian ASTM E1225 – 3.....	11
Gambar 2.4.	Desain Alat Pengujian. ....	12
Gambar 2.5.	Pelepah Tanaman Salak.....	13
Gambar 2.6.	Perbedaan Pelepah Salak .....	14
Gambar 2.7.	Kulit Salak .....	14
Gambar 2.8.	Polyurethane .....	15
Gambar 2.9.	NaOH.....	16
Gambar 3.1.	Flowchart Penelitian.....	19
Gambar 3.2.	Potongan Pelepah Salak .....	20
Gambar 3.3.	Proses Penjemuran Kulit Salak.....	22
Gambar 3.4.	Gambar Serat Hasil Perendaman yang Sudah Dikeringkan .....	22
Gambar 3.5.	Larutan NaOH .....	23
Gambar 3.6.	Gambar Spesimen yang Sudah Dicitak.....	24
Gambar 3.7.	Pengukuran Massa Spesimen .....	25
Gambar 3.8.	Gambar Spesimen yang Akan Dilakukan Pengujian.....	26
Gambar 3.9.	Gambar Instalasi Rangkaian Peralatan Uji Konduksi.....	26
Gambar 3.10.	Pemasangan Spesimen pada Alat Uji .....	27
Gambar 3.11.	Tampak Atas.....	28
Gambar 3.12.	Tampak Samping .....	29
Gambar 3.13.	Material Insulasi Coolbox.....	29
Gambar 3.14.	Peletakan Titik.....	30
Gambar 4.1.	Larutan NaOH .....	38
Gambar 4.2.	Proses Perendaman Kedalam Larutan NaOH.....	38
Gambar 4.3.	Hasil Perendaman .....	38
Gambar 4.4.	Reaksi pada Proses Alkalisasi .....	39
Gambar 4.5.	Spesimen 1.....	39
Gambar 4.6.	Spesimen 2.....	40
Gambar 4.7.	Spesimen 3.....	40
Gambar 4.8.	Spesimen 4.....	41
Gambar 4.9.	Spesimen 5.....	41
Gambar 4.10.	Spesimen 6.....	42
Gambar 4.11.	Spesimen 7.....	42
Gambar 4.12.	Spesimen 8.....	43
Gambar 4.13.	Spesimen 9.....	43
Gambar 4.14.	Spesimen 10.....	44
Gambar 4.15.	Spesimen.....	45
Gambar 4.16.	Massa Jenis Spesimen Tanpa Perlakuan Kimia.....	46
Gambar 4.17.	Massa Jenis Spesimen Tanpa Perlakuan Kimia.....	46
Gambar 4.18.	Perbandingan Massa Jenis Perlakuan Kimia dan Tanpa Kimia.....	47
Gambar 4.19.	Grafik Nilai Konduktivitas Termal Tanpa Perlakuan Kimia.....	54
Gambar 4.20.	Grafik Nilai Konduktivitas Termal dengan Perlakuan Kimia .....	55
Gambar 4.21.	Perbandingan Nilai Konduktivitas Termal .....	55

Gambar 4.22.	Perbandingan Nilai Konduktivitas Termal dengan Penelitian Sebelumnya.....	56
Gambar 4.23.	Coolbox Terpilih.....	58
Gambar 4.24.	Proses Pengujian Coolbox .....	60
Gambar 4.25.	Kondisi Akhir .....	60
Gambar 4.26.	Temperatur Es Dalam Coolbox .....	61
Gambar 4.27.	Grafik Perubahan Temperatur Ikan Dalam Coolbox .....	62
Gambar 4.28.	Perbandingan Lama Waktu Pengawetan Coolbox.....	63
Gambar 4.29.	Grafik Perubahan Temperatur Ruang Dalam Coolbox.....	64

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Nilai Konduktivitas Termal Berbagai Bahan.....	10
Tabel 2.2.	Komposisi Komponen Pelepah Salak.....	13
Tabel 2.3.	Komponen Kimia Pelepah Salak dengan Treatment Berbeda.....	14
Tabel 4.1.	Hasil Pengujian Konduktivitas Termal.....	48
Tabel 4.2.	Tabel A-1 .....	51
Tabel 4.3.	Hasil Perhitungan Konduktivitas Termal .....	53
Tabel 4.4.	Hasil Pemilihan Spesimen .....	58
Tabel 4.5.	Spesifikasi Coolbox .....	59

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1. Latar Belakang Masalah

Proses penanganan ikan pasca penangkapan memegang peranan yang sangat penting untuk mempertahankan kualitas hasil tangkapan ikan. Salah satu proses tersebut adalah proses pendinginan. Proses pendinginan merupakan salah satu metode pengawetan yang bertujuan untuk menghambat berkembangnya bakteri yang merugikan untuk kesegaran ikan. Keadaan di dalam ruang muat ikan sangat berpengaruh terhadap kualitas ikan dan berimbas kepada pendapatan nelayan karena hanya ikan yang berkualitas baik yang memiliki harga jual tinggi dan ikan dengan kualitas rendah harga jualnya akan menurun.

Dalam hal ini produksi ikan tangkap Indonesia, sampai saat ini masih menggunakan Styrofoam sebagai media penyimpanan ikan. Styrofoam tersebut tidak hanya digunakan pada kapal nelayan penangkap ikan, namun juga digunakan sebagai cool box yang sudah sangat umum dan mudah ditemukan di sekitar kita. Namun ternyata penggunaan Styrofoam tidaklah aman bagi lingkungan dan kesehatan. Menurut pakar persampahan dari Institut Teknologi Bandung (ITB), Enri Damanhuri, styrofoam adalah plastik yang paling bermasalah di antara jenis plastik lainnya karena membahayakan kesehatan dan lingkungan. Hal ini dikarenakan kandungan benzene pada styrofoam yang dapat menyebabkan kanker. Selain itu Styrofoam juga sangat sulit untuk terurai, dan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan. Styrofoam juga mengandung mikroplastik yang dapat dimakan ikan dan jika ikan tersebut dimakan manusia sama halnya manusia tersebut mengkonsumsi benzena yang terkandung dalam *styrofoam*.

Maka dari itu, salah satu cara untuk mengurangi penggunaan styrofoam, yaitu dengan cara penggunaan isolasi pada palka kapal ikan tradisional yang ramah lingkungan. Penggunaan palka berinsulasi dapat menghambat pencairan es balok selama proses penangkapan. Penggunaan insulasi dapat mempertahankan jumlah es balok mencapai 20-30% bahkan dapat mencapai 50% saat proses pendaratan dan pembongkaran. (Nasution,2014)

Pada penelitian ini penulis memanfaatkan pelepah dan kulit salak (*Salacca zalacca*) sebagai campuran bahan insulasi pada palka kapal ikan. Penelitian juga ingin mendapatkan nilai konduktivitas termal dari masing-masing bahan insulasi pelepah dan kulit salak dengan perlakuan kimia alkali yaitu perendaman dalam larutan NaOH maupun tanpa perlakuan kimia. Saat ini pelepah dan kulit salak masih belum dimanfaatkan secara optimal oleh masyarakat. Pada umumnya setelah panen buah salak, pelepah salak dipotong dan dibuang begitu saja sebagai limbah dan sama halnya kulit salak dibuang karena tidak dapat dimanfaatkan lagi. Padahal pelepah dan kulit salak memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan isolator, salah satunya sebagai pengawetan es. Sehingga pemanfaatan pelepah dan kulit salak ini diharapkan dapat meminimalisir perpindahan kalor yang terjadi dan dapat mempertahankan suhu tetap rendah untuk menjaga kesegaran ikan. Diharapkan dengan adanya penelitian ini 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 sifat thermis dan fisis dari pelepah salak dan kulit salak (*Salacca zalacca*) sebagai bahan insulasi?
2. Bagaimana performa kinerja dari penggunaan pelepah salak dan kulit salak (*Salacca zalacca*) sebagai bahan insulator palka kapan ikan tradisional ?
3. Bagaimana pengaruh perlakuan kimiawi alkali NaOH terhadap karakteristik dan performa kinerja bahan insulasi ?

## 1.3. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui karakteristik termal dan fisik berupa nilai konduktivitas termal dan massa jenis insulasi dari bahan insulasi pelepah salak dan kulit salak (*Salacca zalacca*)
2. Mengetahui performa kinerja dari insulasi campuran pelepah salak dan kulit salak (*Salacca zalacca*) menggunakan coolbox sebagai model palka dengan skala laboratorium
3. Mengetahui pengaruh perlakuan kimiawi alkali NaOH terhadap karakteristik dan performa kinerja bahan insulasi

## 1.4. Batasan Masalah

1. Dilakukan pengujian terhadap insulasi di laboratorium
2. Dalam penelitian ini hanya menentukan sifat fisis dan thermis ( nilai konduktivitas thermal dan massa jenis) dari campuran pelepah salak dan kulit salak
3. Penelitian hanya menganalisa teknologi insulasi menggunakan pelepah salak dan kulit salak
4. Pengujian performa kinerja insulasi pelepah salak dan kulit salak menggunakan coolbox sebagai model palka dengan skala laboratorium

## 1.5. Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini diharapkan limbah pelepah salak dan kulit salak yang terbuang dapat bermanfaat sebagai bahan campuran untuk pembuatan insulasi
2. Penelitian dapat digunakan sebagai salah satu media pembelajaran kedepannya untuk penggunaan pelepah salak dan kulit salak sebagai bahan insulator yang efektif dan ramah lingkungan

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Cool Box**

Cool Box atau yang disebut dengan kotak pendingin, adalah sebuah media penyimpanan berupa sebuah ruang yang terbuat dari bahan yang sukar menghantarkan panas, atau dapat juga disebut sebagai isolator atau insulator. Kotak pendingin dibuat dengan tujuan untuk menjaga suhu benda yang ada di dalamnya terpengaruh oleh suhu lingkungan. Hal ini sangat penting, untuk mempertahankan kualitas ikan. Semakin lama suhu dingin es dapat dijaga maka semakin lama pula proses pembusukan ikan terjadi.



*Gambar 2. 1 Cool Box Styrofoam*

Sumber : <http://www.sikumis.com>

Kotak pendingin ikan yang digunakan nelayan kebanyakan menggunakan styrofoam. Hal ini dikarenakan Styrofoam memiliki konduktivitas termal yang baik untuk menjadi bahan insulasi. Namun, Styrofoam merupakan salah satu bahan yang kurang ramah lingkungan sehingga dibutuhkan alternative bahan lainnya untuk menggantikannya.

#### **2.2 Palka**

Palka adalah suatu ruangan di dalam kapal yang memiliki fungsi sebagai media penyimpanan sementara untuk hasil tangkapan ikan selama kapal beroperasi. Hal ini bertujuan untuk mempertahankan kualitas ikan sampai ke tujuan, agar nilai ekonomis ikan itu sendiri tetap tinggi. Bentuk palkan secara umum dibedakan menjadi dua, yaitu berbentuk ruang empat persegi dan berbentuk mengikuti bentuk badan kapal dibagian dasar dan atau sisi samping.

Persyaratan palka kapal ikan di bagi menjadi 4 bagian, antara lain sebagai berikut:

1. Persyaratan teknis, yang harus dipenuhi oleh palka adalah mampu meminimalkan pengaruh panas yang masuk ke dalam palka. Panas yang masuk ke dalam palka akan memperbesar beban pendinginan. Akibatnya,

penurunan suhu tubuh ikan menjadi lebih lama dan usaha menstabilkan suhu ruang penyimpanan juga menjadi terganggu karena adanya fluktuasi.

2. Persyaratan ekonomis, ukuran ruang palka jangan terlalu luas, tetapi juga jangan terlalu sempit. Luas palka harus disesuaikan dengan kemampuan kapal dalam beroperasi dan menangkap ikan. Ruang yang terlalu luas dan tidak sesuai dengan hasil tangkapan yang diperoleh akan menyebabkan banyak ruang yang kosong tidak terisi. Semakin luas ruang palka maka panas juga semakin besar sehingga media pendingin yang diperlukan lebih banyak. Dengan demikian, biaya pendinginan menjadi lebih besar.
3. Persyaratan sanitasi dan higienis, palka ikan harus memiliki sistem sanitasi dan higienis yang baik. Hal ini bertujuan agar palka dapat dibersihkan dengan mudah, baik sebelum, maupun sesudah penyimpanan ikan. Palka yang kotor dapat menjadi sumber bersarangnya bakteri dan mikroorganisme lain. Sementara ikan merupakan bahan pangan yang sangat mudah terkontaminasi, terutama oleh bakteri. Oleh karena itu, permukaan palka yang mungkin bersinggungan langsung dengan ikan harus dibuat dari bahan-bahan yang kedap air, mudah dibersihkan, dan mempunyai permukaan yang halus.
4. Persyaratan biologis, palka harus dibuat dengan drainase yang baik untuk mengeluarkan air lelehan es, lendir, dan darah yang mungkin yang terkumpul di dasar palka. Selama penyimpanan dalam palka, es yang digunakan dalam penanganan ikan akan mencair dan air lelehan ini akan melarutkan kotorankotoran dan darah ikan. Air lelehan tersebut, jika tidak dikeluarkan, akan menggenangi dasar palka dan menjadi sumber pencemaran yang serius karena dalam air tersebut banyak mengandung bakteri.

Palka berinsulasi adalah tempat atau wadah yang dibuat dengan lapisan kekedapan yang dapat menghambat laju perpindahan panas untuk menjaga suhu didalam wadah/tempat yang bersifat tetap (fixed) ataupun dapat dipindahkan (portable) dari dan ke kapal perikanan yang bertujuan untuk mempertahankan kualitas hasil tangkapan (Hidayat, 2017). Manfaat dari penggunaan palka berinsulasi yaitu menghemat system pendingin es dan mutu kesegaran ikan dapat dipertahankan, meningkatkan harga jual ikan, waktu operasi penangkapan ikan lebih lama, memperkecil tingkat kerusakan ikan hasil tangkapan, meningkatkan pendapatan nelayan

Beberapa bahan yang dapat digunakan sebagai bahan insulasi antara lain :

1. Udara tidak bergerak, udara diam yang mati terkurung di antara dinding rangkap sejajar dan lembaran logam adalah bahan insulasi yang paling baik. Besarnya arus panas total yang melintasi rongga udara itu adalah jumlah dari arus panas oleh radiasi, konversi dan konduksi. Sekali terjadi arus konversi dan radiasi panas udara akan berubah menjadi bahan insulasi yang jelek.

2. Gabus, merupakan bahan insulasi dalam bentuk butiran atau lembaran, berpori, rongga udara terkurung dan halus. Bahan ini tidak tahan terhadap api dan serangga.
3. Kayu, kayu yang kering adalah bahan insulasi yang baik tetapi apabila kayu ini lembab akan menjadi konduktor. Kayu hanya efektif sebagai dinding palka, sehingga perlu diisi dengan bahan insulasi jenis lain antara dua lapis dinding.
4. *Fiberglass*, adalah gelas atau kaca dalam bentuk serat fleksibel. Bersifat tahan api, tahan panas, tidak berbau dan tahan terhadap serangga.
5. *Mineralwool*, adalah bahan yang berisi sel udara halus. Tahan terhadap api dan dapat diperoleh dalam bentuk butiran dan lembaran. Dalam penggunaannya perlu dilindungi dengan bahan kedap air.
6. *Styrofoam*, merupakan bahan yang memiliki konduktivitas yang sangat rendah, ringan, tahan terhadap serangga, tidak mudah lapuk, tahan terhadap asam encer dan alkali pekat, tidak tahan terhadap pelumas dan bensin, terbakar dengan lambat dan mudah dikeringkan.
7. *Foamglass*, merupakan matrik gelas yang terkurung masa sel gas yang sangat halus. Tahan terhadap api, tahan terhadap uap air dan tahan terhadap serangga
8. *Polyurethane*, merupakan bahan yang memiliki permeabilitas yang baik, tahan terhadap bahan kimia, pelumas dan pelarut, lazimnya bahan dapat terbakar, tetapi dibuat tahan api, dapat dipasang dalam bentuk panel, dipasang di tempat, atau disemprotkan

### 2.3 Perpindahan Kalor

Perpindahan kalor terjadi dari suatu fluida yang temperatur lebih tinggi kepada fluida yang temperaturnya lebih rendah. Kalor yang dipindahkan diantara kedua fluida itu, besarnya sangat tergantung pada kecepatan aliran fluida, arah alirannya, sifat-sifat fisik fluida, kondisi permukaan, dan luas bidang perpindahan panas serta beda temperatur diantara kedua fluida. ada 3 macam mekanisme perpindahan kalor, yaitu:

1. Secara molekuler, yang disebut dengan perpindahan kalor konduksi.
2. Secara aliran yang disebut dengan perpindahan kalor konveksi
3. Secara gelombang elektromagnet yang disebut dengan perpindahan kalor radiasi.

Dimana masing-masing sistem memiliki ciri atau karakter tertentu sesuai dengan prosesnya. Dalam suatu peristiwa, tiga cara perpindahan kalor tersebut dapat terjadi secara bersamaan.

#### 2.3.1 Konduksi / Hantaran

Jika pada suatu benda terdapat gradien temperatur, maka akan terjadi perpindahan kalor serta energi dari bagian yang bertemperatur tinggi ke bagian yang bertemperatur rendah, sehingga dapat dikatakan bahwa energi akan berpindah secara konduksi atau hantaran. Perpindahan kalor konduksi adalah perpindahan kalor yang mengalir dari daerah yang bertemperatur tinggi ke daerah yang bertemperatur lebih rendah di dalam suatu medium (padat, cair atau gas) atau antara medium-medium yang berlainan tetapi bersinggungan secara

langsung (kontak langsung). Pada konduksi ini perpindahan kalor yang terjadi akibat kontak langsung antara molekul-molekul dalam medium atau zat tersebut tanpa adanya perpindahan molekul yang cukup besar. Untuk kebanyakan zat, perpindahan kalor secara konduksi dengan mudah dapat dijelaskan dengan menggunakan teori partikel zat.

Konduksi kalor dapat dipandang sebagai akibat perpindahan kinetik dari suatu partikel ke partikel yang lain melalui tumbukan. Akibatnya partikel-partikel tetangganya bergetar dengan energi kinetik yang besar pula. Selanjutnya partikel-partikel ini memindahkan lagi energi kinetiknya ke tetangga berikutnya, demikian seterusnya. Secara keseluruhan tidak ada perpindahan partikel di zat tersebut. Ada zat yang mudah sekali menghantarkan atau merambatkan kalor, misalnya besi, baja, perak, tembaga aluminium dan jenis-jenis logam lainnya. Benda-benda yang mudah menghantarkan panas ini disebut dengan *konduktor*. Sebaliknya ada zat yang sulit merambatkan atau menghantarkan kalor, misalnya karet, plastik, kaca dan sebagainya. Zat yang sulit menghantarkan kalor ini disebut dengan *isolator*.

Adapun contoh perpindahan kalor secara konduksi di kehidupan sehari-hari adalah pegang ujung sendok makan yang terbuat dari logam sementara ujung lainnya dipanaskan di atas lilin, maka kalor dapat merambat melalui batang logam tersebut. Untuk perpindahan kalor konduksi ini dikemukakan oleh ilmuwan Prancis, *I.B.I. Fourier*, sebuah hubungan laju perpindahan panas konduksi  $qk$  dalam suatu bahan dinyatakan dengan:

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

Dimana :

- q           = Laju perpindahan panas (kJ/s, W)
- k           = Konduktivitas termal (W/m°C)
- A           = Luas penampang (m<sup>2</sup>)
- dT          = Perbedaan temperatur (°C, °F)
- dx          = Perbedaan jarak (m/s)

### 2.3.2 Konveksi / Aliran

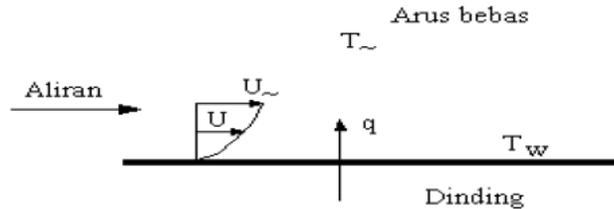
Perpindahan kalor secara konveksi adalah perpindahan kalor karena berpindahnya partikel-partikel atau materi zat itu sendiri. Konveksi seringkali dikaitkan dengan mekanisme perpindahan kalor antara permukaan padat dengan fluida ( cair atau gas ). Misalnya, jika materi zat tersebut adalah zat cair atau gas yang berpindah adalah zat cair atau gas itu sendiri. Proses transfer energinya merupakan gabungan antar konduksi, gerakan fluida yang bersifat mencampur partikel-partikel fluida dan penyimpanan energi di dalam fluida.

Jadi secara singkat mekanisme konveksi adalah melalui beberapa tahap sebagai berikut:

1. Pertama kalor mengalir secara konduksi dari permukaan padat ke partikel-partikel fluida yang di dekatnya.
2. Kalor ini menaikkan temperatur fluida dan energi dalamnya. Kemudian partikel-partikel yang bertemperatur tinggi bergerak ke arah partikel-partikel yang bertemperatur lebih rendah.

3. Dengan demikian timbul aliran fluida dan energi secara simultan. Energi sebenarnya disimpan pula dalam partikel-partikel fluida dan diangkut sebagai akibat gerakan massa partikel-partikel tersebut.

Perpindahan kalor konveksi merupakan perpindahan kalor dari suatu bagian ke bagian lain dari suatu fluida atau antar fluida ke fluida lain dengan adanya gerakan/aliran fluida-fluida tersebut, dimana perpindahan kalornya dengan arah tegak lurus terhadap arah aliran fluida.



**Gambar 2. 2** Perpindahan kalor konveksi dari suatu pelat datar

*Sumber: Thermodynamics: An Engineering Approach*

Secara umum diketahui bahwa sebuah pelat logam yang panas akan menjadi lebih cepat dingin bila ditaruh didepan kipas angin dibandingkan bilamana ditempatkan di udara tenang. Kecepatan udara yang ditiupkan ke pelat panas ini akan mempengaruhi laju perpindahan kalor. Sebagaimana terlihat pada gambar 2,  $T_w$  adalah temperatur permukaan pelat dan  $T_x$  adalah temperatur fluida. Apabila kecepatan di atas pelat adalah nol, maka disini kalor hanya dapat berpindah secara konduksi saja, akan tetapi bila fluida di atas pelat bergerak dengan kecepatan tertentu, maka kalor berpindah secara konveksi, dimana gradien temperatur bergantung dari laju fluida pembawa kalor.

Laju perpindahan kalor dipengaruhi oleh luas permukaan perpindahan kalor ( $A$ ) dan beda menyeluruh antara permukaan bidang dengan fluida, besaran  $h$  disebut koefisien perpindahan kalor konveksi yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$q = h \times A \times \Delta T \quad \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

- $q$  = Laju perpindahan panas (kJ/s, W)
- $h$  = Koefisien perpindahan panas konveksi (W/m<sup>2</sup>°C)
- $A$  = Luas penampang (m<sup>2</sup>)
- $\Delta T$  = Perbedaan temperatur (°C, °F)

### 2.3.3 Radiasi / Pancaran

Radiasi adalah proses dimana mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah, bila benda-benda itu terpisah di dalam ruang, bahkan bila terdapat ruang hampa diantara benda-benda tersebut. Cara perpindahan kalor ini melalui gelombang elektromagnetik dan dapat berlangsung walaupun diantara kedua benda tersebut terdapat ruang hampa. Setiap benda memancarkan kalor radiasi secara terus – menerus dan intensitas pancarannya bergantung pada temperatur benda dan sifat permukaan. Energi radiasi bergerak dengan kecepatan cahaya dan gejalanya menyerupai radiasi cahaya, memang menurut teori elektromagnetik yang membedakan keduanya adalah panjang gelombang.

Suatu benda dikatakan radiator sempurna atau benda hitam akan memancarkan energi radiasi dengan laju  $q$  yang diberikan oleh persamaan berikut:

$$q = e \sigma A T^4 \quad \dots\dots\dots (3)$$

Dimana :

- $q$  = Laju perpindahan panas (kj/s, W)
- $e$  = emisivitas benda teradiasi ( $0 < e < 1$ )
- $\sigma$  = Konstanta Stefan – Boltzman  
=  $5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$
- $T$  = Temperatur ( $^{\circ}\text{F}$ )

## 2.4 Konduktivitas Termal

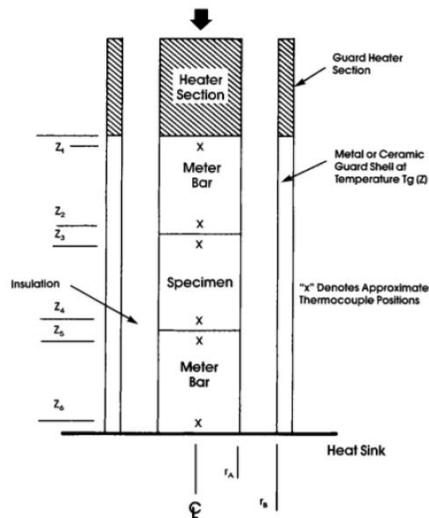
Koefisien konduktivitas termal digunakan untuk menentukan jenis dari material, yaitu penghantar panas yang baik atau konduksi panas yang tidak baik. Hal ini disebabkan karena  $k$  di artikan sebagai laju panas pada benda dengan gradien temperatur. Jika nilai konduktivitas termal suatu bahan semakin 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. Konduktivitas termal dari berbagai bahan dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 2. 1** Nilai Konduktivitas Termal Berbagai Bahan

Thermal conductivities of some materials at room conditions	
Material	Thermal conductivity, W/m · K
Diamond	2300
Silver	429
Copper	401
Gold	317
Aluminium	237
Iron	80.2
Mercury ( $\ell$ )	8.54
Glass	1.4
Brick	0.72
Water ( $\ell$ )	0.613
Human skin	0.37
Wood (oak)	0.17
Helium ( $g$ )	0.152
Soft rubber	0.13
Glass fiber	0.043
Air ( $g$ )	0.026
Urethane, rigid foam	0.026

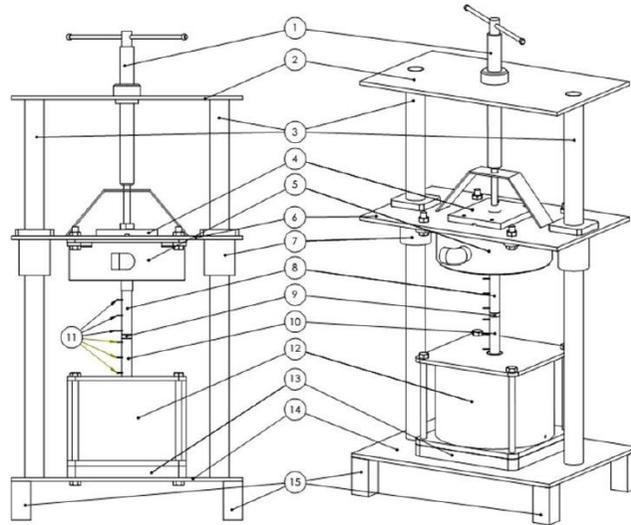
## 2.5 Standard Pengujian Konduktivitas Termal ASTM E1225 – 3

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  $0,2 < \lambda > 200$  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. 3** 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. 4** 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> |                           |

## 2.6 Tinjauan Pelepah Salak (*Salacca zalacca*)

Salak merupakan salah satu produk pangan asli Indonesia yang mempunyai prospek pengembangan dan pasar yang sangat potensial, harga terjangkau serta mempunyai nilai gizi yang tinggi. Salah satu daerah Jawa Timur yang dikenal menghasilkan buah salak adalah Kabupaten Bangkalan.

Berikut merupakan klasifikasi botani tanaman salak :

- |              |                 |
|--------------|-----------------|
| Kingdom      | : Plantae       |
| Sub Kingdom  | : Trachebionta  |
| Super Devisi | : Spermatophyta |
| Devisi       | : Magnoliophyta |
| Kelas        | : Liliopsida    |
| Sub Kelas    | : Arecidae      |

Ordo : Arecales  
 Familia : Areaceae  
 Genus : Salacca  
 Spesies : *Salacca zalacca* (Gaertn.) Voss



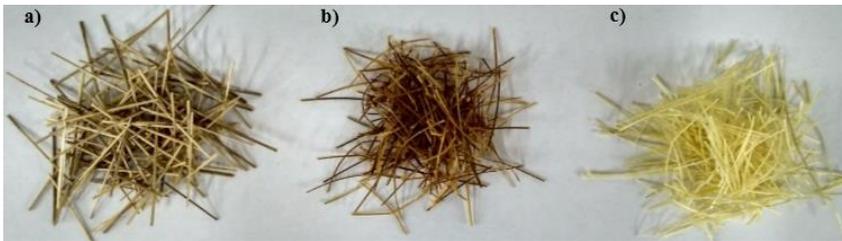
**Gambar 2. 5** Pelepah Tanaman Salak

Pada umumnya, setelah panen buah salak, pelepah dipotong dan dibuang begitu saja sebagai limbah. Padahal pelepah salak memiliki potensi untuk menjadi bahan insulasi. Ini dapat dilihat di bagian dalam pelepah salak terdiri dari serat-serat panjang. Menurut Rochardjo dkk. (2017), kandungan senyawa kimia penyusun serat pelepah dari tanaman salak sebagai berikut:

**Tabel 2. 2** Komposisi Komponen Pelepah Salak

Komponen	Persentase
selulosa	47.18 %
hemiselulosa	31.89 %
lignin	22.7 %

Terdapat beberapa penelitian mengenai pelepah salak sebagai bahan isolasi. Penelitian pertama dilakukan oleh Yudha (Teknik Mesin, Universitas Gadjah Mada), Heru Santoso Budi Rochardjo (Teknik Mesin, Universitas Gadjah Mada), dan Seno Darmanto (Teknik Mesin, Universitas Gadjah Mada) mengenai Studi isolasi pelepah salak dengan perlakuan kimia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perlakuan kimia dengan menggunakan alkali terhadap pelepah salak sebagai isolasi. Penelitian diawali dengan mengumpulkan serat dari pelepah salak yang kemudian diberi perlakuan kimia. Untuk tiap jenis spesimen dengan perlakuan yang berbeda memiliki penampakan fisik yang berbeda. Dapat dilihat dari gambar di bawah berikut :



**Gambar 2. 6** Perbedaan Pelepah Salak

Pada penelitian ini gambar a adalah serat pelepah salak murni. Gambar b merupakan serat pelepah salak dengan perlakuan kimia alkali NaOH. Gambar c merupakan serat pelepah salak dengan perlakuan bleaching. Dari ketiga specimen ini kemudian, didapatkan komposisi komponen pada pelepah salak seperti pada tabel di bawah berikut :

**Tabel 2. 3** Komponen Kimia Pelepah Salak dengan Treatment Berbeda

Material	Alpha-Cellulose (%)	Hemicellulose (%)	Lignin (%)
Raw SMF	47,18	31,89	22,27
Alkali	49,14	19,76	20,48
Bleached	51,81	23,12	18,83

Dari penelitian ini dapat disimpulkan jika pelepah salak digunakan sebagai bahan isolasi, dengan atau tanpa perlakuan kimia.

## 2.7 Tinjauan Kulit Salak (*Salacca zolacca*)



**Gambar 2. 7** Kulit Salak

Olahan utama dari salak ini dari buahnya, sampai saat ini kulit salak belum didayagunakan. Padahal kulit salak memiliki potensi untuk menjadi bahan insulasi. Dimana salak termasuk *angiospermae* yaitu tumbuhan berbiji tertutup yang memiliki struktur dinding sel yang kaku dan terusun dari selulosa. Selulosa merupakan komponen utama pembentukan dinding sel dan senyawa yang paling berlimpah termasuk terdapat dalam kulit salak.

Sedangkan manfaat kulit salak lainnya sebagai berikut :

1. Sebagai bahan baku briket arang karena mengandung karbon dan serat. Kandungan karbon dan serat pada tumbuhan dapat dijadikan sebagai bahan baku bahan briket arang.
2. Untuk menyembuhkan penyakit diabetes
3. Dapat dijadikan pupuk organik

## 2.8 Polyurethane



**Gambar 2. 8 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.

## 2.9 Perlakuan Alkali NaOH

Perlakuan kimia tertentu perlu dilakukan terhadap serat alam untuk meningkatkan kompabilitas 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<sup>-</sup> 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<sup>+</sup> memiliki diameter partikel yang sangat kecil dan dapat masuk ke pori terkecil serat sehingga dapat melepaskan minyak dan kontaminan lebih baik.



**Gambar 2. 9** Alkali NaOH

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

## 2.10 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)

Penelitian ini dilakukan modifikasi *cool box* berbahan insulasi serbuk kayu dan karung goni (kain goni). Percobaan dilakukan dari pengujian komposit serbuk kayu dengan perekat semen putih. 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.

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

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

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

Pada penelitian ini memodifikasi cool box menggunakan sekam padi yang dijadikan sebagai insulasi pada cool box. 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*.

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

Pada penelitian ini dilakukan modifikasi cool box dengan insulasi berbahan dasar campuran serbuk gergaji kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) dan jerami. 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/cm<sup>3</sup>. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *cool box* dengan insulasi serbuk gergaji kayu sengon dan jerami tidak lebih baik dari *cool box* dengan insulasi *styrofoam*.

5. Desain Modifikasi Coolbox pada Kapal Nelayan Tradisional Menggunakan Insulasi Campuran Serbuk Gergaji Kayu Sengon dan Sabut Kelapa dengan Perendaman Larutan Kalium Hidroksida (Hilmy Yassar)

Pada penelitian ini dilakukan modifikasi cool box dengan insulasi berbahan dasar campuran serbuk gergaji kayu Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) dan sabut kelapa dengan memberi perlakuan kimia alkali KOH. Pada penelitian ini melakukan beberapa variasi pada perlakuan kimia seperti KOH 15% dengan lama waktu perendaman 1 jam, KOH 15% lama waktu perendaman 2 jam, KOH 30% lama waktu perendaman 1 jam dan KOH 30% lama waktu perendaman 2 jam. Didapatkan hasil konduktivitas termal terendah 0.352 W/mK adalah spesimen 30% serbuk gergaji kayu sengon dan 70% sabut kelapa dengan perlakuan kimia KOH 15% lama waktu perendaman 1 jam.

6. 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

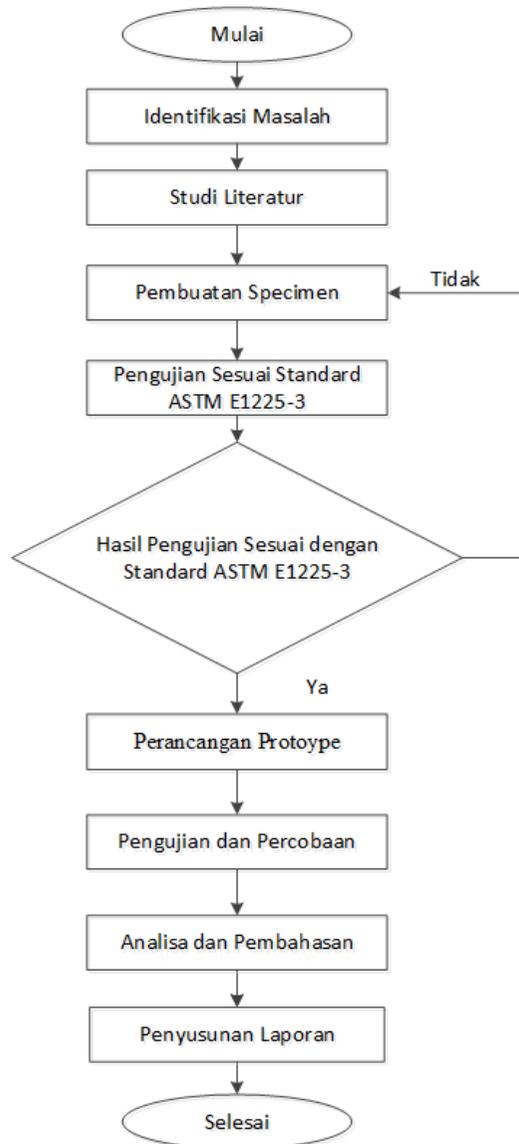
Pada penelitian ini dilakukan modifikasi cool box dengan insulasi berbahan dasar campuran serbuk gergaji kayu Jati dan serat ampas tebu dengan memberi perlakuan alkali NaOH. Didapatkan hasil konduktivitas termal terendah 0.29 W/mK adalah spesimen 50% serbuk gergaji kayu jati dan 50% serat ampas tebu dengan perlakuan kimia NaOH 15% lama waktu perendaman 1 jam.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## 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

Identifikasi masalah merupakan tahap awal dalam melaksanakan penelitian tugas akhir, dimana pada tahap ini dibutuhkan suatu solusi untuk menyelesaikan permasalahan. Permasalahan diperoleh dengan melakukan pencarian informasi mengenai permasalahan yang terjadi saat ini.

### 3.3 Studi Literatur

Tahap studi literatur ini bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan, informasi serta konsep konsep dasar. Studi Literatur ini bisa didapatkan melalui jurnal, buku, refrensi internet, ebook, dan segala sumber refrensi lainnya.

### 3.4 Pembuatan Spesimen

Setelah dilakukan studi literature terhadap tema terkait, maka didapatkan bahan yang akan dipakai sebagai bahan campuran insulasi palka kapal yaitu pelepah salak (*Salacca Zalacca*) dan kulit salak. Adapun selain itu, beberapa tambahan bahan untuk pembuatan specimen seperti larutan aquades, padatan NaOH, dan perekat polyurethane.

#### 3.4.1 Persiapan Material Spesimen

Persiapan material spesimen dilakukan sebelum dilakukannya proses pembuatan spesimen uji. Adapun material spesimen yang dipersiapkan berupa potongan pelepah salak, kulit salak, larutan aquades, padatan NaOH teknis, dan perekat polyurethane.

##### 3.4.1.1 Persiapan Pelepah Salak

Pelepah salak yang digunakan diperoleh dari hasil limbah perkebunan salak yang tidak terpakai. Selanjutnya pelepah salak tersebut dipotong-potong kemudian dilakukan proses pengeringan di bawah sinar matahari hingga kering kira-kira selama 8 jam untuk mengurangi kadar air di dalam pelepah salak.



*Gambar 3. 2 Potongan Pelepah Salak*

##### 3.4.1.2 Persiapan Kulit Salak

Pada persiapan kulit salak, kulit salak terlebih dahulu dijemur di bawah sinar matahari hingga kering. Penjemuran ini bertujuan agar mengurangi kadar air yang terdapat pada kulit salak.



**Gambar 3. 3** *Proses Penjemuran Kulit Salak*

Kemudian kulit salak yang telah dijemur kemudian dihaluskan. Setelah itu sebagian kulit salak diberi perlakuan kimia berupa perendaman menggunakan larutan alkali. Kulit salak 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** *Kulit Salak yang Sudah Dikeringkan*

**3.4.1.1 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%. 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.

$$M = \frac{\rho \times 10 \times \%}{Mr} \dots\dots\dots (4)$$

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.

$$n = M \cdot V \quad \dots\dots\dots (5)$$

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.

$$m = n \cdot M \quad \dots\dots\dots (6)$$

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.

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

$$m = \frac{M \times Mr \times V (ml)}{1000} \quad \dots\dots\dots (7)$$

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. 5 Larutan NaOH**

### 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 serta dengan atau tanpa perlakuan kimia alkali NaOH. Berikut adalah komposisi spesimen berserta variasi :

- Spesimen 1 = 100% pelepah salak : 0% kulit salak
- Spesimen 2 = 70% pelepah salak: 30 % kulit salak
- Spesimen 3 = 50% pelepah salak: 50 % kulit salak
- Spesimen 4 = 30% pelepah salak: 70 % kulit salak
- Spesimen 5 = 0% pelepah salak : 100% kulit salak
- Spesimen 6 = 100% pelepah salak : 0% kulit salak dengan perlakuan kimia NaOH
- Spesimen 7 = 70% pelepah salak: 30 % kulit salak dengan perlakuan kimia NaOH
- Spesimen 8 = 50% pelepah salak: 50 % kulit salak dengan perlakuan kimia NaOH
- Spesimen 9 = 30% pelepah salak: 70 % kulit salak dengan perlakuan kimia NaOH
- Spesimen 10 = 0% pelepah salak : 100% kulit salak dengan perlakuan kimia NaOH

Berikut tahapan – tahapan dalam proses pembuatan spesimen uji :

1. Menyiapkan bahan isolasi berupa serat pelepah salak dan kulit salak
2. Mencampur bahan utama dengan perekat polyurethane sesuai dengan ketentuan
3. 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 6.5 mL polyurethane dimasukkan ke dalam 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

4. Mengeluarkan spesimen dari cetakan
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

#### 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.

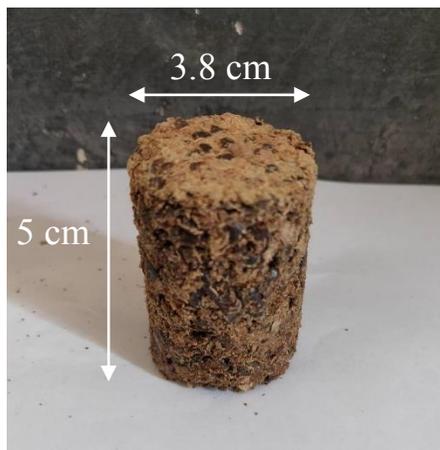
$$\rho = \frac{m}{V} \quad \dots\dots\dots (8)$$

Dimana :

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

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. 6** Gambar Spesimen yang Sudah Dicitak

2. Menimbang spesimen menggunakan timbangan digital



**Gambar 3. 7** Pengukuran Massa Spesimen

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**

Pengujian nilai konduktivitas termal spesimen dilakukan di Laboraturium Perpindahan Panas, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya 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**

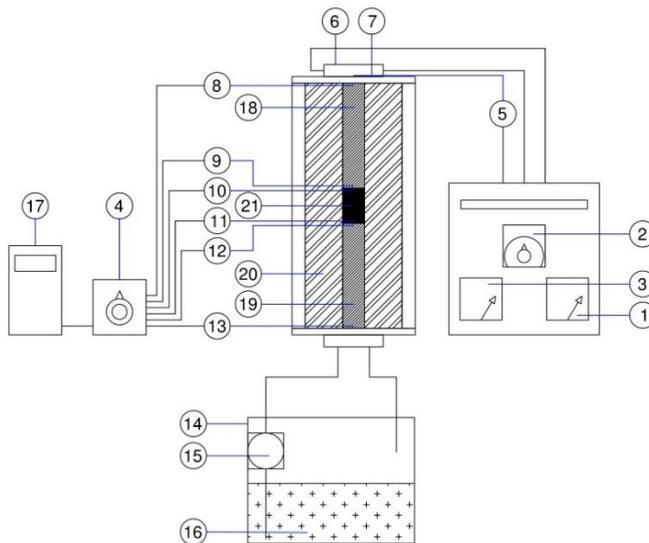
Spesimen yang telah dibuat dan akan diuji konduktivitas termalnya harus memiliki bentuk yang sesuai dengan alat uji. Di mana spesimen harus berbentuk silinder dengan permukaan alas dan permukaan atas rata sehingga dapat berkontak langsung dengan kedua logam tembaga penghantar panas alat uji konduktivitas termal. Kemudian untuk mengetahui suhu dari titik-titik spesimen dipasang termokopel. Termokopel dipasang pada dua titik spesimen yaitu ujung atas dan ujung bawah untuk mengetahui  $\Delta T$  specimen. Spesimen yang digunakan pada pengujian ini yakni spesimen yang telah disiapkan pada tahap sebelumnya yang berupa spesimen dengan variasi komposisi bahan insulasi serta yang dilakukan proses perendaman dengan menggunakan larutan alkali NaOH. Adapun nomor spesimen dengan nomor 1 hingga 5 merupakan specimen yang tidak dilakukan proses perendaman dengan NaOH. Sedangkan spesimen 6 hingga 10 dilakukan proses perendaman dengan NaOH.



**Gambar 3. 8** 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. 9** 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 ditunjukkan 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. 10** 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

Setelah mendapatkan data hasil dari pengujian, langkah selanjutnya adalah pembuatan prototipe *Coolbox*. Beberapa hal yang harus dilakukan dalam pembuatan prototype *Coolbox* sebagai berikut :

#### 3.6.1 Pemilihan Spesimen

Pemilihan spesimen dilakukan dengan memberi ranking atau peringkat pada setiap spesimen berdasarkan data hasil pengujian. 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 35%
3. Kemudahan pembuatan spesimen 15%

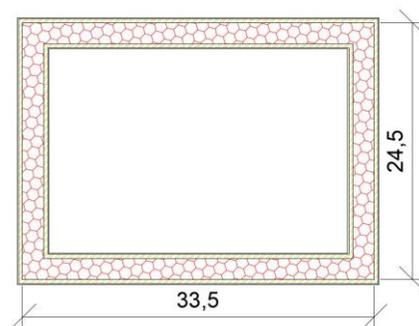
#### 3.6.2 Pembuatan *Coolbox*

Setelah menentukan specimen yang optimal maka pembuatan prototype dilakukan dengan dimensi sebagai berikut:

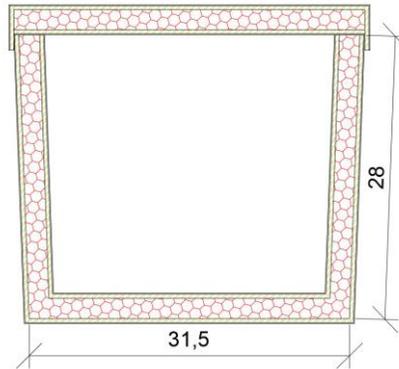
Panjang : 33,5 cm

Lebar : 24,5 cm

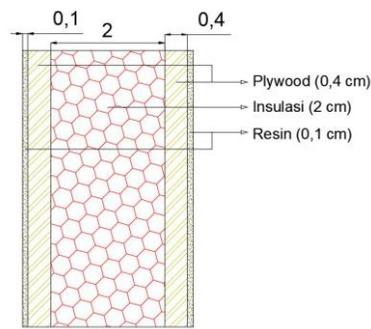
Tinggi : 27 cm



**Gambar 3. 11** Tampak Atas



**Gambar 3. 12 Tampak Samping**



**Gambar 3. 13 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.

### 3.7 Pelaksanaan Percobaan

Pada pelaksanaan percobaan dilakukan dengan membandingkan performa kinerja antara cool box bahan insulasi terpilih dengan *Coolbox* berbahan dasar *styrofoam*. Kedua *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 kilogram. Selanjutnya untuk membandingkan performa kinerja dilakukan percobaan dan observasi terhadap beberapa parameter, sebagai berikut :

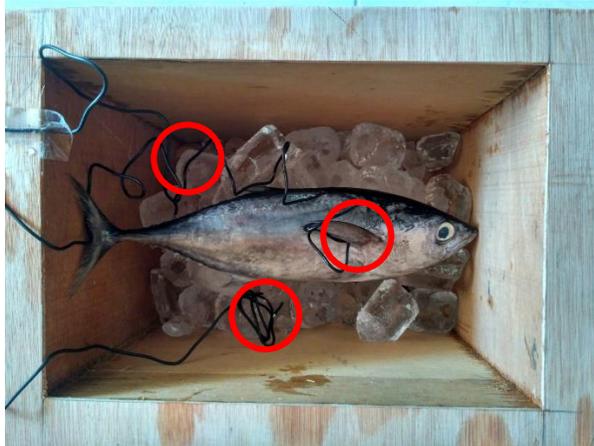
#### a. Waktu pendinginan

Waktu pendinginan yang diobservasi yakni lamanya waktu cool box yang berisi ikan dan es basah mencapai temperatur 20°C. Temperatur 20°C ditentukan karena pada temperatur inilah ikan dalam kondisi segar.

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

Pengamatan dilakukan yakni nilai temperatur terendah yang dicapai cool box dalam waktu 24 jam dengan rentang waktu pengambilan data setiap 30 menit sekali. Pengamatan dilakukan dengan mengamati temperatur pada beberapa titik pengamatan yakni sebagai berikut :

- Titik 1, pada bawah permukaan es
- Titik 2, di dalam badan ikan
- Titik 3, pada ruang cool box



**Gambar 3. 14** Peletakan Titik

### 3.8 Analisa Data

Pada analisa data dilakukan dengan membandingkan performa kinerja antara apparatus coolbox hasil penelitian dengan hasil penelitian sebelumnya dan coolbox berbahan dasar styrofoam. Dari data tersebut dilakukan analisa berdasarkan waktu pendinginan maksimal dan suhu terendah yang dicapai oleh *coolbox* selama proses pendinginan

### 3.9 Penyusunan Laporan

Penyusunan laporan merupakan tahapan terakhir, dimana laporan bertujuan untuk melaporkan segala kegiatan

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil dan Pembahasan Perlakuan Kimia NaOH

Pada penelitian ini perlakuan kimia 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.  $\text{Na}^+$  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. Pada penelitian ini perendaman serat dalam larutan alkali NaOH sebesar 15%, serta lama perendaman 1 jam. Untuk mendapatkan massa yang dibutuhkan dilakukan perhitungan. Berikut merupakan perhitungan jumlah massa NaOH yang hendak dilarutkan ke dalam pelarut aquades 500 ml:

$$\begin{aligned} \text{Volume aquades (v)} &= 500 \text{ ml} && = 0,5 \text{ liter} \\ \text{Massa jenis NaOH (}\rho\text{)} &= 2,13 \text{ g/cm}^3 \\ \text{Massa molekul relatif NaOH (Mr)} &= 40 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Larutan NaOH 15\%} \\ \text{\% massa} &= 15 \\ \text{Molaritas (M)} &= \frac{\rho \times 10 \times \%}{Mr} \\ M &= \frac{2,13 \times 10 \times 15}{40} \\ &= 7,987 \text{ M} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Massa NaOH} &= n \times Mr \\ &= 3,993 \times 40 \\ &= 159,75 \text{ gram} \end{aligned}$$

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.

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 direndam selama 2 jam. Serat hasil perendaman tersebut dikeringkan hingga kurang lebih 3 hari di bawah sinar matahari.



**Gambar 4. 1** Larutan NaOH



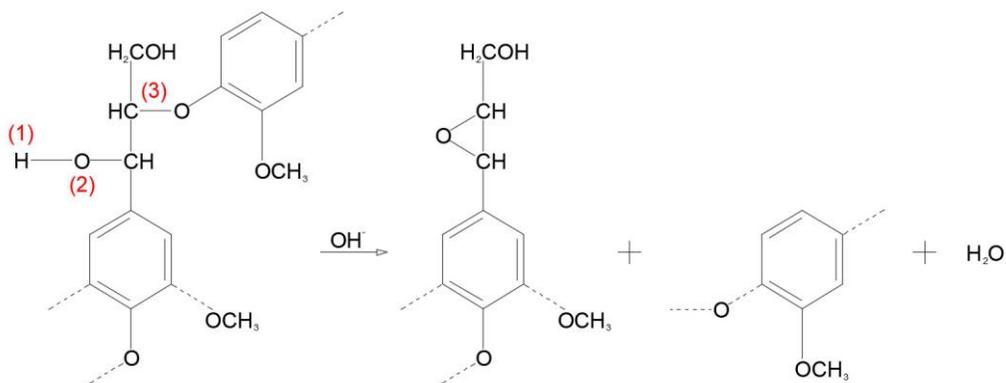
**Gambar 4. 2** Proses Perendaman Kedalam Larutan NaOH



**Gambar 4. 3** Hasil Perendaman

Dapat dilihat pada gambar 4.2 perbedaan 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% 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  $\text{Na}^+$  dan  $\text{OH}^-$ . Ion  $\text{OH}^-$  bereaksi dengan gugus H pada lignin kemudian membentuk  $\text{H}_2\text{O}$ . 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  $\text{Na}^+$  kemudian ikut larut dalam larutan basa sehingga lignin hilang apabila dibilas serta diameter serat menjadi ikut berkurang.

## 4.2 Hasil dan Pembahasan Pembuatan Spesimen

### 1. Spesimen 1



**Gambar 4. 5** Spesimen 1

Spesimen 1 dengan komposisi 100% pelepah salak tanpa perendaman alkali NaOH. Spesimen dibuat dengan dilakukan penambahan bahan perekat berupa polyurethane, bentuk spesimen yang dikeluarkan dari cetakan sedikit tidak teratur.

## 2. Spesimen 2



*Gambar 4. 6 Spesimen 2*

Spesimen 2 dengan komposisi 70% pelepah salak dan 30% kulit salak tanpa perendaman alkali NaOH. dilakukan penambahan bahan perekat berupa polyurethane. Pembuatan spesimen 2 memiliki tingkat kesulitan pembuatan spesimen yang lebih rendah dibandingkan spesimen 1 dikarenakan pencampuran antara bahan pelepah salak dan kulit salak dengan polyurethane lebih mudah rekat.

## 3. Spesimen 3



*Gambar 4. 7 Spesimen 3*

Spesimen 3 dengan komposisi 50% pelepah salak dan 50% kulit salak tanpa perendaman alkali NaOH. Pembuatan spesimen 3 memiliki tingkat kesulitan lebih rendah daripada pembuatan spesimen 2.

#### 4. Spesimen 4



***Gambar 4. 8 Spesimen 4***

Spesimen 4 dengan komposisi 30% pelepah salak dan 70% kulit salak tanpa perendaman alkali NaOH. Pembuatan spesimen 4 memiliki tingkat kesulitan lebih rendah daripada specimen 3, 2 dan 1 dikarenakan komposisi serat pelepah salak lebih sedikit dibandingkan dengan kulit salak. Dikarenakan kulit salak lebih mudah mereka dengan polyurethane.

#### 5. Spesimen 5



***Gambar 4. 9 Spesimen 5***

Spesimen 5 dibuat dengan mengkomposisikan 100% kulit salak tanpa perendaman alkali NaOH yang kemudian dilakukan penambahan bahan perekat berupa polyurethane. Pembuatan spesimen 5 memiliki tingkat kesulitan pembuatan spesimen yang lebih rendah dibandingkan spesimen sebelumnya dikarenakan serat diameter dari kulit salak lebih kecil dan mudah merekat dengan polyurethane.

#### 6. Spesimen 6

Spesimen 6 dengan komposisi 100% pelepah salak dilakukan perendaman alkali NaOH dengan konsentrasi sebesar 15% selama 1 jam. Kemudian spesimen dilakukan penambahan bahan perekat berupa polyurethane



*Gambar 4. 10 Spesimen 6*

Pembuatan spesimen 6 memiliki tingkat kesulitan pembuatan spesimen yang lebih rendah dibandingkan spesimen sebelum-sebelumnya. Dikarenakan kurang meratanya pencampuran polyurethane, pada beberapa bagian terdapat rongga.

#### 7. Spesimen 7



*Gambar 4. 11 Spesimen 7*

Spesimen 7 dibuat dengan mengkomposisikan 70% pelepah salak dan 30% kulit salak dengan perendaman alkali NaOH dengan konsentrasi sebesar 15% selama 1 jam. Spesimen dibuat dengan menggunakan matriks berupa polyurethane. Spesimen berwujud padat dengan rongga antar material di permukaan yang cukup sempit.

#### 8. Spesimen 8



*Gambar 4. 12 Spesimen 8*

Spesimen 8 dibuat dengan mengkomposisikan 50% pelepah salak dan 50% kulit salak dengan perendaman alkali NaOH dengan konsentrasi sebesar 15% selama 1 jam yang kemudian dilakukan penambahan bahan perekat berupa polyurethane. Pembuatan spesimen 8 memiliki tingkat kesulitan pembuatan spesimen yang lebih rendah dibandingkan spesimen 7 karena perekat polyurethane lebih mudah untuk merekat.

#### 9. Spesimen 9



*Gambar 4. 13 Spesimen 9*

Spesimen 9 dengan komposisi 30% pelepah salak dan 70% kulit salak dengan perendaman alkali NaOH dengan konsentrasi 15% selama 1 jam. Pembuatan spesimen 9 memiliki tingkat kesulitan pembuatan spesimen yang lebih rendah dibandingkan spesimen 8 namun sedikit lebih sulit dibandingkan spesimen 8 karena pada proses pembuatannya lem perekat polyurethane lebih mudah merekat dengan komposisi specimen.

## 10. Spesimen 10



**Gambar 4. 14** Spesimen 10

Spesimen 10 memiliki komposisi 100% kulit salak yang telah dilakukan perendaman alkali NaOH dengan konsentrasi sebesar 15% selama 1 jam. Spesimen dibuat dengan menggunakan matriks berupa polyurethane. Spesimen 10 adalah spesimen dengan tingkat kemudahan pembuatannya yang paling mudah.

### 4.3 Hasil Pengujian Spesimen

#### 4.3.1 Hasil Pengujian Massa Jenis Spesimen

Pengujian massa jenis bertujuan untuk menghitung nilai dari massa zat dalam tiap satuan volumenya. Massa jenis specimen dapat dihitung dengan membagi massa specimen dengan volume dari bentuk specimen itu sendiri, seperti pada persamaan berikut ini :

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

Dimana :

$\rho$  = Massa jenis (kg/m<sup>3</sup>)

$m$  = Massa (kg)

$V$  = Volume (m<sup>3</sup>)

Sedangkan volume specimen itu sendiri dari bentuk, dimensi panjang, lebar dan tinggi, dimana specimen ini berbentuk silinder maka persamaan yang digunakan :

$$V = A \times L$$

Dimana :

$L$  = Panjang

$D$  = diameter

$A$  = Luas permukaan

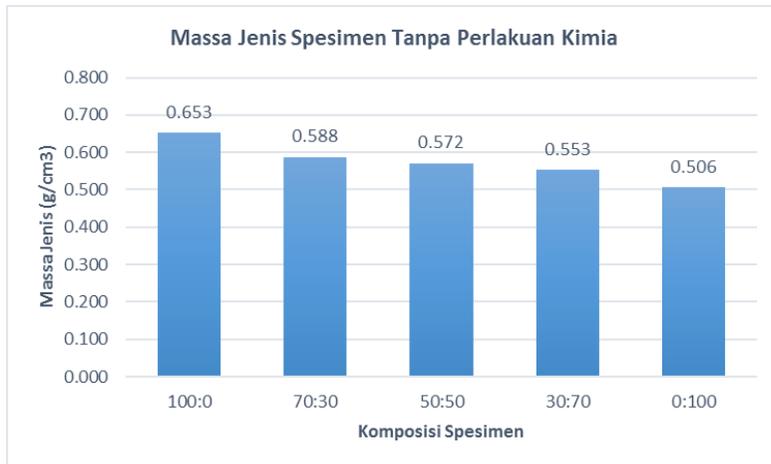
Berikut merupakan gambar dan data hasil perhitungan massa jenis / densitas salah satu specimen yang akan diuji.



**Gambar 4. 15** Spesimen

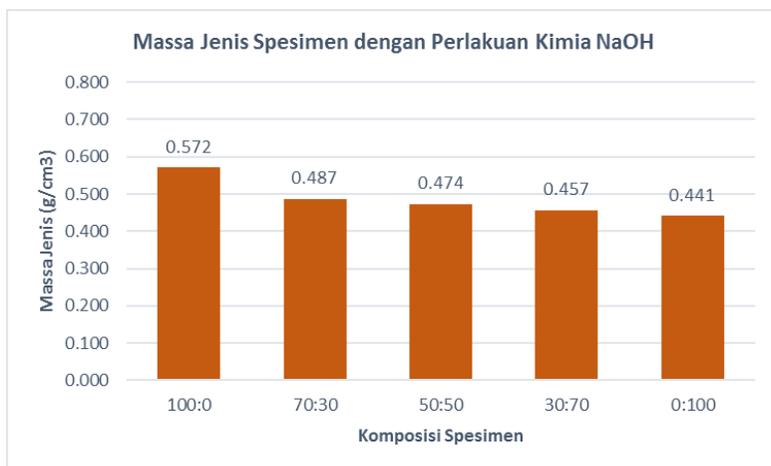
$$\begin{aligned}
 \text{Massa (m)} &= 25 \text{ gram} \\
 \text{Diameter (D)} &= 3,8 \text{ cm} \\
 \text{Jari - jari (r)} &= 1,9 \text{ cm} \\
 \text{Panjang (l)} &= 5 \text{ cm} \\
 \text{Luas (A)} &= \pi r^2 \\
 &= 3,14 \times 1,9^2 \\
 &= 11.34 \text{ cm}^2 \\
 \text{Volume (v)} &= A \times l \\
 &= 11.34 \text{ cm}^2 \times 5 \text{ cm} \\
 &= 56.7 \text{ cm}^3 \\
 \text{Densitas } (\rho) &= \frac{m}{V} \\
 &= \frac{25}{56.7 \text{ cm}^3} \\
 &= 0,441 \text{ g/ cm}^3
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh nilai massa jenis untuk setiap masing-masing specimen. Berikut hasil grafik massa jenis dari masing-masing spesimen seperti gambar di bawah ini



**Gambar 4. 16** Massa Jenis Spesimen Tanpa Perlakuan Kimia

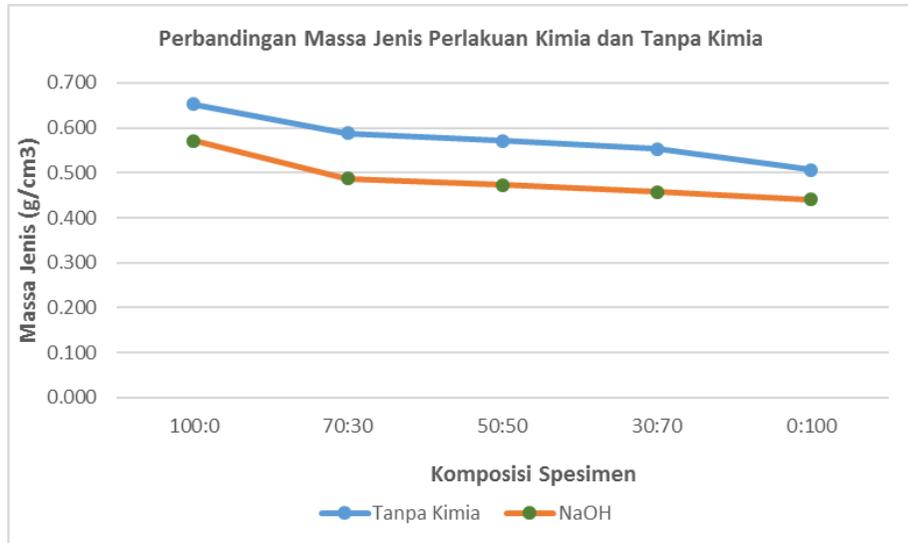
Perhitungan massa jenis kemudian dibandingkan dengan masing-masing specimen dengan tanpa perlakuan kimia. Berdasarkan grafik pada Gambar 4.13, specimen dengan nilai massa jenis terkecil yakni sebesar  $0.506 \text{ g/cm}^3$  adalah specimen dengan komposisi 100% kulit salak. Sedangkan massa jenis tertinggi dengan nilai  $0.653 \text{ g/cm}^3$  adalah specimen dengan komposisi 100% pelepah salak. Pada komposisi 70% pelepah salak dan 30% kulit salak memiliki nilai massa jenis  $0.588 \text{ g/cm}^3$ . Kemudian komposisi 50% pelepah salak dan 50% kulit salak memiliki nilai massa jenis  $0.572 \text{ g/cm}^3$ . Spesimen dengan komposisi 30% pelepah salak dan 70% kulit salak memiliki nilai massa jenis  $0.553 \text{ g/cm}^3$ .



**Gambar 4. 17** Massa Jenis Spesimen Tanpa Perlakuan Kimia

Pada gambar grafik diatas membandingkan massa jenis masing-masing specimen yang telah diberi perlakuan alkali kimia NaOH 15%. Berdasarkan gambar 4.14, grafik tersebut menunjukkan specimen dengan nilai massa jenis terkecil yakni sebesar  $0.441 \text{ g/cm}^3$  adalah specimen dengan komposisi 100% kulit salak. Sedangkan massa jenis tertinggi dengan nilai  $0.572 \text{ g/cm}^3$  adalah specimen dengan komposisi 100% pelepah

salak. Pada komposisi 70% pelepah salak dan 30% kulit salak memiliki nilai massa jenis  $0.487 \text{ g/cm}^3$ . Kemudian komposisi 50% pelepah salak dan 50% kulit salak memiliki nilai massa jenis  $0.474 \text{ g/cm}^3$ . Spesimen dengan komposisi 30% pelepah salak dan 70% kulit salak memiliki nilai massa jenis  $0.457 \text{ g/cm}^3$



**Gambar 4. 18** Perbandingan Massa Jenis Perlakuan Kimia dan Tanpa Kimia

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.18, dapat disimpulkan bahwa spesimen dengan perlakuan kimia alkali NaOH 15% memiliki nilai massa jenis lebih rendah dibandingkan dengan spesimen yang tidak diberi perlakuan kimia. Hal ini disebabkan proses alkalisasi atau perendaman material dalam larutan alkali yang dapat mengakibatkan diameter dari serat berkurang. Spesimen dengan komposisi 100% pelepah salak dengan perlakuan kimia alkali NaOH 15% memiliki nilai massa jenis terendah yaitu  $0.441 \text{ g/cm}^3$ , sedangkan nilai massa jenis tertinggi adalah spesimen dengan komposisi 100% pelepah salak tanpa perlakuan kimia yang memiliki nilai sebesar  $0.653 \text{ g/cm}^3$ .

#### 4.3.2 Hasil Pengujian Konduktivitas Termal Spesimen

Pengujian konduktivitas termal dilakukan dengan pengambilan data setiap spesimen sebanyak 5 kali dengan selang waktu 5 menit. Pengujian ini dilakukan dengan cara memanaskan tembaga pada alat uji konduktivitas termal dengan suhu kurang lebih  $100^\circ\text{C}$  hingga keadaan steady. Kemudian dari data tersebut dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai konduktivitas termal dari masing-masing spesimen. Berikut hasil dari pengujian konduktivitas termal pada sepuluh spesimen yang diuji :

**Tabel 4. 1** Hasil Pengujian Konduktivitas Termal

Spesimen 1 (100:0)		T (°C)			
		T1	T2	T3	T4
Pengambilan Data ke-	1	92.3	91.9	89.6	50.1
	2	92.3	91.6	89.4	49.9
	3	92.3	91.9	89.5	50
	4	92	91.7	89.3	49.8
	5	92.1	91.8	89.5	50.2

Spesimen 2 (70:30)		T (°C)			
		T1	T2	T3	T4
Pengambilan Data ke-	1	92.7	92.3	86.8	48
	2	92.7	92.3	88.2	48.7
	3	93.6	93.3	89	48.9
	4	93.8	93.5	88.5	48.9
	5	93.7	93.3	89.1	48.8

Spesimen 3 (50:50)		T (°C)			
		T1	T2	T3	T4
Pengambilan Data ke-	1	90.8	90.4	88	61.7
	2	90.9	90.4	88.1	61.9
	3	90.7	90.2	88	61.8
	4	90.8	90.5	88.3	62
	5	90.8	90.5	88.2	62

Spesimen 4 (30:70)		T (°C)			
		T1	T2	T3	T4
Pengambilan Data ke-	1	92.9	92.5	86.7	58.1
	2	92.8	92.4	86.3	58.4
	3	92.8	92.2	86.5	58.5
	4	92.9	92.3	86.7	58.4
	5	92.7	92.1	86.4	58.5

Spesimen 5 (0:100)		T (°C)			
		T1	T2	T3	T4
Pengambilan Data ke-	1	91.1	90.7	62.9	37.9
	2	91.5	91.1	63.2	38
	3	91.4	90.9	63.2	38.3
	4	91.6	91.3	63.5	37.8
	5	91.7	91.4	63.7	37.7

Spesimen 6 (100:0 perlakuan kimia)		T (°C)			
		T1	T2	T3	T4
Pengambilan Data ke-	1	94.3	93.9	91.6	50.1
	2	94.3	94	91.4	49.9
	3	94.3	93.9	91.5	50
	4	94	93.7	91.3	49.8
	5	94.1	93.8	91.5	50.2

Spesimen 7 (70:30 perlakuan kimia)		T (°C)			
		T1	T2	T3	T4
Pengambilan Data ke-	1	96.8	96.5	94.5	50.2
	2	96.9	96.6	94.7	50.5
	3	96.9	96.5	94.5	50.2
	4	97	96.6	94.9	50.4
	5	96.9	96.5	94.8	50.4

Spesimen 8 (50:50 perlakuan kimia)		T (°C)			
		T1	T2	T3	T4
Pengambilan Data ke-	1	91.8	91.3	87.3	57.5
	2	91.7	91.4	87.4	57.3
	3	91.9	91.5	87.4	57.4
	4	91.8	91.6	87.8	57.6
	5	91.8	91.5	87.6	57.6

Spesimen 9 (30:70) perlakuan kimia		T (°C)			
		T1	T2	T3	T4
Pengambilan Data ke-	1	91.2	90.8	89.2	56.2
	2	91.2	90.7	89.1	56.4
	3	91.3	90.9	89.3	56.3
	4	91	90.4	89.2	56.5
	5	91.1	90.4	89.2	56.5

Spesimen 10 (0:100) perlakuan kimia		T (°C)			
		T1	T2	T3	T4
Pengambilan Data ke-	1	96.9	96.5	93.4	65.9
	2	96.9	96.5	93.3	66.1
	3	96.8	96.5	93.2	65.8
	4	96.8	96.4	93.3	66
	5	96.9	96.4	93.3	65.9

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)

2. Menghitung nilai konduktivitas termal tembaga ( $K_c$ )

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 4.3

**Tabel 4.3 Tabel A-1**

Properties at various temperatures (K)												
Composition	Melting point (K)	Properties at 300 K/353 K <sup>†</sup>					k(W/m K)/c <sub>p</sub> (J/kg K)					
		ρ (kg/m <sup>3</sup> )	c <sub>p</sub> (J/kg K)	k (W/m K)	α·10 <sup>6</sup> (m <sup>2</sup> /s)	100	200	400	500	600	700	800
Aluminum	933	2702	906	237	97.1	302	237	240	237	232	226	220
Pure			901 <sup>†</sup>	240 <sup>†</sup>		485	802	935	996	1042	1091	1149
Alloy 2024-T6 (4.5% Cu, 1.5% Mg, 0.6% Mn)	775	2770	875	177	73.0	65	163	186		186		
Alloy 195, Case (4.5% Cu)		2790	883	168	68.2	473	787	925		1042		
Copper												
Pure	1358	8933	386	401	117	483	413	393	388	383	377	371
			398 <sup>†</sup>	394 <sup>†</sup>		252	356	400	404	414	423	438
Commercial bronze (90% Cu, 10% Al)	1293	8800	420	52	14	42	52			59		
						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 <sup>†</sup>	74.1 <sup>†</sup>		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<sub>C</sub> = Konduktivitas termal tembaga (W/mK)
- T<sub>Cavg</sub> = Temperatur rata – rata tembaga (K)
- K<sub>400K</sub> = Konduktivitas termal tembaga pada temperatur 400 K (393 W/mK)
- K<sub>300K</sub> = Konduktivitas termal tembaga pada temperatur 300 K (401 mK)

3. Menghitung Kalor Masuk (Q<sub>c</sub>)

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)
- $\Delta T_c$  = Selisih temperatur temperatur tembaga ( $T_1-T_2$ )
- $A_c$  = Luasan permukaan tembaga (m<sup>2</sup>)
- $r_c$  = 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)
- $\Delta T_s$  = Selisih temperatur pada spesimen ( $T_3-T_4$ )
- $A_s$  = Luasan permukaan spesimen (m<sup>2</sup>)
- $Q_s$  = 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. 2 Hasil Perhitungan Konduktivitas Termal**

Spesimen 1 (100:0)		$Q_s$ (W)	$\Delta T_s$ (K)	$r_s$ (m)	$A_s$ (m <sup>2</sup> )	$L_s$ (m)	$K_s$ (W/mK)	$K_{savg}$ (W/mK)
Pengambilan Data ke-	1	1.4117	39.5	0.038	0.004534	0.05	0.39412	0.414
	2	2.4706	39.5	0.038	0.004534	0.05	0.68972	
	3	1.4117	39.5	0.038	0.004534	0.05	0.39412	
	4	1.0588	39.5	0.038	0.004534	0.05	0.29559	
	5	1.0588	39.3	0.038	0.004534	0.05	0.29710	

Spesimen 2 (70:30)		Qs (W)	$\Delta T_s$ (K)	rs (m)	As (m <sup>2</sup> )	Ls (m)	Ks (W/mK)	Ksavg (W/mK)
Pengambilan Data ke-	1	1.4117	38.8	0.038	0.004534	0.05	0.40123	0.354
	2	1.4117	39.5	0.038	0.004534	0.05	0.39412	
	3	1.0588	40.1	0.038	0.004534	0.05	0.29116	
	4	1.0588	39.6	0.038	0.004534	0.05	0.29483	
	5	1.4117	40.3	0.038	0.004534	0.05	0.38628	

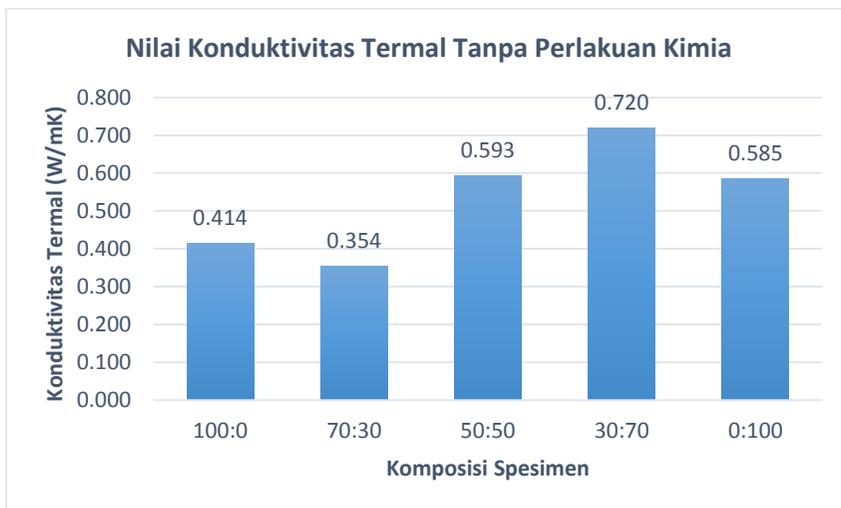
Spesimen 3 (50:50)		Qs (W)	$\Delta T_s$ (K)	rs (m)	As (m <sup>2</sup> )	Ls (m)	Ks (W/mK)	Ksavg (W/mK)
Pengambilan Data ke-	1	1.4118	26.3	0.038	0.004534	0.05	0.59196	0.593
	2	1.7647	26.2	0.038	0.004534	0.05	0.74277	
	3	1.7648	26.2	0.038	0.004534	0.05	0.74278	
	4	1.0588	26.3	0.038	0.004534	0.05	0.44397	
	5	1.0588	26.2	0.038	0.004534	0.05	0.44566	

Spesimen 4 (30:70)		Qs (W)	$\Delta T_s$ (K)	rs (m)	As (m <sup>2</sup> )	Ls (m)	Ks (W/mK)	Ksavg (W/mK)
Pengambilan Data ke-	1	1.4117	28.6	0.038	0.004534	0.05	0.54432	0.720
	2	1.4117	27.9	0.038	0.004534	0.05	0.55798	
	3	2.1176	28	0.038	0.004534	0.05	0.83398	
	4	2.1176	28.3	0.038	0.004534	0.05	0.82514	
	5	2.1176	27.9	0.038	0.004534	0.05	0.83697	

Spesimen 5 (0:100)		Qs (W)	$\Delta T_s$ (K)	rs (m)	As (m <sup>2</sup> )	Ls (m)	Ks (W/mK)	Ksavg (W/mK)
Pengambilan Data ke-	1	1.4118	25	0.038	0.004534	0.05	0.62273	0.585
	2	1.4118	25.2	0.038	0.004534	0.05	0.61779	
	3	1.7647	24.9	0.038	0.004534	0.05	0.78154	
	4	1.0588	25.7	0.038	0.004534	0.05	0.45432	
	5	1.0588	26	0.038	0.004534	0.05	0.44908	

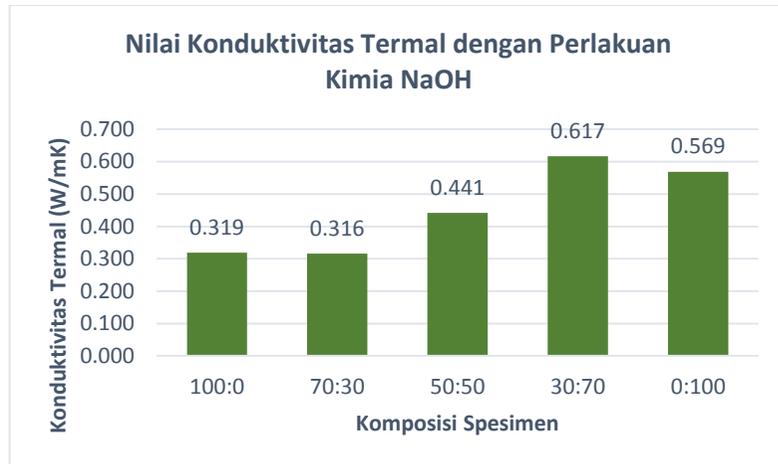
Spesimen 6 (100:0 perlakuan kimia)		Qs (W)	$\Delta T_s$ (K)	rs (m)	As (m <sup>2</sup> )	Ls (m)	Ks (W/mK)	Ksavg (W/mK)
Pengambilan Data ke-	1	1.4117	41.5	0.038	0.004534	0.05	0.37511	0.319
	2	1.0587	41.5	0.038	0.004534	0.05	0.28133	
	3	1.4117	41.5	0.038	0.004534	0.05	0.37511	
	4	1.0588	41.5	0.038	0.004534	0.05	0.28133	
	5	1.0587	41.3	0.038	0.004534	0.05	0.28269	

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh nilai konduktivitas thermal untuk setiap spesimen. Berikut merupakan grafik nilai konduktivitas thermal pada spesimen yang telah dilakukan pengujian.



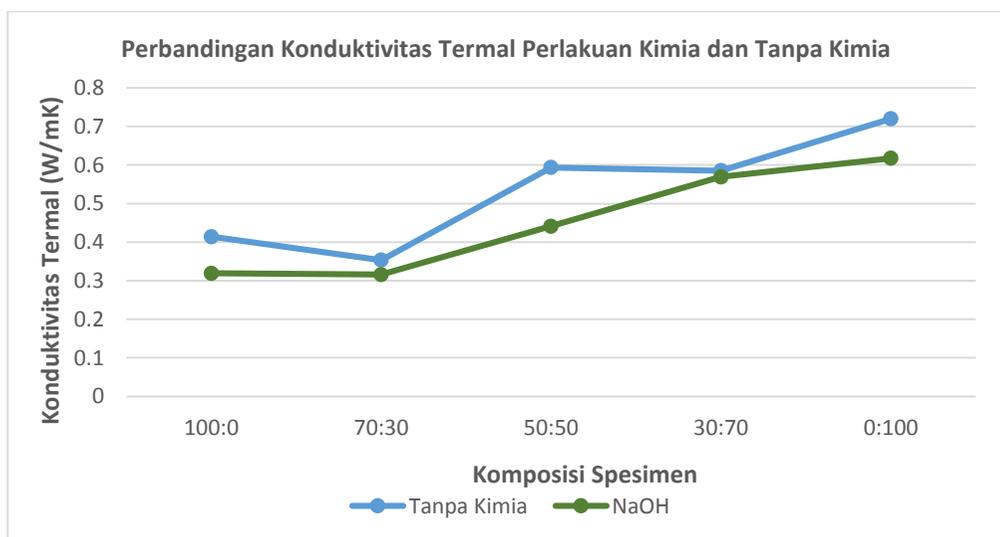
**Gambar 4. 19** Grafik Nilai Konduktivitas Termal Tanpa Perlakuan Kimia

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.16, spesimen dengan komposisi 70% pelepah salak dan 30% kulit salak memiliki nilai konduktivitas thermal terendah dibandingkan spesimen lain yakni sebesar 0,354 W/mK. Sedangkan spesimen dengan komposisi 30% pelepah salak dan 70% kulit salak memiliki nilai konduktivitas tertinggi yakni sebesar 0,720 W/mK. Komposisi 100% pelepah salak memiliki nilai konduktivitas yakni sebesar 0,414 W/mK. Pada spesimen dengan komposisi 50% pelepah salak 50% kulit salak memiliki nilai konduktivitas yakni sebesar 0,593 W/mK. Kemudian spesimen dengan komposisi 100% kulit salak memiliki nilai konduktivitas yakni sebesar 0,585 W/mK.



**Gambar 4. 20** Grafik Nilai Konduktivitas Termal dengan Perlakuan Kimia

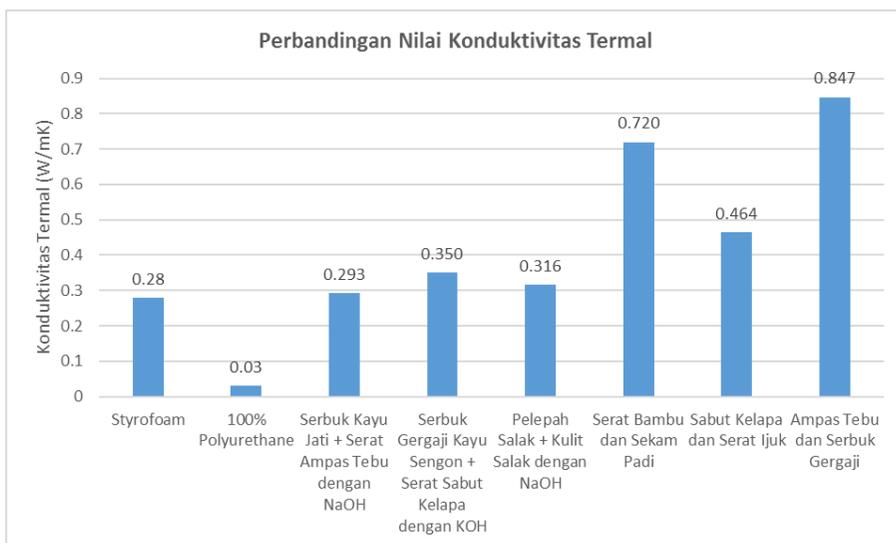
Berdasarkan grafik pada Gambar 4.17, spesimen dengan komposisi 70% pelepah salak dan 30% kulit salak dengan perlakuan kimia NaOH memiliki nilai konduktivitas termal terendah dibandingkan spesimen lain yakni sebesar 0,316 W/mK. Sedangkan spesimen dengan nilai konduktivitas termal tertinggi yaitu spesimen dengan komposisi 30% pelepah salak dan 70% kulit salak dengan nilai 0.617 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.



**Gambar 4. 21** Grafik Nilai Konduktivitas Termal dengan Perlakuan Kimia

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.18, spesimen dengan perlakuan kimia alkali NaOH 15% memiliki nilai konduktivitas termal lebih rendah dibandingkan dengan spesimen yang tidak diberi perlakuan kimia. Hal ini disebabkan proses alkalisasi atau

perendaman material dalam larutan alkali yang dapat menurunkan konduktivitas dari termal komposit dengan menghilangkan kandungan lignin yang menutupi permukaan luar serat sehingga terjadi perubahan hydrogen dalam struktur serat. Spesimen dengan komposisi 100% pelepah salak tanpa perlakuan kimia memiliki nilai konduktivitas termal 0.414 W/mK, sedangkan dengan perlakuan kimia NaOH 15% memiliki nilai konduktivitas termal 0.319 W/mK. Spesimen dengan komposisi 70% pelepah salak dan 30% kulit salak tanpa perlakuan kimia memiliki nilai konduktivitas termal 0.354 W/mK, sedangkan dengan perlakuan kimia NaOH 15% memiliki nilai konduktivitas termal 0.316 W/mK. Spesimen dengan komposisi 50% pelepah salak dan 50% kulit salak tanpa perlakuan kimia memiliki nilai konduktivitas termal 0.593 W/mK, sedangkan dengan perlakuan kimia NaOH 15% memiliki nilai konduktivitas termal 0.441 W/mK. Spesimen dengan komposisi 30% pelepah salak dan 70% kulit salak tanpa perlakuan kimia memiliki nilai konduktivitas termal 0.585 W/mK, sedangkan dengan perlakuan kimia NaOH 15% memiliki nilai konduktivitas termal 0.569 W/mK. Spesimen dengan komposisi 100% kulit salak tanpa perlakuan kimia memiliki nilai konduktivitas termal 0.72 W/mK, sedangkan dengan perlakuan kimia NaOH 15% memiliki nilai konduktivitas termal 0.617 W/mK.



**Gambar 4. 22** Perbandingan Nilai Konduktivitas Termal dengan Penelitian Sebelumnya

Nilai konduktivitas spesimen yang telah terpilih kemudian dibandingkan dengan konduktivitas spesimen penelitian sebelumnya. Penelitian sebelumnya oleh Hilmy Yassar pada “*Desain Modifikasi Cool Box Pada Kapal Nelayan Tradisional Menggunakan Insulasi Campuran Serbuk Gergaji Kayu Sengon Dan Sabut Kelapa Dengan Perendaman Larutan Kalium Hidroksida*” dengan komposisi campuran serbuk gergaji kayu sengon dan sabut kelapa dengan perendaman larutan KOH memiliki nilai konduktivitas termal sebesar 0.35 W/mK. Sedangkan pada penelitian oleh Achmad Taufik Rendi Kisserah yang berjudul “*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*” memiliki nilai konduktivitas termal sebesar 0.29 W/mK. Pada penelitian yang berjudul “*Analisa Penambahan Serat Bambu pada Kotak Pendingin Ikan dengan Bahan Insulasi Sekam Padi*” oleh Yuniar Nurrensa didapat nilai konduktivitas termal sebesar 0.72 W/mK. Pada penelitian Muhammad Aziz yang berjudul “*Analisa Penggunaan Serat Ijuk dan Sabut Kelapa sebagai Insulator Ruang Muat Kapal Jenis Purse Seine*” didapatkan nilai konduktivitas termal sebesar 0.464 W/mK. Kemudian penelitian oleh Mayang Krisna yang berjudul “*Pemanfaatan Ampas Tebu dan Serbuk Gergaji Sebagai Bahan Insulasi pada Kotak Pendingin*” didapatkan nilai konduktivitas termal sebesar 0.847 W/mK.

#### 4.4 Pemilihan Spesimen

Pemilihan spesimen dipilih berdasarkan aspek-aspek yang telah disebutkan pada poin sebelumnya yakni nilai konduktivitas termal 50%, massa jenis 35% dan kemudahan pembuatan specimen 15%. Proses dalam pemilihan spesimen sebagai berikut.

##### 1. Menentukan peringkat setiap spesimen

Parameter yang digunakan yakni hasil pengujian massa jenis, hasil pengujian konduktivitas termal dan kemudahan pembuatan spesimen. Tabel 4.10 merupakan tabel hasil pemberian peringkat atau ranking. Dimana peringkat dari 1 sampai 10.

##### 2. Melakukan proses skoring pada spesimen.

Skor yang diperoleh masing-masing specimen kemudian dikalikan dengan bobot tiap aspek. Berikut formula dari perhitungan skor

$$\text{Nilai} = \frac{\text{Skor peringkat}}{10}$$

Dengan kriteria skor setiap peringkat adalah sebagai berikut :

- Peringkat 1 = 10
- Peringkat 2 = 9
- Peringkat 3 = 8
- Peringkat 4 = 7
- Peringkat 5 = 6
- Peringkat 6 = 5
- Peringkat 7 = 4
- Peringkat 8 = 3
- Peringkat 9 = 2
- Peringkat 10 = 1

##### 3. Penjumlahan total skor specimen

Pada penelitian ini spesimen dengan hasil akhir paling besar dianggap sebagai spesimen paling optimal yang akan dijadikan rekomendasi pembuatan *Coolbox*. Perhitungan sederhana yang digunakan dalam pemberian nilai akhir sebagai berikut :

$$\text{Nilai} = (\text{skor konduktivitas termal} \times 50\%) + (\text{skor massa jenis} \times 35\%) + (\text{skor pembuatan} \times 15\%)$$

**Tabel 4.3 Hasil Pemilihan Spesimen**

No	Komposisi		Perlakuan	Konduktivitas Termal		Massa Jenis		Kemudahan Pembuatan		Nilai Total
	Pelepah Salak	Kulit Salak		Kimia	Peringkat	Nilai	Peringkat	Nilai	Peringkat	
1	100	0	Tidak	4	0.7	10	0.1	10	0.1	40%
2	70	30	Tidak	3	0.8	9	0.2	9	0.2	50%
3	50	50	Tidak	6	0.5	7	0.4	7	0.4	45%
4	30	70	Tidak	10	0.1	6	0.5	6	0.5	30%
5	0	100	Tidak	8	0.3	5	0.6	5	0.6	45%
6	100	0	NaOH 15%	2	0.9	8	0.3	8	0.3	60%
7	70	30	NaOH 15%	1	1	4	0.7	4	0.7	85%
8	50	50	NaOH 15%	5	0.6	3	0.8	3	0.8	70%
9	30	70	NaOH 15%	9	0.2	2	0.9	2	0.9	55%
10	0	100	NaOH 15%	7	0.4	1	1	1	1	70%

Berdasarkan Tabel 4.4, spesimen ke-7 dengan komposisi 70% pelepah salak dan 30% kulit salak dengan perlakuan perendaman menggunakan larutan alkali NaOH 15% memiliki peringkat pertama dengan prosentase akhir sebesar 85%. Sehingga dianggap paling optimal dan dijadikan sebagai material rekomendasi pembuatan *Coolbox*.

#### 4.5 Hasil dan Pembahasan Pembuatan Coolbox

Spesimen dengan kriteria paling optimal baik dari nilai konduktivitas termal, nilai massa jenis dan kemudahan pembuatan yang telah dipilih sebagai acuan dalam pembuatan *Coolbox*. Spesimen terpilih merupakan spesimen yang dibuat dengan mengkomposisikan 70% pelepah salak dan 30% kulit salak yang telah diberi perlakuan kimia alkali NaOH dengan konsentrasi sebesar 15% selama 1 jam sertamenggunakan perekat berupa polyurethane. Untuk membuat *Coolbox*, komposisi yang digunakan dalam proses pembuatannya dibuat sesuai dengan perbandingan komposisi yang digunakan dalam pembuatan spesimen. Berikut hasil dan spesifikasi dari pembuatan coolbox :

**Gambar 4.23 Coolbox Terpilih**

**Tabel 4. 4** Spesifikasi Coolbox

Bagian	Dimensi		
	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)
Tutup	0.335	0.245	0.28
Alas	0.315	0.225	
Insulasi	Keterangan		
	Pelepah Salak	70	%
	Kulit Salak	30	%
	Perlakuan Kimia	NaOH	15%
	Massa Jenis	0,487	g/cm <sup>3</sup>
	Polyurethane	0,1275	g/cm <sup>3</sup>
	Konduktivitas Termal	0,316	W/mK
	Tebal	2	cm
Lapisan	Volume	8478,84	cm <sup>3</sup>
	<i>Plywood</i>	4	mm
	Resin	1	cm

#### 4.6 Pengujian Coolbox



**Gambar 4. 24** 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 Senin tanggal 8 Juli 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 dengan kata lain pengujian berakhir pada hari Selasa tanggal 9 Juli 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 ducttape 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*

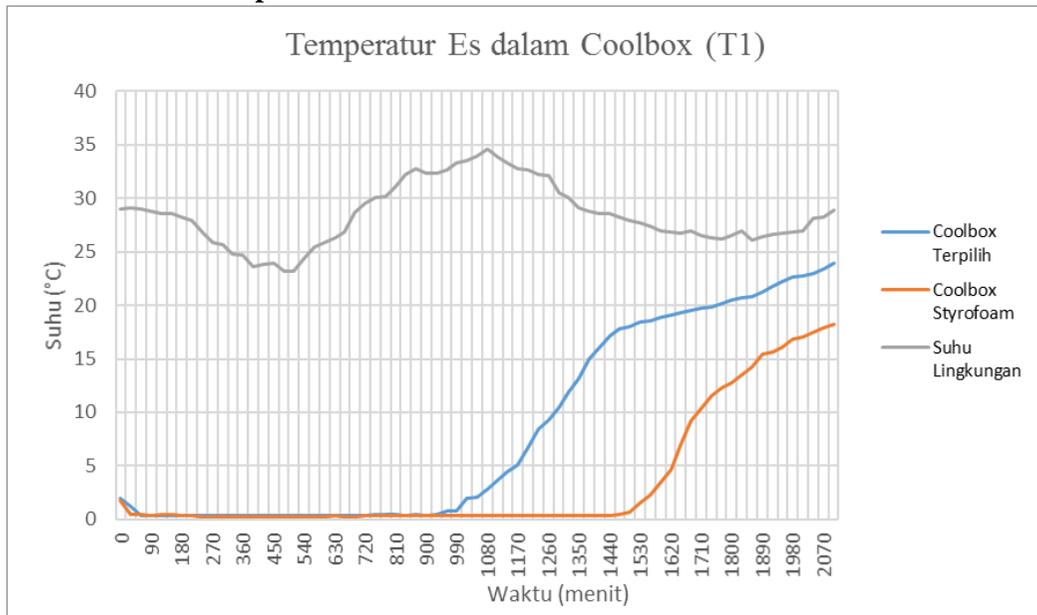
Hasil hasil pengujian *Coolbox* terpilih variasi serat acak, *Coolbox* terpilih variasi serat lurus, dan *Coolbox* berbahan insulasi *styrofoam* dapat dilihat pada lembar lampiran. *Coolbox* berisi ikan yang telah selesai dilakukan pengujian dibuka untuk mengetahui kondisi akhir ikan yang diawetkan pada hari Rabu tanggal 10 Juli 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. 25** Kondisi Akhir

## 4.7 Analisa Hasil Pengujian

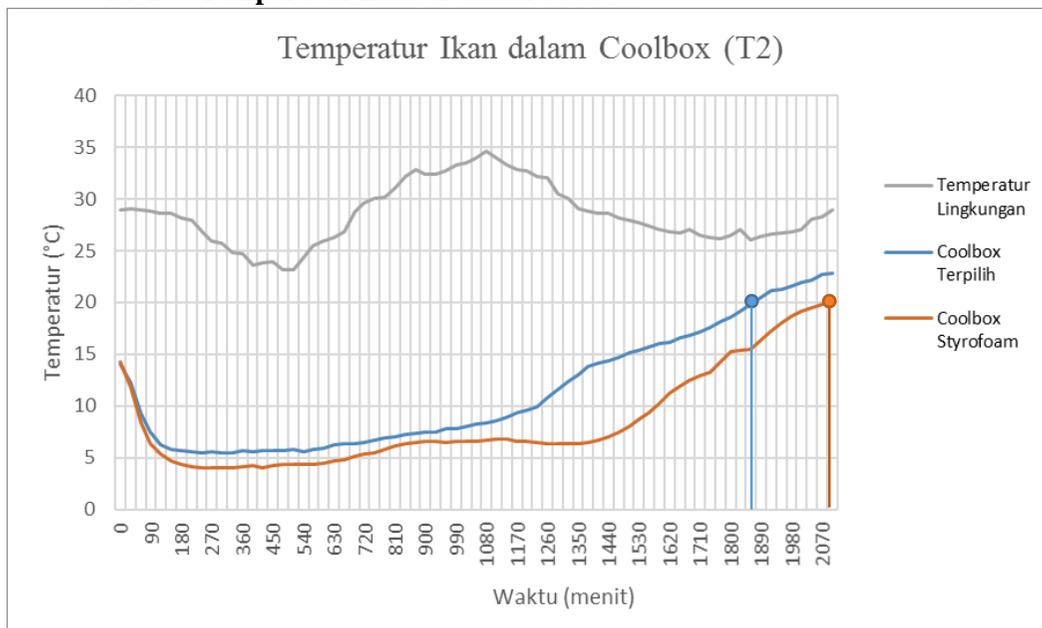
### 4.7.1 Temperatur Es di Dalam *Coolbox*



**Gambar 4. 26** Temperatur Es Dalam Coolbox

Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur temperature es menggunakan termokopel yang diletakkan tepat di bawah es pada permukaan dasar ruang coolbox terpilih dan coolbox styrofoam. Berdasarkan gambar 4.26, temperatur es di dalam coolbox memiliki suhu yang stabil atau tidak berubah memiliki durasi yang berbeda. *Coolbox* terpilih dengan komposisi 70% pelepah salak 30% kulit salak dengan perlakuan alkali NaOH memiliki nilai temperatur terendah sebesar 0.3 °C dan mencapai nilai temperatur yang hampir dikatakan tidak berubah atau relatif stabil saat temperatur 0.3 hingga 0.5 °C pada menit ke-60 hingga menit ke-930. Kemudian terjadi kenaikan temperature pada data ke-33 atau pada menit 960. 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.

#### 4.7.2 Temperatur Ikan di dalam Coolbox

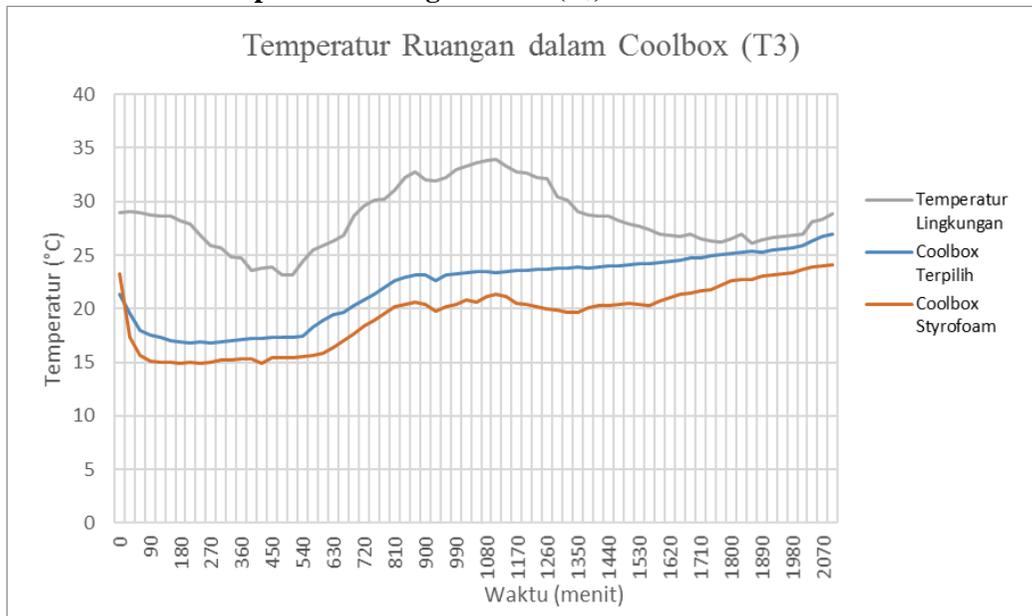


**Gambar 4. 27** Grafik Perubahan Temperatur Ikan Dalam Coolbox

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan temperatur ikan di dalam *coolbox*, dengan cara 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*. Berdasarkan gambar 4.27, temperature terendah yang dicapai *coolbox* terpilih sebesar 5.5 °C pada menit ke-240 hingga menit ke-330. Sedangkan *coolbox* dengan bahan insulasi berupa *styrofoam* memiliki nilai temperatur terendah sebesar 4 °C pada menit ke-240 hingga menit ke-330. Kemudian kedua *coolbox* naik suhunya secara perlahan. Pada menit 1260 terjadi percepatan kenaikan suhu ikan pada *coolbox* terpilih, sedangkan suhu ikan dalam *coolbox* Styrofoam cenderung stabil pada suhu 6°C. Sedangkan pada *Coolbox Styrofoam* mengalami kenaikan suhu secara cepat pada menit ke 1440. Pada pengambilan data terakhir, atau menit ke 2100, suhu ikan di dalam *coolbox* terpilih menunjukkan nilai 22.8 °C, sedangkan pada *coolbox* Styrofoam menunjukkan nilai 20°C. Secara umum, pengujian temperature ikan digunakan sebagai parameter segar atau tidaknya ikan yang disimpan dalam *coolbox*. Indikator ikan yang berada di dalam *coolbox* masih segar ketika suhunya masih di bawah 20°C, sehingga dapat dilihat lama waktu pengawetan ketika temperatur ikan di dalam *coolbox* di bawah 20°C.

*Coolbox* terpilih dapat mempertahankan suhu ikan tetap di bawah 20 °C selama 31 jam setelah pengambilan data pertama atau pada menit ke 1860. Sedangkan *Coolbox* Styrofoam dapat mempertahankan suhu ikan tetap di bawah 20 °C selama 35 jam setelah pengambilan data pertama atau pada menit ke 2100. Sehingga dapat disimpulkan dalam hal ini bahwa *Coolbox* Styrofoam lebih unggul dibandingkan dengan *coolbox* terpilih dengan bahan insulasi 70% pelepah salak 30% salak dengan perlakuan kimiawi perendaman alkali NaOH 15%.

#### 4.7.3 Temperatur Ruang *Coolbox* ( $T_3$ )



**Gambar 4. 29** Grafik Perubahan Temperatur Ruang Dalam Coolbox

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai temperatur ruang *coolbox*, dengan cara termokopel diletakkan di dalam ruang *coolbox* secara tertutup tanpa kontak dari luar. Berdasarkan gambar 4.29, dapat dilihat bahwa temperature ruangan kedua coolbox mulai *Coolbox* terpilih mampu mencapai suhu paling rendah yaitu 16,8 °C sedangkan coolbox Styrofoam mencapai suhu paling rendah yaitu 14,9 °C. Berdasarkan grafik tersebut temperature awal menurun dikarenakan proses pendinginan oleh yang baru dimasukkan. Pada menit 210 hingga 600 temperatur pada coolbox terpilih, menunjukkan temperature yang stabil pada angka 16.8°C hingga 18.9°C dan kemudian mengalami kenaikan suhu setelah pada menit ke 570. Sedangkan pada coolbox Styrofoam, menunjukkan temperatur yang stabil pada range angka 15°C pada menit 90 hingga menit ke 600. Kelebihan dari *coolbox* ini yakni saat temperatur lingkungan berubah maka *coolbox* jenis ini tidak mengalami perubahan yang sangat signifikan.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian mengenai “Analisa Pemanfaatan Pelepah Salak Dan Kulit Salak Sebagai Campuran Bahan Insulasi Palka Kapal Ikan Tradisional” yakni sebagai berikut:

1. Material insulasi spesimen dengan komposisi 70% pelepah salak dan 30% kulit salak yang telah diberi perlakuan kimia perendaman alkali NaOH sebesar 15% dan selama 1 jam memiliki nilai konduktivitas terkecil yakni sebesar 0.316 W/mK dibandingkan dengan material insulasi spesimen lain. Serta memiliki massa jenis sebesar 0,487 gram/cm<sup>3</sup>
2. Hasil pengujian coolbox menunjukkan suhu es minimum yang mampu dicapai coolbox adalah 0.3 °C, suhu ikan terendah yang mampu dicapai adalah 5.5 °C, suhu ruang coolbox terendah yang mampu dicapai adalah 16.8 °C dan mampu menjaga suhu ikan di bawah 20 °C selama 31 jam
3. Perlakuan kimiawi berupa alkalisasi atau perendaman material dalam larutan alkali NaOH dengan konsentrasi sebesar 15% selama 1 jam dapat menurunkan konduktivitas dari termal komposit dengan menghilangkan kandungan lignin yang menutupi permukaan luar serat sehingga terjadi perubahan hydrogen dalam struktur serat

#### **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. Melakukan penambahan variasi komposisi material sehingga pemilihan komposisi material lebih presisi
2. Melakukan uji kekuatan terhadap material insulasi

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM International. (n.d.). *Standard Test Method for Thermal Conductivity of Solids by Means of the Guarded Comparative-Longitudinal Heat Flow Technique*. In ASTM International Annual Book, ASTM E 1225.
- Abidin, M. .2017. *Desain Sistem Pendingin Ruang Muat Kapal Ikan Tradisional Menggunakan Insulasi dari Sekam Padi*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- 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 Hatta
- Nasution, P., P.Fitri, S., & Semin. (2014). *Karakteristik Fisik Komposit Sabut Kelapa Sebagai Insulator Palka Ikan*. Berkala Perikanan Terubuk, (42) 82-92.
- Rochardjo, Heru, dkk. 2017. *Effects of Alkali and Steaming on Mechanical Properties of Snake Fruit (Salacca) Fiber* : Departemen Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Rochardjo, Heru, dkk. 2017. *Isolation Of Cellulose From Salacca Midrib Fibers By Chemical Treatments* : Departemen Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Fadli, Ibrahim, dkk. 2017. *Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit rHDPE Dengan Penguat Serat Pelepah Salak* : Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret
- Incropera, F. P., Dewitt, D. P., Bergman, T. L., & Lavine, A. S. (2007). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer Sixth Edition*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- 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
- 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.
- 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.
- <http://www.sikumis.com>
- <https://www.google.co.id/search?q=polyurethane>
- <https://vinmetrica.com/product/1n-naoh-100-ml>

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## LAMPIRAN



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL  
LABORATORIUM REKAYASA THERMAL  
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN – FTI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
Kampus ITS Kaputh-Sukolilo, Surabaya 60111

Surabaya, 2 Juli 2019

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

Nama : Renaldi Ardiansyah Utomo  
NRP : 04211745000035  
Fakultas : Fakultas Teknologi Kelautan  
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan

Telah melakukan pengambilan data Uji Konduktivitas Thermal pada tanggal 22 Mei – 28 Mei 2019 di Laboratorium Rekayasa Thermal Departemen Teknik Mesin FTI-ITS

Demikian surat keterangan ini dibuat agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya

Hormat Kami,

Koordinator  
Lab. Rekayasa Thermal  
  
Dwi Ramadhanti  
02111540000034

Asisten Jaga

  
Achmad Saiful Hadi  
02111440000116

## Tabel Hasil Pengambilan Data

## HASIL PENGAMBILAN DATA KONDUKSI



NAMA = RENALDI ARDIANSYAH UTOMO  
 JURUSAN = TEKNIK SISTEM PERKAPALAN FTK-ITS  
 TANGGAL = 22 MEI - 28 MEI 2019  
 ASISTEN = ACHMAD SAIFUL HADI

VARIASI SPESIMEN	SET POINT TERMOCONTROL (°C)	TEGANGAN (V)	ARUS (I)	TEMPERATUR RATA-RATA TIAP TITIK (°C)				KONDUKTIVITAS TERMAL (W/Mk)
				T1	T2	T3	T4	
100-0	100	220	1,4	92,2	91,78	89,46	50	0,4141
100-0 PERLAKUAN KIMIA	100	220	1,4	94,2	93,86	91,46	50	0,3191
70-30	100	220	1,4	93,3	92,94	88,32	48,66	0,3535
70-30 PERLAKUAN KIMIA	100	220	1,4	96,9	96,54	94,68	50,34	0,3159
50-50	100	220	1,4	90,8	90,4	88,12	61,88	0,5934
50-50 PERLAKUAN KIMIA	100	220	1,4	91,8	91,46	87,5	57,48	0,4414
30-70	100	220	1,4	92,82	92,3	86,52	58,38	0,7197
30-70 PERLAKUAN KIMIA	100	220	1,4	91,16	90,64	89,2	56,38	0,6172
0-100	100	220	1,4	91,46	91,08	63,3	37,94	0,5851
0-100 PERLAKUAN KIMIA	100	220	1,4	96,86	96,46	93,3	65,94	0,5689

Tabel Hasil Pengujian

Data ke	Menit ke	Coolbox Terpilih			Coolbox Styrofoam			Tling (oC)
		T1	T2	T3	T1	T2	T3	
		(oC)	(oC)	(oC)	(oC)	(oC)	(oC)	
1	0	2	14	21.3	1.7	14.2	23.3	29
2	30	1.2	12.2	19.6	0.5	11.8	17.3	29.1
3	60	0.4	9.2	18	0.5	8.4	15.6	29
4	90	0.4	7.5	17.5	0.4	6.4	15.1	28.8
5	120	0.4	6.2	17.3	0.5	5.3	15	28.6
6	150	0.3	5.8	17	0.5	4.7	15	28.6
7	180	0.4	5.7	16.9	0.3	4.3	14.9	28.2
8	210	0.4	5.6	16.8	0.3	4.1	15	27.9
9	240	0.3	5.5	16.9	0.2	4	14.9	26.8
10	270	0.4	5.6	16.8	0.2	4	15	25.9
11	300	0.4	5.5	16.9	0.2	4	15.2	25.7
12	330	0.3	5.5	17	0.2	4	15.2	24.8
13	360	0.3	5.7	17.1	0.2	4.1	15.3	24.7
14	390	0.3	5.6	17.2	0.2	4.2	15.3	23.6
15	420	0.3	5.7	17.2	0.2	4	14.9	23.8
16	450	0.4	5.7	17.3	0.2	4.2	15.4	23.9
17	480	0.4	5.7	17.3	0.2	4.3	15.4	23.2
18	510	0.4	5.8	17.3	0.2	4.3	15.4	23.2
19	540	0.4	5.6	17.4	0.2	4.4	15.5	24.4
20	570	0.4	5.8	18.3	0.2	4.4	15.6	25.5
21	600	0.4	5.9	18.9	0.2	4.5	15.8	25.9
22	630	0.3	6.2	19.4	0.3	4.7	16.4	26.3
23	660	0.3	6.3	19.7	0.2	4.8	17	26.8
24	690	0.4	6.4	20.3	0.2	5.1	17.7	28.7
25	720	0.4	6.5	20.8	0.3	5.3	18.4	29.6
26	750	0.5	6.7	21.4	0.3	5.5	18.9	30.1
27	780	0.5	6.9	22	0.3	5.8	19.6	30.2
28	810	0.5	7	22.6	0.3	6.1	20.2	31.1
29	840	0.4	7.2	22.9	0.3	6.3	20.4	32.2
30	870	0.5	7.3	23.2	0.3	6.5	20.6	32.8
31	900	0.4	7.5	23.2	0.3	6.6	20.4	32
32	930	0.5	7.5	22.6	0.3	6.6	19.8	31.9
33	960	0.8	7.8	23.2	0.3	6.5	20.2	32.3

34	990	0.8	7.8	23.3	0.3	6.6	20.4	33
35	1020	2	8	23.4	0.3	6.6	20.8	33.3
36	1050	2.1	8.2	23.5	0.3	6.6	20.6	33.6
37	1080	2.8	8.4	23.5	0.3	6.7	21.1	33.8
38	1110	3.7	8.6	23.4	0.3	6.8	21.3	33.9
39	1140	4.4	8.9	23.5	0.3	6.8	21.1	33.3
40	1170	5.1	9.3	23.6	0.3	6.6	20.5	32.8
41	1200	6.7	9.6	23.6	0.3	6.6	20.4	32.7
42	1230	8.4	9.9	23.7	0.3	6.5	20.2	32.2
43	1260	9.3	10.8	23.7	0.3	6.4	20	32.1
44	1290	10.5	11.6	23.8	0.3	6.4	19.9	30.5
45	1320	11.9	12.4	23.8	0.3	6.3	19.7	30
46	1350	13.2	13	23.9	0.3	6.3	19.7	29.1
47	1380	15	13.8	23.8	0.3	6.5	20.1	28.8
48	1410	16.1	14.1	23.9	0.3	6.7	20.3	28.6
49	1440	17.2	14.4	24	0.3	7	20.3	28.6
50	1470	17.8	14.7	24	0.5	7.5	20.4	28.2
51	1500	18	15.1	24.1	0.7	8	20.5	27.9
52	1530	18.4	15.4	24.2	1.5	8.7	20.4	27.7
53	1560	18.6	15.7	24.2	2.3	9.4	20.3	27.4
54	1590	18.9	16	24.3	3.5	10.3	20.7	27
55	1620	19.1	16.2	24.4	4.7	11.2	21	26.8
56	1650	19.3	16.6	24.5	6.95	11.9	21.3	26.7
57	1680	19.5	16.8	24.7	9.2	12.5	21.5	27
58	1710	19.7	17.1	24.7	10.4	12.9	21.7	26.5
59	1740	19.9	17.6	25	11.6	13.2	21.8	26.3
60	1770	20.2	18.2	25.1	12.3	14.2	22.2	26.2
61	1800	20.5	18.6	25.2	12.7	15.2	22.6	26.5
62	1830	20.7	19.2	25.3	13.5	15.4	22.7	27
63	1860	20.8	19.8	25.4	14.2	15.5	22.7	26.1
64	1890	21.2	20.5	25.3	15.4	16.4	23	26.4
65	1920	21.8	21.1	25.5	15.7	17.3	23.2	26.6
66	1950	22.2	21.3	25.6	16.1	18	23.3	26.7
67	1980	22.6	21.6	25.7	16.8	18.7	23.4	26.8
68	2010	22.8	21.9	25.9	17	19.1	23.7	27
69	2040	23	22.2	26.3	17.5	19.5	23.9	28.1
70	2070	23.4	22.7	26.7	17.9	19.8	24	28.3
71	2100	23.9	22.8	27	18.2	20	24.1	28.9



Larutan NaOH 15%



Spesimen Untuk Pengujian



Set Alat Pengujian Konduktivitas Termal



Hasil Pengukuran Suhu Pada Spesimen



Proses Perendaman Alkali NaOH



Proses Pengeringan Serat Ampas Tebu



Proses Pembuatan Coolbox



Coolbox yang Akan diisi Material Terpilih



Pengisian Bahan Insulasi pada Coolbox



Coolbox Terpilih



Pengukuran Temperatur Lingkungan



Ikan Tongkol



Es Batu



Kondisi Ikan Setelah Mencapai 20 °C

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Bangkalan, 01 April 1996, merupakan anak ketiga dari empat bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu, SDN 1 Bangkalan, SMPN 2 Bangkalan, dan SMAN 1 Bangkalan. Pada tahun 2014 Penulis diterima di Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi – ITS dan terdaftar sebagai mahasiswa dengan NRP 2114030015. Konversi Energi merupakan bidang studi yang dipilih penulis. Selama duduk di bangku kuliah penulis aktif mengikuti kegiatan baik di bidang akademik maupun non akademik. Penulis juga pernah mengikuti berbagai kegiatan dan bergabung dalam organisasi untuk menunjang softskill. Organisasi yang pernah diikutinya antara lain : Staff Himpunan Prokesma 2014 s/d 2015. Pelatihan yang pernah diikuti penulis : Pelatihan LKMM Pra TD di Fakultas Teknik Industri ITS (2014). Pelatihan LKMM TD, Pelatihan KTI. Penulis kemudian melanjutkan studi S1 Lintas Jalur (LJ) di Departemen Teknik Sistem Perkapalan. Penulis mengambil konsentrasi Tugas Akhir di bidang Marine Fluid Machinery System (MMS)

Renaldi Ardiansyah Utomo  
Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan – FTK ITS Surabaya  
renaldiutomo@gmail.com



