



**TUGAS AKHIR - ME184834**

***ANALISA UJI NYALA API DAN PERAMBATAN API DARI MATERIAL SERAT  
SABUT KELAPA (COCUS NUCIFERA) DENGAN PERLAKUAN KIMIA  
ALKALI NaOH SEBAGAI ALTERNATIF PEREDAM SUARA DI KAPAL***

Nasa Dityas Fariz Pradani  
NRP 0421154000028

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

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





**TUGAS AKHIR - ME 184834**

***ANALISA UJI NYALA API DAN PERAMBATAN API DARI MATERIAL SERAT SABUT KELAPA (COCUS NUCIFERA) DENGAN PERLAKUAN KIMIA ALKALI NaOH SEBAGAI ALTERNATIF PEREDAM SUARA DI KAPAL***

Nasa Dityas Fariz Pradani  
NRP 0421154000028

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

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

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



**BACHELOR THESIS - ME 184834**

***FLASH POINT AND FLAME SPREAD ANALYSIS OF MATERIAL  
COCONUT FIBER (COCUS NUCIFERA) USING CHEMICAL TREATMENT  
OF ALKALI NaOH AS AN SOUND ABSORBER MATERIAL IN SHIP***

Nasa Dityas Fariz Pradani  
NRP 0421154000028

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

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

*“This page intentionally left blank”*

## LEMBAR PENGESAHAN

### ***ANALISA UJI NYALA API DAN PERAMBATAN API DARI MATERIAL SERAT SABUT KELAPA (COCUS NUCIFERA) DENGAN PERLAKUAN KIMIA ALKALI NaOH SEBAGAI ALTERNATIF PEREDAM SUARA DI KAPAL***

#### **TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

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

Oleh:

**NASA DITYAS FARIZ PRADANI**

NRP 0421 15 4000 0028

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.  
NIP 1968 0129 1992 03 1001
2. Ede Mehta Wardhana S.T., M.T.  
NIP 1992 2017 11048



SURABAYA  
JULI, 2019

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## LEMBAR PENGESAHAN

### ***ANALISA UJI NYALA API DAN PERAMBATAN API DARI MATERIAL SERAT SABUT KELAPA (COCUS NUCIFERA) DENGAN PERLAKUAN KIMIA ALKALI NaOH SEBAGAI ALTERNATIF PEREDAM SUARA DI KAPAL***

#### **TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

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

Oleh:

**NASA DITYAS FARIZ PRADANI**  
NRP 0421 15 4000 0028

Disetujui oleh  
Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan:



Dr. Eng. M. Badras Zaman, S.T., M.T.  
NIP. 197708022008011007

SURABAYA  
JULI, 2019

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

***ANALISA UJI NYALA API DAN PERAMBATAN API DARI MATERIAL SERAT SABUT KELAPA (COCUS NUCIFERA) DENGAN PERLAKUAN KIMIA ALKALI NaOH SEBAGAI ALTERNATIF PEREDAM SUARA DI KAPAL***

**Nama Mahasiswa** : Nasa Dityas Fariz Pradani  
**NRP** : 0421154000028  
**Departemen** : Teknik Sistem Perkapalan  
**Dosen Pembimbing I** : Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.  
**Dosen Pembimbing II** : Ede Mehta Wardhana S.T., M.T.

***Abstrak***

*Penggunaan peredam suara di kapal sampai saat ini masih banyak yang berbahan dasar glasswool. Dalam penggunaannya, glasswool memiliki dampak negatif bagi kesehatan yaitu dapat mengiritasi kulit dan mengganggu pernafasan. Maka dari itu diperlukan bahan dasar alternatif peredam suara yang ramah lingkungan dengan kemampuan yang tidak kalah dengan peredam suara berbahan dasar glasswool dan juga dapat dimanfaatkan sebagai insulasi panas di dalam kapal. Bahan alternatif tersebut adalah bahan dari serat alam. Pada penelitian ini membuat peredam suara menggunakan bahan serat sabut kelapa dengan perlakuan perendaman larutan alkali NaOH. Material yang dipilih berdasarkan massa jenis, nilai ekonomis, dan kemudahan dalam proses pembuatan. Peredam suara dimodifikasi materialnya menggunakan sabut kelapa yang diberikan perlakuan perendaman larutan alkali NaOH dan air destilasi dengan prosentase 15%. Perendaman bertujuan untuk menghilangkan kandungan lignin dan memperbaiki sifat mekanis serat sabut kelapa. Pada penelitian ini dibuat 9 variasi dengan komposisi yang berbeda. Dilakukan pengujian berdasarkan ASTM E84 untuk mengetahui nilai titik nyala dan perambatan api yang aman di kapal. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa material sabut kelapa yang diberikan perlakuan perendaman larutan alkali NaOH dengan presentase 15% selama 2 jam dengan massa jenis 0,3 gr/cm<sup>3</sup> dan tebal 30 mm dan menggunakan perekat polyurethane. Waktu untuk mencapai titik nyalanya diperoleh sebesar 20,45 detik dan suhu rata-rata perambatannya yang rendah jika dibandingkan dengan spesiemen yang lain termasuk glasswool. Kesimpulan yang didapatkan adalah peredam suara yang telah dimodifikasi ini aman bila digunakan di kapal.*

***Kata Kunci*** : Alkali NaOH, Perambatan Api, Peredam Suara, Sabut Kelapa, Titik Nyala

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

**FLASH POINT AND FLAME SPREAD ANALYSIS OF MATERIAL  
COCONUT FIBER (COCUS NUCIFERA) USING CHEMICAL  
TREATMENT OF ALKALI NaOH AS AN SOUND ABSORBER MATERIAL  
IN SHIP**

**Student Name** : Nasa Dityas Fariz Pradani  
**NRP** : 0421154000028  
**Department** : Marine Engineering  
**Supervisor I** : Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc.  
**Supervisor II** : Ede Mehta Wardhana S.T., M.T.

***Abstract***

*The use of sound absorbers on many ships made from glasswool. Glasswool has a negative impact on health, which can irritate the skin and disrupt the respiratory system. Therefore, it is necessary to have an alternative sound insulation material that is eco friendly which has capabilities comparable to glasswool and can also be used as heat insulation on ships. These alternative ingredients are materials from natural fibers. This research made sound absorbers using coconut fiber by soaking fibers into an alkali NaOH solution. Materials are selected based on density, economic value, and easy in the manufacturing process. The sound absorbers are modified using coconut fiber which is given a soaking treatment of alkaline NaOH solution and distilled water with a percentage of 15%. Soaking aims to remove lignin content and improve the mechanical properties of coconut fiber. In this research, 9 variations were made with different compositions. Tests are based on ASTM E84 to determine the flashpoint value and the safe flame spread on the ship. From the test results, it was found that coconut coir material was given a soaking treatment of alkaline NaOH solution with a percentage of 15% for 2 hours with a density of 0.3 gr/cm<sup>3</sup> and thickness 30 mm and using polyurethane adhesive. The time to reach the flashpoint is 20.45 seconds and the average temperature of flame spread is low when compared to other specimens including glasswool. The conclusion obtained is that the sound absorbers is safe when used on a ship.*

***Keywords: Alkaline NaOH, Coconut Coir, Flame Spread, Flash Point, Sound Absorbers***

*“This page intentionally left blank”*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena dengan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan tepat waktu yang berjudul :

### **“ANALISA UJI NYALA API DAN PERAMBATAN API DARI MATERIAL SERAT SABUT KELAPA (*COCUS NUCIFERA*) DENGAN PERLAKUAN KIMIA ALKALI *NaOH* SEBAGAI ALTERNATIF PEREDAM SUARA DI KAPAL”**

Tugas Akhir ini diajukan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Bidang Studi *Marine Fluid Machinery and System (MMS)* Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Pada kesempatan kali ini, penulis menyampaikan terimakasih kepada semua pihak yang telah berperan dalam penyusunan Tugas Akhir ini, yaitu :

1. Kedua orang tua penulis, Supradono Sutopo, S.Pdi., M.M. dan Niken Johartini Adik Nafiz Arsi Nugroho atas doa, perhatian, dukungan moral, dan materi yang diberikan kepada penulis tanpa henti sehingga dapat terselesaikannya Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Alam Baheramsyah, M.Sc., selaku dosen pembimbing pertama atas semua pelajaran baik berupa kritik, saran, moral, solusi, dan inspirasi yang telah diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menggali hal-hal baru untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
3. Bapak Ede Mehta Wardhana S.T., M.T., selaku dosen pembimbing kedua atas pemberian masukan, solusi, waktu dan tempat pengerjaan kepada penulis ketika penulis mengalami kesulitan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
4. Albertus Ferdy Darmawan yang telah menjadi partner penulis dalam mengerjakan tugas akhir.
5. Teman seperjuangan Tugas Akhir 2018/2019 serta seluruh teman-teman seperjuangan Siskal Reguler dan *Double Degree* Angkatan 2015.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih banyak kekurangan karena keterbatasan pengetahuan dan pengalaman, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangatlah penulis harapkan untuk lebih baik dan sempurnanya Tugas Akhir ini. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat dan dapat digunakan sebagai tambahan informasi serta wacana-wacana bagi semua pihak yang membutuhkan sehingga dapat memberikan kontribusi yang berarti bagi semua pihak yang berkepentingan dalam topik Tugas Akhir ini.

Surabaya, 24 Juli 2019

Penulis

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
LEMBAR PENGESAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR TABEL .....	xix
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
BAB II DASAR TEORI.....	5
2.1 Peredam Suara.....	5
2.2 Teori Api .....	6
2.2.1 Definisi Api .....	6
2.2.2 Teori Segitiga Api ( <i>Fire Triangle</i> ).....	7
2.2.3 Teori Bidang Empat Api ( <i>Tetrahedron of Fire</i> ).....	7
2.2.4 Definisi Kebakaran.....	8
2.2.5 Klasifikasi Kebakaran .....	8
2.3 Titik Nyala.....	9
2.4 Teori Perambatan Api .....	10
2.5 <i>Lateral Ignition and Flame Spread Test (LIFT)</i> .....	10
2.6 Penyebaran Api pada Benda Padat.....	11
2.7 Regulasi Kebakaran di Kapal .....	12
2.7.1 <i>American Society for Testing and Material (ASTM)</i> .....	13
2.7.2 SOLAS chapter II-2 tahun 1974.....	13
2.7.3 IMO FTP-Code.....	14
2.8 Sabut Kelapa.....	14
2.9 Karakteristik Sabut Kelapa.....	15
2.10 Polyurethane.....	16
2.11 Perlakuan NaOH.....	17
BAB III METODOLOGI .....	19
3.1 Flow Chart.....	19
3.2 Pembuatan Spesimen.....	20
3.3 Pengujian Titik Nyala Menurut ASTM E84 .....	29
3.4 Pengujian Perambatan Api menurut ASTM E1321 .....	31
3.5 Analisa Data .....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1 Hasil dan Pembahasan Sabut Kelapa yang Diberikan Perlakuan Kimia.....	33
4.2 Hasil Perhitungan Massa untuk Pembuatan Spesimen.....	35

4.3	Hasil dan Pembahasan Pembuatan Spesimen.....	38
4.4	Hasil dan Pembahasan Pengujian Spesimen.....	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		55
5.1	Kesimpulan.....	55
5.2	Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA.....		57
LAMPIRAN .....		59

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses Pemasangan Peredam Suara.....	5
Gambar 2. 2 Ilustrasi Penyerapan Suara.....	6
Gambar 2. 3 Segitiga Api.....	7
Gambar 2. 4 Teori Bidang Empat Api.....	7
Gambar 2. 5 Perambatan Api Lateral.....	10
Gambar 2. 6 Flame Spread Apparatus.....	11
Gambar 2. 7 Interaksi antara api yang menyebar dengan permukaan.....	12
Gambar 2. 8 Sabut Kelapa.....	15
Gambar 2. 9 Polyurethane.....	17
Gambar 2. 10 Alkali NaOH.....	18
Gambar 3. 1 Masker.....	20
Gambar 3. 2 Sarung tangan.....	21
Gambar 3. 3 Kacamata Safety.....	21
Gambar 3. 4 Serat Sabut Kelapa.....	22
Gambar 3. 5 NaOH Teknis.....	22
Gambar 3. 6 Air Destilasi.....	23
Gambar 3. 7 Perekat Polyurethane.....	23
Gambar 3. 8 Larutan NaOH.....	25
Gambar 3. 9 Perendaman Spesimen dengan larutan NaOH.....	25
Gambar 3. 10 Pengeringan Sabut Kelapa.....	26
Gambar 3. 11 Cetakan Akrilik dengan variasi tinggi 10mm, 20mm, dan 30mm.....	27
Gambar 3. 12 Cetakan PVC dengan variasi tinggi 10mm, 20mm, dan 30mm.....	28
Gambar 3. 13 Spesimen yang telah dicetak menggunakan cetakan PVC.....	28
Gambar 3. 14 Spesimen yang telah dicetak menggunakan cetakan akrilik.....	28
Gambar 3. 15 Flame Torch.....	29
Gambar 3. 16 Tabung Gas.....	29
Gambar 3. 17 Rangkaian Tabung dan Flame Torch.....	30
Gambar 3. 18 Termometer Infrared.....	30
Gambar 3. 19 Gambar Rangkaian Sistem Uji Perambatan Api.....	31
Gambar 4. 1 Proses Perendaman Serat Sabut Kelapa.....	34
Gambar 4. 2 Hasil Perendaman Serat Sabut Kelapa setelah Dikeringkan.....	35
Gambar 4. 4 Spesimen 1.....	38
Gambar 4. 5 Spesimen 2.....	39
Gambar 4. 6 Spesimen 3.....	39
Gambar 4. 7 Spesimen 4.....	40
Gambar 4. 8 Spesimen 5.....	40
Gambar 4. 9 Spesimen 6.....	41
Gambar 4. 10 Spesimen 7.....	41
Gambar 4. 11 Spesimen 8.....	42
Gambar 4. 12 Spesimen 9.....	42

Gambar 4. 13 Grafik Suhu Titik Nyala .....	43
Gambar 4. 14 Titik Nyala.....	44
Gambar 4. 14 Grafik antara suhu depan glasswool dan spesimen terhadap waktu .....	50
Gambar 4. 15 Grafik antara suhu belakang spesimen terhadap waktu .....	51
Gambar 4. 16 Grafik antara suhu samping glasswool dan spesimen terhadap waktu ....	52
Gambar 4. 17 Grafik antara suhu samping belakang glasswool dan spesimen terhadap waktu .....	53

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kecepatan Perambatan Api Keatas dari Secarik Kertas .....	11
Tabel 2. 2 Kandungan Ligniselulosa dalam Beberapa Serat Alam .....	16
Tabel 2. 3 Kandungan Sabut Kelapa Tanpa Diberikan Perlakuan .....	16
Tabel 4. 1 Hasil Perhitungan Massa Tiap Spesimen Tabung .....	36
Tabel 4. 2 Hasil Perhitungan Massa Tiap Spesimen Balok.....	37
Tabel 4. 3 Hasil Massa Sabut Kelapa dengan Massa Polyurethane Tabung .....	37
Tabel 4. 4 Hasil Massa Sabut Kelapa dengan Massa Polyurethane Balok.....	38
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Titik Nyala .....	43
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Perambatan Api.....	45
Tabel 4. 7 suhu depan tiap spesimen.....	48
Tabel 4. 8 suhu belakang tiap spesimen .....	48
Tabel 4. 9 suhu samping tiap spesimen.....	49
Tabel 4. 10 suhu samping belakang tiap spesimen.....	49

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Teknologi berkembang pesat pada era globalisasi baik itu berupa teknologi informasi, komunikasi, produksi, maupun transportasi. Misal saja pada bidang transportasi laut, kapal yang dulunya digerakkan oleh manusia ataupun tenaga angin mengalami perkembangan teknologi penggerak kapal. Saat ini sering kita jumpai adalah kapal berpengerak mesin diesel. Namun mesin pengerak tersebut menghasilkan suara-suara yang tidak diharapkan yaitu kebisingan. Kebisingan adalah suara yang tidak dikehendaki oleh manusia dan merupakan faktor lingkungan yang dapat berpengaruh negatif terhadap kesehatan. Berdasarkan KepmenLH RI No. 48 Tahun 1996 tentang Nilai Ambang Batas Tingkat Kebisingan menyatakan bahwa kebisingan adalah bunyi yang tidak diinginkan dari suatu usaha atau kegiatan dalam tingkat dan waktu tertentu yang dapat menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan. Untuk mengatasi kebisingan tersebut dibutuhkan alat yang dapat berfungsi meredam suara kebisingan. peredam suara yang baik memiliki karakteristik berupa densitas permukaan yang besar, meterial yang memiliki tingkat tahanan udara yang tinggi, dapat memantulkan suara, dan tentunya aman bagi manusia dan lingkungan. Oleh karena itu saat ini telah banyak berkembang berbagai jenis bahan peredam yang bertujuan untuk mengatasi masalah dari kebisingan.

Material peredam suara yang banyak digunakan di dunia industri saat ini adalah *glasswool* dan *rockwool* yang berbahan dasar *fiberglass*. Akan tetapi *glasswool* dan *rockwool* harganya relatif lebih mahal, mudah rontok, untuk sebagian orang dapat menyebabkan gangguan pernafasan, dan bila tersentuh dapat menyebabkan iritasi. Karena bahan peredam suara yang baik memiliki karakteristik aman bagi manusia dan lingkungan, oleh karenanya berbagai bahan pengganti material tersebut mulai dikembangkan misalnya saja bahan yang berbahan dasar dari serat. Salah satu serat alam yang menjadi objek penelitian adalah serat sabut kelapa. Serat sabut kelapa menjadi alternatif material peredam suara, karena selain murah, mudah didapat juga sangat berlimpah.

Indonesia sendiri merupakan salah satu produsen kelapa terbesar di dunia dengan produksi buah kelapa rata-rata 15,5 milyar butir/tahun atau setara dengan 3,02 juta ton kopra, 3,75 juta ton air, 0,75 juta ton arang tempurung, 1,8 juta ton serat sabut, dan 3,3 juta ton debu sabut (Agustian et al., 2003; Allorerung dan Lay, 1998; Anonim, 2000; Nur et al., 2003; APCC, 2003). Industri pengolahan buah kelapa umumnya masih terfokus pada pengolahan hasil daging buah sebagai hasil utama, sedangkan industri yang mengolah hasil samping buah seperti; air, sabut, dan tempurung kelapa masih secara tradisional dan berskala kecil, padahal potensi ketersediaan bahan baku untuk membangun industri pengolahannya masih sangat besar. Upaya untuk pengembangan pemanfaatan produk sampingan dari limbah kelapa masih sangat kurang, padahal limbahnya sendiri dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan nilai jual yang nantinya berimbas pada pendapatan petani kelapa. Dengan daya produksi per tahunnya yang besar dan sabut kelapa yang merupakan limbah dari produksi kelapa seharusnya bisa

dimanfaatkan lebih baik lagi. Oleh karena itu untuk mengurangi jumlah dari limbah sabut kelapa telah banyak kerajinan atau alat-alat tradisional yang menggunakan sabut kelapa seperti keset, sapu rumah tangga, atap rumah, dan peralatan lainnya selain itu banyak juga warga yang hanya sekedar membakarnya untuk mengurangi limbah sabut kelapa tersebut.

Pada penelitian ini akan menguji kekuatan dari modifikasi bahan peredam suara berupa sabut kelapa (*Cocos nicifera*). Sabut kelapa sendiri dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan peredam atau insulasi suara. Syarat yang paling penting bagi bahan kedap suara adalah keamanan dalam hal ini adalah aman buat kesehatan manusia, yaitu tidak beracun. Aman terhadap kebakaran karena tidak cepat merambatkan api. Akan tetapi perlu dilakukan pengujian terhadap sabut kelapa yang hendak dijadikan bahan baku peredam suara yang telah dilakukan perlakuan pemberian larutan NaOH. Diharapkan sabut kelapa ini dapat menjadi rekomendasi alternatif untuk bahan baku pembuatan peredam suara yang kuat, aman, dan ramah terhadap lingkungan serta harganya yang terjangkau.

## **1.2 Perumusan Masalah**

1. Bagaimana suhu dan waktu titik nyala dari sabut kelapa yang telah diberikan perlakuan NaOH?
2. Bagaimana perambatan api dari sabut kelapa yang telah diberikan perlakuan NaOH?
3. Bagaimana perbandingan suhu perambatan antara modifikasi peredam suara dengan insulasi sabut kelapa (*Cocos nucifera*) yang telah diberi perlakuan kimia Alkali NaOH dibandingkan glasswool dengan massa jenis yang sama?

## **1.3 Batasan Masalah**

- Batasan masalah dibuat agar lingkup penelitian ini lebih fokus, yaitu :
- a. Pengujian ASTM E84 hanya mencari waktu titik nyala dan temperturnya.
  - b. Pengujian perambatan api dilakukan secara mandiri dan tidak menggunakan *Lateral Ignition Flame Spread Apparatus*
  - c. Variasi pada penelitian ini yang digunakan yaitu variasi ketebalan dan massa jenis.
  - d. Variasi pada glasswool yang digunakan sebagai pembanding sabut kelapa yaitu ketebalannya.
  - e. Pada pengujian tidak mencari dan menghitung reaksi kimia dari hasil pembakaran spesimen.
  - f. Penelitian hanya menganalisa titik nyala dan perambatan api pada peredam suara menggunakan sabut kelapa (*Cocos nucifera*) dari segi teknis.
  - g. NaOH yang digunakan adalah NaOH teknis yang berwujud padat yang dilarutkan pada air hasil destilasi.

## **1.4 Tujuan Penelitian**

1. Untuk mengetahui suhu dan waktu titik nyala dari sabut kelapa yang telah diberikan perlakuan perendaman alkali NaOH yang dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan peredam suara.



2. Untuk mengetahui perambatan api dari sabut kelapa yang telah diberikan perlakuan perendaman alkali NaOH.
3. Membandingkan suhu perambatan modifikasi peredam suara dengan insulasi sabut kelapa (*Cocos nucifera*) yang telah diberi perlakuan perendaman alkali NaOH dengan peredam suara berbahan dasar glasswool.

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengurangi jumlah limbah sabut kelapa (*Cocos nucifera*) yang ada di masyarakat.
- b. Mengetahui suhu dan waktu titik nyala dan karakteristik penyebaran api dari peredam suara yang telah dimodifikasi menggunakan sabut kelapa (*Cocos nucifera*) yang telah diberi perlakuan perendaman alkali NaOH.
- c. Mendapatkan rekomendasi peredam suara yang ramah lingkungan sebagai pengganti glasswool.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB II DASAR TEORI

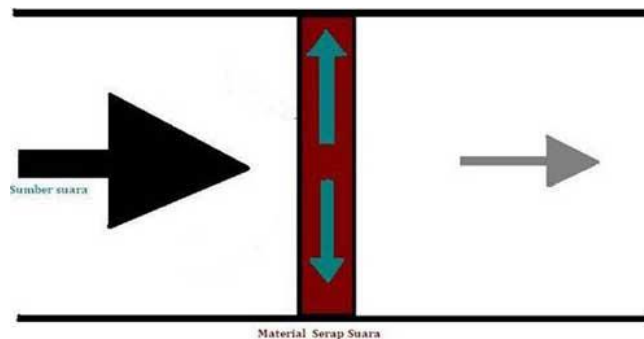
### 2.1 Peredam Suara

Peredam suara (*sound insulation*) adalah adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengurangi jumlah intensitas suara yang terjadi pada suatu area tertentu. Bunyi dapat menimbulkan kebisingan apabila sumber suara mengalami getaran. Getaran sumber suara ini dapat mengganggu keseimbangan molekul udara sekitar sehingga menyebabkan molekul-molekul udara ikut bergetar atau biasa disebut beresonansi. Rambatan gelombang di udara dalam konteks ruang dan waktu rambatan gelombang ini dapat menimbulkan gangguan kenyamanan dan kesehatan, sehingga perlu alat yang dapat menginsulasi atau meredam berbagai macam jenis suara dan bunyi yang dihasilkan oleh benda yang dianggap mengganggu di berbagai tempat yaitu sebuah peredam suara. Sistem peredam suara dalam suatu ruangan akan mempengaruhi keadaan sebuah ruang terhadap kualitas daripada bunyi yang terjadi di dalamnya. Peredam suara yang dipasang pada suatu ruangan biasanya dikarenakan berbagai hal seperti perubahan suara akibat pantulan suara dan juga gangguan suara dari ruang lain yang dapat menembus ruang tersebut sehingga suara dapat terdengar di ruang lain. Saat ini banyak material yang sangat efektif untuk digunakan sebagai bahan untuk penyerapan suara dan bunyi yang ditimbulkan. Bagi manusia bunyi yang dapat didengarkan manusia yaitu bunyi ketika gelombang bunyi yang berupa getaran di udara atau medium lain sampai ke gendang telinga manusia. Telinga manusia peka terhadap gelombang dalam jangkauan frekuensi yang dapat didengar (*audible range*) dari 20 Hz sampai 20.000 Hz (*audiosonic*). Gelombang bunyi yang frekuensinya di bawah 20 Hz disebut dengan gelombang *infrasonic* dan gelombang bunyi yang frekuensinya di atas 20.000 Hz disebut dengan gelombang *ultrasonic* (Halliday & Resnick, 1985:656).



Gambar 2.1 Proses Pemasangan Peredam Suara  
(Sumber: [peredamsuara-akustik.com](http://peredamsuara-akustik.com))

Secara umum peredam suara berfungsi untuk mengurangi suara yang memantul dalam sebuah ruangan seperti ilustrasi di bawah ini.



Gambar 2.2 Ilustrasi Penyerapan Suara  
(Sumber: id.acourete.com)

Dalam ilustrasi pada gambar diatas dapat dilihat bahwa sumber suara yang bergerak menuju material serap suara akan dikurangi intensitas suaranya setelah melewati material serap suara. Kemampuan sebuah material peredam suara untuk menyerap suara ditentukan dengan nilai *Noise Reduction Class* (NRC) atau *Sound Absorbing Coefficient*. NRC adalah nilai koefisien dan *Sound Absorbing Coefficient* adalah nilai pengurangan suara dalam dB (decibel) dari frekuensi rendah ke frekuensi tinggi. secara umum peredam suara memiliki karakteristik sebagai berikut :

- Ringan
- Berpori
- Memiliki permukaan yang lunak
- Dan tidak dapat meredam getaran

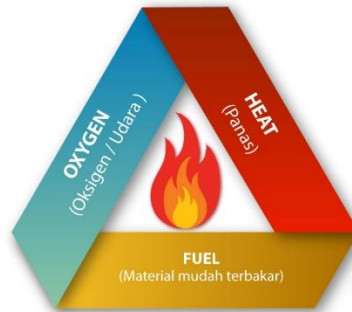
## 2.2 Teori Api

### 2.2.1 Definisi Api

Api didefinisikan sebagai suatu peristiwa atau reaksi kimia yang diikuti oleh pengeluaran asap, panas, nyala dan gas-gas lainnya. Api juga dapat diartikan sebagai hasil dari reaksi pembakaran yang cepat (Pusdiklatkar, 2006). Timbulnya api ini sendiri disebabkan oleh adanya sumber panas yang berasal dari berbagai bentuk energi yang dapat menjadi sumber penyulutan dalam segitiga api, contoh dari sumber panas yaitu; bunga api listrik, busur listrik, listrik statis, reaksi kimia, gesekan, petir, sinar matahari dan lain sebagainya. Ramli (2010) menjelaskan bahwa api tidak terjadi begitu saja tetapi merupakan suatu proses kimiawi antara uap bahan bakar dengan oksigen dan bantuan panas. Teori ini dikenal dengan segitiga api (*fire triangle*). Apabila ketiga unsur tersebut dapat dipenuhi dalam suatu konsentrasi yang memenuhi persyaratan, maka akan timbul reaksi oksidasi atau dikenal sebagai proses pembakaran (Siswoyo, 2007, IFSTA, 1993).

### 2.2.2 Teori Segitiga Api (*Fire Triangle*)

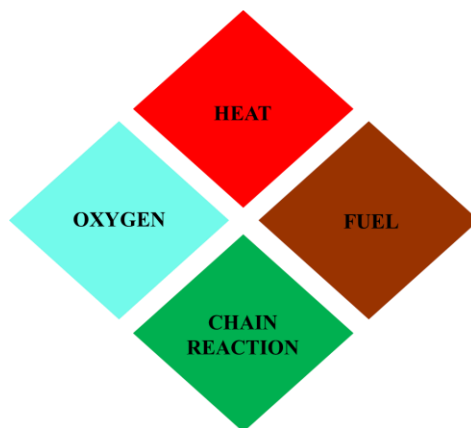
Secara sederhana susunan kimiawi dalam proses kebakaran dapat digambarkan dengan segitiga api. Teori segitiga api menjelaskan tentang untuk dapat berlangsungnya proses nyala api diperlukan adanya 3 unsur pokok pembentuknya, yaitu bahan bakar yang dapat dibakar, oksigen ( $O_2$ ) yang cukup dari udara atau dari bahan bakar oksidator, dan panas yang cukup (materi pengawasan K3 penanggulangan kebakaran Depnakertrans, 2008).



Gambar 2.3 Segitiga Api  
(Sumber: [saberindo.co.id](http://saberindo.co.id))

Kebakaran dapat terjadi jika ketiga unsur api tersebut saling bereaksi satu dengan yang lainnya. Tanpa adanya salah satu unsur tersebut, api tidak dapat terjadi. Bahkan masih ada unsur keempat yang disebut reaksi berantai, karena tanpa adanya reaksi pembakaran maka api tidak akan menyala terus – menerus. Keempat unsur api ini sering disebut juga *Tetrahedron of Fire*.

### 2.2.3 Teori Bidang Empat Api (*Tetrahedron of Fire*)



Gambar 2.4 Teori Bidang Empat Api

Saat ini teori dari segitiga api mengalami perkembangan dengan ditemukannya unsur keempat untuk terjadinya nyala api yaitu rantai reaksi kimia. Teori ini didasarkan bahwa dalam panas yang dihasilkan dari pembakaran yang normal akan menimbulkan

nyala dan dari reaksi kimia yang terjadi dihasilkan beberapa zat hasil dari pembakaran seperti CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, asap, dan gas. Gambar 2.4 menjelaskan bahwa teori tetrahedron memiliki 4 unsur pembentukan api antara lain :

- Sumber panas.
- Bahan mudah terbakar.
- Oksigen, dan
- *Chemical chain reaction*.

Dimana kebakaran dapat terjadi apabila unsur berupa *chemical chain reaction* bereaksi bersamaan dengan ketiga unsur lainnya. *Chemical chain reaction* dapat menyebabkan api dapat hidup terus menerus.

#### 2.2.4 Definisi Kebakaran

Kebakaran adalah suatu peristiwa oksidasi minimal dengan ketiga unsur pembentuk (bahan bakar, oksigen, dan panas) yang dapat menimbulkan kerugian harta benda atau cedera bahkan sampai kematian (Karla, 2007; NFPA, 1986). Menurut Dewan Keselamatan dan Kesehatan Kerja Nasional (DK3N), kebakaran adalah suatu peristiwa bencana yang berasal dari api yang tidak dikehendaki yang dapat menimbulkan kerugian, baik kerugian materi (berupa harta benda, bangunan fisik, deposit/asuransi, fasilitas sarana dan prasarana, dan lain-lain) hingga kehilangan nyawa atau cacat tubuh permanen yang ditimbulkan akibat kebakaran.

Kebakaran merupakan salah satu bencana yang disebabkan oleh api. Kebakaran bisa terjadi akibat unsur ketidaksengajaan ataupun kelalaian dari manusia dan bisa juga karena sesuatu hal manusia sengaja menyebabkan suatu kebakaran.

#### 2.2.5 Klasifikasi Kebakaran

NFPA (*National Fire Protection Association*) adalah suatu lembaga swasta yang khusus menangani di bidang penanggulangan bahaya kebakaran yang berada di Amerika Serikat. Menurut NFPA, kebakaran dapat diklasifikasikan menjadi 4 kelas, yaitu :

- a. Kelas A, yaitu kebakaran Bahan padat kecuali logam

Kelas A memiliki ciri-ciri kebakaran yang akan meninggalkan arang dan abu ketika benda jenis A terbakar. Unsur penyusun bahan yang terbakar biasanya mengandung karbon. Seperti : kayu, kertas plastik, karet, busa, dan lain-lainnya yang sejenis dengan benda tersebut.

Media yang cocok untuk memadamkan bahan dari kelas A adalah bahan yang berjenis basah yaitu air. Karena prinsip kerja dari air dalam memadamkan api adalah dengan menyerap kalor dan menembus sampai bagian dalamnya.

- b. Kelas B, yaitu kebakaran bahan cair dan gas yang mudah terbakar

Kelas B tersusun dari unsur bahan yang mengandung hidrokarbon dari produk minyak bumi dan turunan-turunan kimianya, seperti : bensin, solar, pertalite, aspal, kerosin, alkohol, gas LPG, dan lain-lainnya yang sejenis.

Media yang sesuai untuk memadamkan bahan kelas B adalah bahan jenis busa. Prinsip kerja dari busa sendiri dalam memadamkan api adalah dengan cara menutup permukaan cairan yang mengapung pada permukaan. Penggunaan media pemadam yang sesuai dengan bahan gas adalah jenis bahan pemadam

- yang dapat bekerja atas dasar substitusi oksigen ( $O_2$ ) atau dengan cara memutuskan reaksi berantai yaitu jenis tepung kimia kering atau  $CO_2$ .
- c. Kelas C, yaitu kebakaran listrik yang bertegangan
 

Contoh dari bahan kelas C adalah panel listrik, alat navigasi, komputer, televisi dan lain-lainnya. Media pemadam yang sesuai untuk bahan kelas C adalah jenis bahan kering yaitu tepung kimia atau  $CO_2$ .
  - d. Kelas D, yaitu kebakaran bahan logam
 

Pada dasarnya semua jenis bahan dapat terbakar tak terkecuali benda yang terbuat dari logam. Hanya saja tergantung nilai titik nyala dari masing-masing jenis logamnya.

Bahan pemadam yang digunakan untuk kebakaran jenis logam tidak dapat menggunakan bahan berair dan bahan pemadam seperti pada umumnya, karena hal tersebut justru dapat menimbulkan bahaya. Maka dari itu harus dirancang secara khusus media pemadam yang prinsip kerjanya adalah untuk menutup permukaan bahan yang terbakar dengan cara menimbunnya. Diperlukan alat pemadam kebakaran khusus (metal-X, foam) untuk dapat memadamkan kebakaran jenis ini.

### 2.3 Titik Nyala

Titik nyala (*Flash point*) adalah suhu dimana suatu fraksi atau material akan mengalami penguapan dan dapat menimbulkan api apabila terkena percikan api yang kemudian api tersebut mati dengan sendirinya dengan jarak waktu yang relatif cepat pada umumnya kurang lebih 5 detik. Hal ini dikarenakan pada kondisi tersebut belum mampu untuk membuat material bereaksi dan menghasilkan api yang kontiniu. Titik nyala dapat ditentukan dengan melakukan pemanasan yang tetap terhadap suatu fraksi atau material, setelah mencapai titik suhu tertentu maka fraksi tersebut akan mengalami penguapan. Uap tersebut akan menyala apabila sumber api di arahkan pada uap tersebut sehingga akan menimbulkan percikan api dan akan padam dengan sendirinya akibat adanya tekanan uap dari bawahnya. jadi dengan kata lain, semakin tinggi flash point suatu fraksi maka akan sulit untuk terbakar begitupun jika fraksi memiliki titik nyala rendah berarti akan mudah terjadi pembakaran. Pada proses penyalaan, api mengalami empat tahapan, mulai dari tahap permulaan hingga menjadi besar, berikut penjelasannya :

1. *Incipien Stage* (Tahap Permulaan)
 

Pada tahap ini tidak terlihat adanya asap, lidah api, atau panas, tetapi terbentuk partikel pembakaran dalam jumlah yang signifikan selama periode tertentu.
2. *Smoldering Stage* (Tahap Membara)
 

Partikel pembakaran telah bertambah, membentuk apa yang kita lihat sebagai "asap". Masih belum ada nyala api atau panas yang signifikan.
3. *Flame Stage*

Tercapai titik nyala, dan mulai terbentuk lidah api. Jumlah asap mulai berkurang, sedangkan panas meningkat.
4. *Heat Stage*

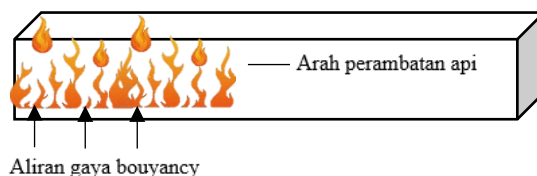
Pada tahap ini terbentuk panas, lidah api, asap dan gas beracun dalam jumlah besar. Transisi dari *flame stage* ke *heat stage* biasanya sangat cepat, seolah-olah menjadi satu dalam fase sendiri.

## 2.4 Teori Perambatan Api

Perambatan api dapat dibagi berdasarkan arah dari gaya *bouyancy* yang mempengaruhi dan mengendalikan aliran kemana arah api merambat. Pada kasus perambatan api secara vertikal, perambatan api akan meluas menuju ke arah material yang belum terbakar dimana perluasan jangkauan daerah tersebut disebabkan adanya perpindahan kalor dari nyala api dan juga karena adanya pemanasan awal (*preheating*) dari material yang terbakar. Namun terdapat pula jenis perambatan api aliran balik (*opposed flow*) yang biasa disebut dengan perambatan samping (*lateral flame spread*) dimana api akan merambat menuju arah ke arah samping atau menuju sumbu horizontal akibat adanya perambatan efek gaya *bouyancy*.

Perambatan api sering dimodelkan sebagai sebuah bagian dari penyalaan terkendali, sehingga bagian material yang berdekatan dengan sumber api akan mencapai temperatur nyala kritis dan kemudian mengalami penyalaan. Penyalaan akan menyebabkan terdapat daerah pyrolisis dimana daerah tersebut mengalami perubahan fase dari padat menjadi gas dan merambat secara konduksi akibat panas dari nyala api itu sendiri dan juga dari sumber panas eksternal (*heater*). Oleh karena itu setiap adanya penelitian dan pengembangan mengenai gejala perambatan api maka harus ada penjelasan mengenai teori penyalaan terlebih dahulu.

Dalam sejarahnya, studi mengenai perambatan api akan menghasilkan suatu nilai pengukuran yang empiris sehingga dapat dibandingkan properties material satu dengan yang lainnya. Namun bukan berarti dengan cara pengujian akan mendekati hasil simulasi yang menggunakan pendekatan perhitungan numerik. Pada tahun-tahun sebelumnya, pengujian perambatan api secara lateral ini telah dilakukan seperti pada ASTM E162 mengenai pengujian permukaan material terhadap mampu bakar menggunakan sumber panas radiasi eksternal (Hilado, 1973). Ini merupakan dasar pembuatan ASTM E1321-97a yang sekarang digunakan pada penelitian ini dan sering disebut sebagai LIFT.



Gambar 2.5 Perambatan Api Lateral

## 2.5 *Lateral Ignition and Flame Spread Test (LIFT)*

*Lateral Ignition and Flame Spread Test* atau biasa disebut dengan LIFT merupakan standar baru terkait pengujian perambatan api pada ASTM E1321. Metode dari ASTM E1321 merupakan adaptasi dari peralatan pengujian terkait penyalaan dan juga sifat perambatan api pada suatu material oleh *Departement of Transportation* (DOT) dan juga *Federal Aviation Administration* (FAA) di Amerika Serikat pada tahun 1985.

Banyak selain standar ASTM yang telah membuat standar pengujian lainnya terkait dengan pengujian perambatan api pada material panjang seperti BS476 part 7



tahun 1997 dan ISO 9705. Akan tetapi perbedaan dari berbagai standar tersebut terletak pada perancangan alat, posisi material terhadap sumber panas, ukuran sampel, dan lain sebagainya. Namun standar tersebut tetap memiliki satu tujuan yaitu untuk mencari karakteristik setiap material dalam melakukan perambatan api.

LIFT merupakan metode pengujian perambatan api pada material dengan memanfaatkan teori perambatan api balik (*opposed flame spread*) dimana perambatan api bergerak tegak lurus atau melawan arah aliran udara sehingga seolah-olah aliran udara dikendalikan oleh sumber panas menjadi fluks kalor yang diterima oleh material yang terbakar dan material yang belum mengalami kebakaran tidak akan terbakar secara cepat mengikuti aliran udara. Oleh karena itu perambatan panas pada arah samping atau lateral 100 kali lebih lambat daripada perambatan api searah dengana rah rambatnya yaitu ke arah vertikal.



Gambar 2.6 Flame Spread Apparatus  
(Sumber: *fire-testing.com*)

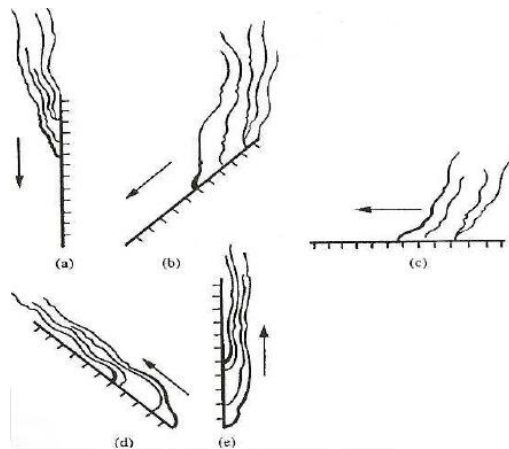
## 2.6 Penyebaran Api pada Benda Padat

Secara umum permukaan padat dapat terbakar dengan sudut orientasi berapapun, akan tetapi perambatan api akan lebih cepat apabila terbakar pada permukaan benda padat yang memiliki sudut vertikal. Sesuai dengan tabel dibawah dapat diketahui bahwasanya semakin besar sudut orientasi yang diberikan maka semakin cepat pula kecepatan dari perambatan api. Perlu diketahui bahwa sudut orientasi merupakan sudut yang terbentuk antara permukaan benda padat dengan garis horizontal, dimana sudut  $0^{\circ}$  yang berarti permukaan horizontal dan sudut  $90^{\circ}$  merupakan permukaan vertikal.

Tabel 2.1 Kecepatan Perambatan Api Keatas dari Secarik Kertas

Orientasi ( $^{\circ}$ )	Kecepatan perambatan api (mm/s)
0 (horizontal)	3,6
22,5	6,3
45	11,2
75	29,2

Arah dari perambatan api juga menentukan kecepatan dari penyebaran api. Penyebaran api ke arah bawah akan jauh lebih lambat daripada penyebaran api yang mengarah keatas. Penyebabnya dapat dianalisa berdasarkan interaksi secara fisik yang terjadi antara lidah api dengan bahan bakar yang belum terbakar yang dapat berubah ketika orientasinya berubah. Untuk penyebaran api yang arahnya kebawah dan horizontal penyebarannya disebut dengan *counter-current*, sedangkan penyebaran api yang arahnya keatas disebut dengan *concurrent*. Istilah *counter-current* menjelaskan peristiwa dimana terdapat aliran udara yang arahnya berlawanan dengan arah perambatan api, sedangkan *concurrent* sebaliknya, yaitu ketika adanya aliran udara yang searah dengan penyebaran api. Penyebaran api pada *concurrent* lebih cepat jika dibandingkan dengan *counter-current*. Hal ini disebabkan karena pada *concurrent* lidah api dan udara panas mengalir ke arah yang sama, sehingga memberikan kontribusi panas pada daerah yang sebelumnya belum terbakar dan mengakibatkan api mudah menjalar ke daerah tersebut.



Gambar 2.7 Interaksi antara api yang menyebar dengan permukaan dari benda padat yang dapat terbakar (*combustion solid*) untuk berbagai sudut orientasi : (a) -900 ; (b) -450 ; (c) 00 ; (d) +450 ; (e) +900. (a), (b), dan (c) adalah Penyebaran *counter-current* sedangkan (d) dan (e) penyebaran *coucurrent*

## 2.7 Regulasi Kebakaran di Kapal

Kebakaran merupakan salah satu isu bahaya yang sangat besar dalam dunia perkapalan. Oleh karena itu dibuatlah peraturan-peraturan terkait keselamatan di dunia pelayaran yang mengatur regulasi tentang kebakaran. Berikut ini adalah beberapa peraturan ataupun standar-standar yang menunjang untuk keselamatan di kapal dalam hal ini adalah kecelakaan akibat kebakaran, yaitu:

### 2.7.1 *American Society for Testing and Material (ASTM)*

ASTM merupakan singkatan dari American Society for Testing and Material adalah salah satu dari standar internasional dan sebuah organisasi untuk melakukan pengujian dengan kantor pusatnya berada di West Conshohocken, PA dan kantor di Belgia, Kanada, Cina, Meksiko dan Wasington DC didirikan pada tahun 1898 oleh sekelompok insiyur dan ilmuwan Pennsylvania Railroad, yang dipimpin oleh kimiawan Charles Benjamin Dudley, yang bertujuan awalnya untuk mengatasi masalah bahan rel kereta api di industri kereta api yang pada saat itu industri kereta api sedang dalam perkembangan yang pesat. Awal pertama berdiri bernama *American Society for Testing and Materials* dan kemudian berubah nama menjadi ASTM Internasional di tahun 2011. Asosiasi ini memiliki lebih dari 30.000 anggota yang terdiri dari pengguna, produsen, konsumen, dan yang pihak yang memiliki kepentingan umum lainnya termasuk akademisi dan konsultan.

ASTM saat ini telah mengembangkan dan menerbitkan standar teknis yang dapat diterima melalui konsensus dan banyak digunakan dalam berbagai macam produk, material, sistem, dan layanan. Hingga saat ini sekitar 12.000 standar ASTM telah digunakan di berbagai penjuru dunia dengan 143 kemite penulisan standar teknis. Standar ASTM dikembangkan sesuai dengan prinsip-prinsip Organisasi Perdagangan Dunia yang mencakup koherensi, konsensus, dimensi pengembangan, efektivitas, ketidakberpihakan, keterbukaan, relevansi dan transparansi. Standar internal ASTM dibagi ke dalam enam kategori yaitu: Spesifikasi Standar, Metode Uji Standar, Panduan Praktik Standar, Standar Klasifikasi, dan Standar Terminologi.

ASTM juga melakukan uji profisiensi dan program yang dilakukan di dalam laboratoriumnya. Laboratorium ini dapat menilai kinerja dari berberapa laboratorium yang bekerja sama dengan ASTM Internasional dengan cara membandingkan data mereka dengan laboratorium lain yang berpartisipasi dalam program yang sama. Program pengujian ini mencakup pengujian plastik dan logam serta hidrokarbon aromatik, produk minyak bumi, cairan pendingin mesin, oktan, dan pengujian tekstil, untuk beberapa nama. ASTM juga dapat memberikan sertifikasi yang mencakup produk termasuk material, sistem, dan layanan.

Standard ASTM ada sekitar 12.000 standard yang dibuat dengan pengkodean khusus. Penandaan biasanya terdiri dari awalan huruf dan nomor yang ditetapkan secara berurutan. Secara opsional diikuti dengan tanda pisah dan dua digit terakhir dari tahun di mana standar diadopsi. Standard diawali dengan huruf yang menandakan pembagian jenis dengan subjek berikut:

- A = Besi dan Baja
- B = Bahan Logam Nonferrous
- C = Keramik, Beton, dan Bahan Batu
- D = Bahan Lain-lain
- E = Miscellaneous Subjects
- F = Bahan untuk Aplikasi Tertentu
- G = Korosi, Deteriorasi, dan Degradasi Bahan

### 2.7.2 SOLAS chapter II-2 tahun 1974

*The International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS)* adalah perjanjian keselamatan pelayaran internasional dari *International Maritime*

*Organization* (IMO), badan PBB yang membidangi pelayaran dan kelautan. SOLAS mengatur keselamatan jiwa di laut, yang mencakup segala jenis kapal laut. Konvensi ini adalah merupakan response dari musibah tenggelamnya kapal RMS Titanic pada tahun 1912. Namun SOLAS 1914 ini tidak pernah diberlakukan karena yang meratifikasi hanya 5 negara dan pada waktu itu terganggu dengan terjadinya Perang Dunia I. Dan penyempurnaan terus dilakukan setelahnya hingga sampai saat ini.

SOLAS chapter II-2 ini membahas tentang perlindungan terhadap kebakaran, deteksi kebakaran dan pemadam kebakaran (*Fire protection, fire detection and fire extinction*), berisi ketentuan-ketentuan tentang sekat-sekat kedap api, sistem pendeteksiannya adanya kebakaran dan tentang alat-alat pemadam kebakaran baik jenis dan jumlahnya untuk kapal-kapal yang berbeda.

### 2.7.3 IMO FTP-Code

Organisasi Maritim Internasional IMO telah mengembangkan peraturan keselamatan kebakaran untuk kapal komersial internasional dalam kerangka Konvensi Internasional untuk Keselamatan Kehidupan di Laut (SOLAS). Pada bulan Juli 1998, IMO memperkenalkan Kode Prosedur Uji Kebakaran (Kode FTP), yang berisi prosedur uji api untuk konstruksi dan bahan-bahan yang aman digunakan di atas kapal. FTP-Code pada dasarnya menggunakan uji kebakaran dari *International Standards Organization ISO*. Berikut ini merupakan prosedur uji api yang ada pada FTP-code yang mencakup :

- Bagian 1 tentang *non-combustibility test*
- Bagian 2 tentang *smoke and toxicity test*
- Bagian 3 tentang *fire resistance test for fire resistant divisions*
- Bagian 4 tentang *Fire Resistance Test for Fire Door Closing Mechanisms*
- Bagian 5 tentang *surface flammability test*
- Bagian 6 tentang *test for Primary Deck Coverings*
- Bagian 7 tentang *Flammability Tests for Curtains and Vertically Suspended Textiles and Films*
- Bagian 8 tentang *Test for Upholstered Furniture*
- Bagian 9 tentang *Test for Bedding Components*

## 2.8 Sabut Kelapa

Tanaman kelapa disebut juga tanaman serbaguna, karena dari akar sampai ke daun kelapa dapat dipergunakan, demikian juga halnya dengan buahnya. Buah adalah bagian utama dari tanaman kelapa yang berperan sebagai bahan baku industri. Buah kelapa terdiri dari beberapa komponen yaitu sabut kelapa, tempurung kelapa, daging buah kelapa dan air kelapa. Daging buah adalah komponen utama yang dapat diolah menjadi berbagai produk bernilai ekonomi tinggi. Sedangkan air, tempurung, dan sabut sebagai hasil samping dari buah kelapa juga dapat diolah menjadi berbagai produk yang nilai ekonominya tidak kalah dengan daging buah.



Gambar 2.8 Sabut Kelapa  
(Sumber: pertanianku.com)

Sabut kelapa merupakan bagian terluar buah kelapa yang membungkus tempurung kelapa. Ketebalan sabut kelapa berkisar 5-6 cm yang terdiri atas lapisan terluar (*exocarpium*) dan lapisan dalam (*endocarpium*). *Endocarpium* mengandung serat-serat halus yang dapat digunakan sebagai bahan pembuat tali, karung, pulp, karpet, sikat, keset, isolator panas dan suara, filter, bahan pengisi jok kursi/mobil dan papan hardboard. Satu butir buah kelapa menghasilkan 0,4 kg sabut yang mengandung 30% serat. Komposisi kimia sabut kelapa terdiri atas selulosa, lignin, *pyroligneous acid*, gas, arang, ter, tannin, dan potasium (Rindengan et al., 1995).

Produk primer dari pengolahan sabut kelapa terdiri atas serat (serat panjang), bristle (serat halus dan pendek), dan debu abut. Serat dapat diproses menjadi serat berkarat, matras, *geotextile*, karpet, dan produk-produk kerajinan/ industri rumah tangga. Matras dan serat berkarat banyak digunakan dalam industri jok, kasur, dan pelapis panas. Debu sabut dapat diproses jadi kompos dan *cocopeat*, dan *particle board/hardboard*. *Cocopeat* digunakan sebagai substitusi gambut alam untuk industri bunga dan pelapis lapangan golf. Di samping itu, bersama *bristle* dapat diolah menjadi hardboard (Nur et al., 2003; Allorerung et al., 1998).

## 2.9 Karakteristik Sabut Kelapa

Ketebalan sabut kelapa berkisar 5-6 cm yang terdiri atas lapisan terluar (*exocarpium*) dan lapisan dalam (*endocarpium*). *Endocarpium* mengandung serat halus yang dapat digunakan sebagai bahan pembuat karpet, keset, tali, sikat, saringan, isolator panas dan suara, bahan pengisi jok kursi, dan papan partisi. Satu butir buah kelapa dapat menghasilkan 0,4 kg sabut yang mengandung 30% serat (Nurmaulita, 2010). Serat sabut kelapa merupakan salah satu serat alam yang diperoleh dari kulit buahnya (*seed fiber*). Serat sabut kelapa memiliki penampang melintang yang berbentuk lingkaran. Bentuk morfologi penampang serat sabut kelapa menunjukkan bahwa serat sabut kelapa memiliki banyak rongga. Struktur permukaannya lebih menyerupai busa (*sponge*) bahkan terdapat lubang yang cukup besar berada di tengah-tengah diameternya seperti pada Gambar 2.8. Luas lubang ini diperkirakan  $\pm 5\%$  luas lingkaran penampang melintangnya. Serat sabut kelapa memiliki ukuran diameter rata-rata 236 $\mu\text{m}$ , serat sabut kelapa memiliki sifat yang paling ulet (Sunariyo, 2008).

Untuk mengetahui kandungan serat sabut kelapa maka dilakukan uji komposisi seperti uji lignin, sellulosa, dan hemisellulosa. Uji *lignin* dilaksanakan untuk mengetahui jumlah *lignin* yang terdapat dalam serat sabut kelapa. Komposit yang diperkuat serat yang mengandung sedikit lignin maka komposit tersebut akan memiliki sifat fisik dan kekuatan yang baik, karena lignin bersifat rapuh dan kaku. Uji kadar selulosa dilaksanakan untuk menentukan kadar selulosa  $\alpha$ ,  $\zeta$  dan  $\beta$ , yang ada dalam Serat Sabut Kelapa (Sunariyo, 2008). Kandungan dan tegangan tarik serat sabut kelapa dari berbagai referensi.

Tabel 2.2 Kandungan Ligniselulosa dalam Beberapa Serat Alam

No	Jenis Serat Alam	Sellulosa (%)	Hemisellulosa (%)	Lignin (%)
1	Flax	71	18,6	2,2
2	Hemp	70	23	5,7
3	Jute	71,5	13,6	13
4	Kenaf	36	21,5	17,8
5	Ramie	76,2	14,6	0,7
6	Sisal	73	14	11
7	Banana	65	8	5
8	Coir	43	20	45
9	Oil Palm	65	19	13,2

Tabel 2. 3 Kandungan Sabut Kelapa Tanpa Diberikan Perlakuan

No	Lignin (%)	Sellulosa (%)	Hemisellulosa (%)	Referensi
1	20,5	33,2	31,1	Ramakrishna (2005)
2	20-48	35-60	15-28	Agopyan (2005)
3	32,8	44,2	56,3	Khalil (2006)
4	32,1	68,9	16,8	Asasutjarit (2007)
5	25,5	55,8	24,1	Sunariyo (2008)
6	32,7	35,6	15,4	Wildan (2010)
7	31,48	55,34	22,70	Nurmaulita (2010)
8	37,1	44,1	7,6	Khan (2012)
9	42	37	-	Verma (2013)

## 2.10 Polyurethane

Polyurethane adalah salah satu bahan polymeric yang didalamnya terkandung unsur urethane (-NH-CO-O-) yang merupakan hasil dari reaksi antara polyol yaitu alkohol dengan lebih dari dua grup hidroksil reaktif per molekul dengan diisocyanate atau polymeric isocyanate dengan katalis yang sesuai serta bahan-bahan tambahan lainnya. Polyurethane juga tersedia dalam beberapa bentuk seperti busa lentur, busa keras, pelapis anti bahan kimia, bahan perekat, penyekat, dan elastomers.

Untuk beban massa dari polyurethane sendiri dapat dikategorikan ringan karena berat jenis dari polyurethane hanya sekitar  $36\text{kg/m}^3$ . Berdasarkan pengujian oleh produsen didapatkan hasil nilai dari koefisien rambatan panas yang dihasilkan dari polyurethane sekitar 0,017. Ini menunjukkan bahwa setelah diberikan polyurethane kapasitas panas yang diteruskan ke suatu media akan berkurang. Keunggulan lainnya dari polyurethane antara lain:

- Kekerasannya memiliki berbagai tingkatan yang sangat beragam mulai dari shore A sampai dengan shore D
- Polyurethane tahan terhadap keausan
- Polyurethane tahan terhadap pukulan dan benturan
- Polyurethane tahan terhadap gesekan
- Cocok untuk *heavy duty industry*
- Kekenyalan yang sangat baik dan tahan terhadap *fatigue*.
- Memiliki sifat flexible meskipun dalam temperatur yang rendah
- Memiliki kemampuan isolasi yang baik
- Memiliki ketahanan terhadap akibat yang disebabkan oleh atmosfer, oksigen, dan ozon
- Tahan terhadap oli, lemak, dan beberapa bahan kimia lainnya.



Gambar 2.9 Polyurethane  
(Sumber: tokopedia.com)

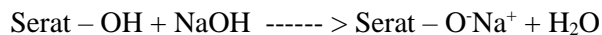
### 2.11 Perlakuan NaOH

Serat alam mengandung lignoselulosa yang memiliki sifat hidrofilik. Hidrofilik memiliki arti bahwasanya serat tersebut menyukai air atau mudah menyerap air. Akan tetapi penggunaan serat alam sebagai penguat matrik komposit termoplastik ataupun termosetting memiliki keterbatasan yaitu serat alam tidak kompatibel dengan matrik komposit yang bersifat hidrofobik. Inkompatibilitas ini menyebabkan adesi antarmuka yang rendah antara kutub hidrofilik serat dan kutub hidrofobik matrik, dan kesulitan dalam pencampuran akibat pembasahan yang rendah dari serat oleh matrik. Hal ini pada mengakibatkan komposit mempunyai kekuatan antarmuka yang lemah (John, 2008).

Perlakuan kimia tertentu perlu dilakukan terhadap serat alam untuk meningkatkan kapabilitas serat alam sebagai penguat dalam komposit. Modifikasi kimia berpengaruh secara langsung terhadap struktur serat dan mengubah komposisi kimia serat, mengurangi kecenderungan penyerapan kelembapan 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 berifat basa yang tergolong mudah larut dalam air dan termasuk basa kuat yang dapat terionisasi dengan sempurna. Perlakuan alkali yang berupa NaOH dari serat alami adalah salah satu perlakuan kimia yang telah dilakukan untuk meningkatkan kandungan selulosa melalui penghilangan lignoselulosa 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 sebelumnya mengenai perlakuan alkali terhadap serat menyebutkan bahwa kekuatan rekat antara serat dengan matrik dapat meningkat sebesar 5% setelah menerima perlakuan pencampuran dengan alkali.

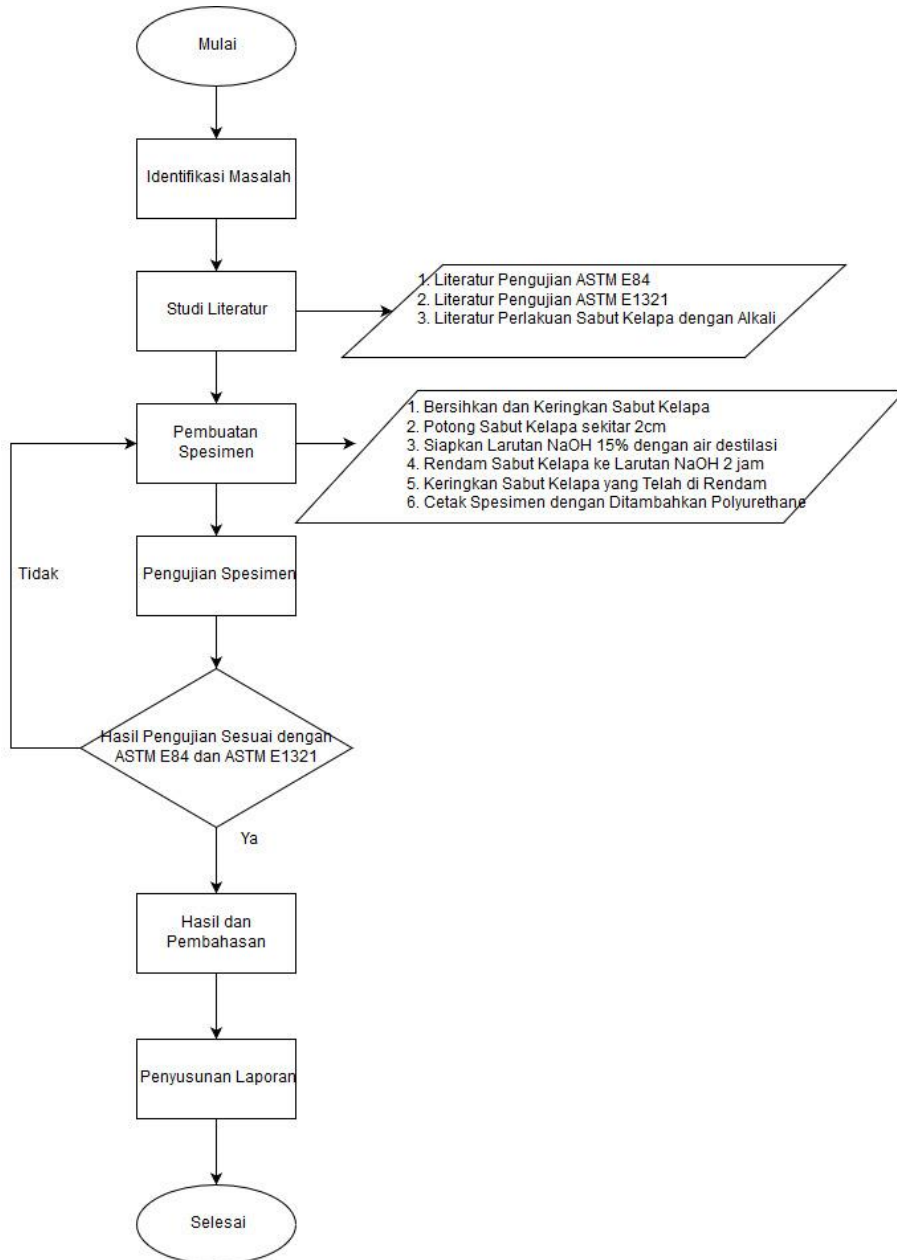


Gambar 2.10 Alkali NaOH  
(Sumber: aliexpress.com)



## BAB III METODOLOGI

### 3.1 Flow Chart



### 3.2 Pembuatan Spesimen

Pembuatan spesimen dilakukan dengan menggunakan sabut kelapa (*Cocos nucifera*) yang akan diberikan perlakuan kimia berupa perendaman sabut kelapa yang telah dipotong kecil-kecil sebesar kurang lebih 3 cm ke dalam larutan alkali NaOH dan air destilasi. Perendaman ini bertujuan agar sifat mekanis dari sabut kelapa dapat lebih kuat dengan cara memperbaiki ikatan antara serat dengan matriks *thermosetting*. perendaman ini juga bertujuan untuk mengurangi kandungan lignin yang berada dalam sabut kelapa serta untuk mengetahui titik nyala dan perambatan api dari sabut kelapa yang telah diberikan perlakuan kimia alkali NaOH. Adapun tahapan dalam membuat spesimen yakni sebagai berikut :

1. Persiapan alat-alat keselamatan

Peralatan keamanan merupakan komponen penting yang harus dilakukan selama penelitian ini karena penelitian ini berhubungan dengan barang-barang kimia yang memiliki resiko terhadap kesehatan dan keamanan. Oleh karena keberadaan resiko kerja inilah peneliti harus waspada dengan cara mempersiapkan semua kelengkapan keamanan yang dibutuhkan. Berikut merupakan peralatan keamanan yang digunakan selama melakukan percobaan yaitu :

a. Masker

Mengingat tingkat bahaya dari produk pembakaran material sampel dan gas yang dihasilkan dari larutan padatan NaOH dan air destilasi maka peneliti diharuskan menggunakan masker sebagai pelindung saluran pernafasan selama pengambilan data ataupun pembuatan spesimen berlangsung. hal ini untuk mencegah terhirupnya produk-produk pembakaran spesimen maupun reaksi sampingan dari larutan padatan NaOH dengan air destilasi yang bisa saja terhirup ketika melakukan eksperimen.



Gambar 3.1 Masker

b. Sarung tangan

Merupakan komponen yang harus digunakan oleh peneliti selama pembuatan maupun saat pengujian. Mulai dari persiapan spesimen sampai pada pengambilan data eksperimen, sehingga dapat menjadi peneliti akan adanya bahaya dari zat kimia ataupun temperatur tinggi selama pengujian.



Gambar 3.2 Sarung tangan

c. Kacamata safety

Kacamata safety merupakan komponen yang digunakan peneliti selama pembuatan dan pengujian untuk melindungi resiko dari gas yang dihasilkan oleh larutan NaOH dan air destilasi yang terbentuk dan serbuk-serbuk halus dari pengeringan sabut kelapa yang telah diberikan perlakuan perendaman dengan larutan NaOH dengan air destilasi.



Gambar 3.3 Kacamata Safety

d. Alat pemadam api ringan (APAR)

Pengecekan awal terkait dengan tekanan didalam tabung dan masa waktu pemakaian alat harus dilakukan untuk memastikan bahwa APAR siap digunakan ketika dibutuhkan.

2. Persiapan material untuk pembuatan spesimen

Sebelum diberikan perlakuan kimia alkali NaOH, serat sabut kelapa (*Cocos nucifera*) harus dikeringkan terlebih dahulu dengan perkiraan lama proses pengeringan kurang lebih 2 hari bisa lebih lama ataupun lebih cepat tergantung dengan instensitas panas matahari. Guna agar lebih muda untuk menghilangkan kotoran yang masih menempel pada sabut kelapa.



Gambar 3.4 Serat Sabut Kelapa

Berikut merupakan hal-hal yang perlu dipersiapkan untuk pembuatan spesimen antara lain:

- a. Memotong serat sabut kelapa yang telah kering dengan panjang sekitar kurang lebih 2 cm guna memudahkan untuk melakukan perendaman dan percetakan nantinya.
- b. Menyiapkan alat perendaman berupa bak atau ember yang berbahan dasar alumunium, karena reaksi yang ditimbulkan antara NaOH teknis dengan air destilasi melepaskan kalor yang menyebabkan wadah tempat perendaman akan panas sehingga perlu wadah yang dapat menahan panas seperti alumunium.
- c. Menyiapkan padatan alkali NaOH teknis sebesar 319,5 gram untuk mencapai larutan NaOH dengan presentase sebesar 15%. Perhitungan akan dijelaskan dibawah.



Gambar 3.5 NaOH Teknis

- d. Menyiapkan larutan air destilasi sebanyak 1000 ml. untuk mencapai larutan NaOH dengan presentase sebesar 15%. Perhitungan akan dijelaskan dibawah.



Gambar 3.6 Air Destilasi

- e. Menyiapkan perekat polyurethane. Perekat polyurethane digunakan untuk menyatukan dan membentuk sabut kelapa yang akan dicetak.



Gambar 3.7 Perekat Polyurethane

3. Pembuatan spesimen uji

Serat sabut kelapa yang telah dikeringkan, dibersihkan, dan dipotong dengan ukuran sekitar 2 cm akan dilarutkan kedalam larutan air destilasi yang ditambahkan dengan bahan alkali NaOH padat. Pada penelitian ini larutan alkali NaOH dibuat dengan presentase sebanyak 15%. Untuk pembuatan larutan alkali NaOH dengan presentase 15% dibuat menggunakan rumus molaritas sebagai berikut,

$$M = \frac{\rho \times 10 \times \%}{Mr} \quad (1)$$

Dimana:

M = Molaritas larutan (mol/ liter atau Molar)

$\rho$  = Massa jenis larutan (g/mL)

% = Kadar atau prosentase massa

Mr = Massa molekul relatif zat terlarut

Setelah diketahui Molaritas dari larutan maka langkah selanjutnya adalah menentukan nilai Mol (n) dari volume dan Molaritas larutan sesuai dengan rumus berikut,

$$n = M.V \quad (2)$$

Dimana:

n = Mol larutan (mol)

M = Molaritas larutan (mol/ liter atau Molar)

V = Volume (L)

Kemudian dilanjutkan dengan perhitungan massa dari NaOH yang dibutuhkan dengan rumus sebagai berikut,

$$m = n.M \quad (3)$$

Dimana:

m = Massa (gram)

n = Mol (mol)

M = Molaritas (kg)

Selain menggunakan persamaan tersebut, massa NaOH yang dibutuhkan untuk membuat larutan NaOH dengan kadar yang diinginkan dapat dicari dengan menggunakan persamaan di bawah ini.

$$M = \frac{m \times 1000}{Mr \times V (ml)} \quad (4)$$

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

Dimana:

M = Molaritas larutan (mol/ liter atau Molar)

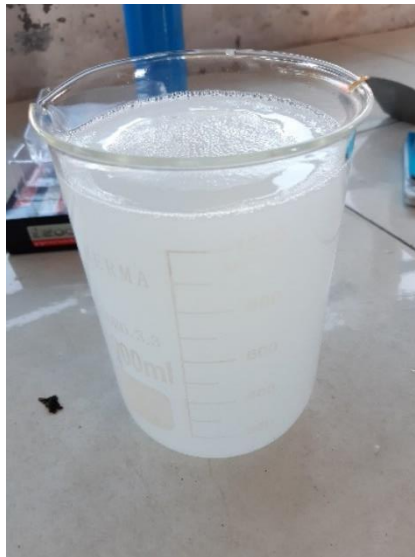
m = massa NaOH yang dibutuhkan (gram)

Mr = Massa molekul relatif zat terlarut

V (ml)= Volume larutan dalam mililiter (ml)

Setelah massa NaOH didapat, kemudian padatan NaOH tersebut dilarutkan dalam air hasil destilasi dengan volume sesuai dengan perhitungan larutan NaOH dengan

presentase sebesar 15%. Hasil dari pencampuran antara padatan NaOH teknis dengan air destilasi dapat dilihat pada gambar 3.8



Gambar 3.8 Larutan NaOH

Kemudian serat sabut kelapa yang akan dijadikan spesimen-spesimen yang nantinya akan divariasikan direndam ke dalam larutan campuran antara air destilasi dengan padatan NaOH selama 2 jam. Selama kurung waktu 2 jam tersebut selama 20 menit sekali sabut kelapa akan diaduk dan dibalik-balik agar semua serat sabut kelapa terendam sempurna ke dalam larutan NaOH. Hasil dari perendaman sabut kelapa dengan larutan NaOH dan air destilasi dapat dilihat pada gambar 3.9



Gambar 3.9 Perendaman Spesimen dengan larutan NaOH

Langkah berikutnya adalah meniriskan larutan NaOH dan air destilasi hingga tersisa serat sabut kelapa yang telah direndam. Kemudian keringkan sabut kelapa dengan cara menjemur ke sinar matahari secara langsung ataupun ketika malam diangin-anginkan supaya kering, untuk estimasi waktu pengeringan kurang lebih sekitar 3-5 hari tergantung intensitas cahaya matahari setiap harinya. Untuk tahapan ini bisa dilihat pada gambar 3.10



Gambar 3.10 Pengeringan Sabut Kelapa

Untuk pembuatan spesimen sendiri dilakukan dengan cara perendaman sabut kelapa dengan larutan alkali berupa NaOH dengan matriks berupa polyurethane. Spesimen dibuat untuk mengetahui nilai titik nyala dan perambatan api material yang nantinya spesimen dengan hasil paling optimal akan digunakan sebagai rekomendasi pembuatan peredam suara karena memiliki nilai keamanan yang baik. Massa jenis sabut kelapa divariasikan dengan berat massa jenis yaitu  $0.1 \text{ g/cm}^3$ ,  $0.2 \text{ g/cm}^3$ , dan  $0.3 \text{ g/cm}^3$ . Serta ketebalan juga divariasikan sebesar 10 mm, 20 mm, dan 30 mm. Untuk lebih lengkapnya berikut adalah disaksikan daftar komposisi spesimen yang dibuat dengan total spesimen sebanyak 9 spesimen.

1. Spesimen 1 = Sabut kelapa dengan perendaman NaOH (15%) selama 2 jam dengan ketebalan 30 mm dan massa jenis  $0.3 \text{ g/cm}^3$
2. Spesimen 2 = Sabut kelapa dengan perendaman NaOH (15%) selama 2 jam dengan ketebalan 20 mm dan massa jenis  $0.3 \text{ g/cm}^3$
3. Spesimen 3 = Sabut kelapa dengan perendaman NaOH (15%) selama 2 jam dengan ketebalan 10 mm dan massa jenis  $0.3 \text{ g/cm}^3$
4. Spesimen 4 = Sabut kelapa dengan perendaman NaOH (15%) selama 2 jam dengan ketebalan 30 mm dan massa jenis  $0.2 \text{ g/cm}^3$
5. Spesimen 5 = Sabut kelapa dengan perendaman NaOH (15%) selama 2 jam dengan ketebalan 20 mm dan massa jenis  $0.2 \text{ g/cm}^3$
6. Spesimen 6 = Sabut kelapa dengan perendaman NaOH (15%) selama 2 jam dengan ketebalan 10 mm dan massa jenis  $0.2 \text{ g/cm}^3$
7. Spesimen 7 = Sabut kelapa dengan perendaman NaOH (15%) selama 2 jam dengan ketebalan 30 mm dan massa jenis  $0.1 \text{ g/cm}^3$
8. Spesimen 8 = Sabut kelapa dengan perendaman NaOH (15%) selama 2 jam dengan ketebalan 20 mm dan massa jenis  $0.1 \text{ g/cm}^3$



9. Spesimen 9 = Sabut kelapa dengan perendaman NaOH (15%) selama 2 jam dengan ketebalan 10 mm dan massa jenis  $0.1 \text{ g/cm}^3$   
Setelah didapatkan spesimen dengan variasi yang telah ditentukan diatas. Kemudian dilakukan beberapa tahapan – tahapan lagi dalam proses pembuatan spesimen uji, yaitu :
- Menyiapkan bahan material berupa serat sabut kelapa yang sudah diberi perlakuan perendaman kimia alkali NaOH 15% selama kurung waktu 2 jam
  - Mengukur bahan material pada poin (a) sesuai komposisi yang sudah ditetapkan menggunakan timbangan digital yaitu sebesar 319,5 gram.
  - Menyiapkan air destilasi sebesar 1000 ml.
  - Mencampur bahan dengan matriks berupa polyurethane dengan perbandingan massa sabut kelapa dengan massa polyurethane dimana nilai perbandingannya yaitu 3:1. Dalam mencari nilai perbandingan digunakan persamaan massa jenis sebagai berikut:

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

$$m = \rho \times v \quad (7)$$

Dimana,

$\rho$  = Massa jenis ( $\text{kg/m}^3$ )

$m$  = Massa (kg)

$V$  = Volume ( $\text{m}^3$ )

- Membentuk spesimen sesuai cetakan yang terbuat dari pipa PVC berdiameter 9 cm dan variasi tinggi 1 cm, 2 cm, dan 3 cm, dan membuat spesimen dengan cetakan akrilik dengan variasi dimensi panjang 20cm, lebar 10cm, dan masing-masing tinggi 10mm, 20mm, dan 30mm.



Gambar 3.11 Cetakan Akrilik dengan variasi tinggi 10mm, 20mm, dan 30mm



Gambar 3.12 Cetakan PVC dengan variasi tinggi 10mm, 20mm, dan 30mm

- f. Mengeluarkan spesimen dari cetakan. Agar lebih mudah mengeluarkan dan rapi bentuk spesimennya tunggu spesimen hingga kering terlebih dahulu.
- g. Mengeringkan spesimen hingga kering



Gambar 3.13 Spesimen yang telah dicetak menggunakan cetakan PVC



Gambar 3.14 Spesimen yang telah dicetak menggunakan cetakan akrilik

### 3.3 Pengujian Titik Nyala Menurut ASTM E84

Spesimen dari sabut kelapa nantinya akan diuji untuk mencapai titik nyala menurut standar ASTM E84. Pengujian yang dilakukan dengan cara membakar spesimen dengan *flame torch* yang sumber bahan bakarnya dari tabung gas dan kemudian dihitung berapa lama waktu untuk mencapai titik nyala. Dalam percobaan kali ini dilakukan pembakaran selama 1 menit untuk mendapatkan titik nyala masing-masing spesimen. Setelah mengetahui waktu dari titik nyala yang didapatkan melalui *stopwatch* kemudian dicari suhu titik nyala dari spesimen dengan menggunakan alat berupa termometer laser infrared. Berikut ini merupakan tahapan-tahapan yang perlu dipersiapkan sebelum melakukan pengujian yaitu :

- Siapkan spesimen yang akan diuji yaitu berupa sabut kelapa yang telah direndam dalam larutan NaOH dengan presentase 15% dari air destilasi. Dan juga telah ditambahkan dengan perekat polyurethane dengan perbandingan 3:1.
- Siapkan *Flame Torch*



Gambar 3.15 Flame Torch

*Flame torch* berfungsi sebagai alat pemantik dan mengatur besar kecilnya dan panjang pendeknya api melalui bukaan katupnya yang berwarna merah. Spesifikasi dari *flame torch* ini adalah dapat menahan dan menghasilkan api hingga suhu mencapai 1300°C.

- Siapkan tabung gas



Gambar 3.16 Tabung Gas

Tabung gas berfungsi sebagai bahan bakar untuk menghasilkan nyala api untuk pengujian untuk spesimen.

- Rangkai tabung gas dan *flame torch* menjadi satu kesatuan yang ditunjukkan pada gambar 3.17



Gambar 3.17 Rangkaian Tabung dan Flame Torch

- Siapkan termometer infrared



Gambar 3.18 Termometer Infrared

Termometer infrared berfungsi sebagai alat ukur suhu api ataupun spesimen yang telah dilakukan percobaan. Untuk spesifikasinya sendiri termometer ini dapat mengukur suhu mulai dari 50 °C sampai dengan 388 °C. Termometer memiliki tingkat akurasi 0,05% + 0,3 °C yang mana dalam pembacaan pengukuran akan ada

nilai tertinggi dan nilai terendah dari sekali tembakan menuju titik yang akan diuji temperaturnya.

- Siapkan *stopwatch* untuk mengukur lama waktu spesimen mencapai nyala api.

### 3.4 Pengujian Perambatan Api menurut ASTM E1321

Spesimen sabut kelapa akan diuji tingkat perambatan apinya menggunakan alat yang sama dengan pengujian titik nyala. Untuk alat-alat yang digunakan telah dijelaskan diatas. Dengan mengetahui karakteristik pola perambatan api pada spesimen tersebut kita dapat memperkirakan seberapa cepat material terbakar dan merambatkan api ketika berada dalam suatu ruangan yang memiliki sumber panas dengan jarak tertentu dan terdapat pemantik api.

Berikut ini merupakan rangkaian sistem peralatan uji perambatan api yang dilakukan oleh penguji seperti gambar 3.19



Gambar 3.19 Gambar Rangkaian Sistem Uji Perambatan Api

Pada gambar 3.19 diperlihatkan bahwa pengujian dilakukan di workshop laboratorium *Marine Machinery System* (MMS) Departemen Teknik Sistem Perkapalan ITS Surabaya. Spesimen diletakkan pada jarak 10 cm dari kepala *flame torch*. Dikarenakan variasi spesimen ada yang 10 mm untuk bisa berdiri tegak diperlukan penyangga dibelakangnya untuk menahan agar spesimen dapat berdiri dengan sejajar. ‘

### 3.5 Analisa Data

Setelah dilakukan percobaan, maka didapatkan data percobaan yang kemudian akan dianalisis. Tujuan analisis yakni untuk mengetahui kekurangan agar dapat terus dikembangkan, memiliki manfaat yang besar, serta bisa diterapkan secara mudah dan aman tanpa membahayakan dan memberikan dampak buruk. Pada penelitian ini, analisis dilakukan berdasarkan nilai titik nyala dan karakteristik perambatan api dari peredam suara yang telah dimodifikasi dan peredam suara berbahan glasswool.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil dan Pembahasan Sabut Kelapa yang Diberikan Perlakuan Kimia

Sabut kelapa adalah salah satu biomassa yang mudah didapatkan dan merupakan hasil sampingan atau limbah dari buah kelapa. Sabut kelapa merupakan bagian terluar buah kelapa yang membungkus tempurung kelapa. Ketebalan sabut kelapa berkisar 5-6 cm yang terdiri atas lapisan terluar (*exocarpium*) dan lapisan dalam (*endocarpium*). *Endocarpium* mengandung serat-serat halus yang dapat digunakan sebagai bahan pembuat tali, karung, pulp, karpet, sikat, keset, isolator panas dan suara, filter, bahan untuk pengisi jok kursi atau mobil, dan papan *hardboard*. Satu butir buah kelapa dapat menghasilkan 0,4 kg sabut yang didalamnya terkandung 30% serat. Komposisi kimia sabut kelapa terdiri atas selulosa, lignin, *pyroligneous acid*, gas, arang, ter, tannin, dan potasium (Rindengan *et al.*, 1995).

Pada dasarnya sabut kelapa berbahan lignoselulosa yang merupakan jenis bahan yang mengandung lignin, selulosa, dan hemiselulosa sebagai unsur utamanya. Hemiselulosa dan selulosa pada struktur lignoselulosa diselubungi atau terikat oleh lignin. Struktur lignin sendiri sangat rapat dan kuat sehingga menyulitkan bagi enzim pemecah hemiselulosa dan selulosa untuk bisa masuk ke dalam. Selain lignin, faktor lain yang juga dapat menghambat kerja enzim adalah struktur selulosa itu sendiri. Struktur selulosa terbagi menjadi dua yaitu *crystalline region* (struktur selulosa lurus dan rapat) dan *amorphous region* (struktur selulosa lebih renggang). Struktur kristalin selulosa merupakan salah satu yang dapat menghambat kerja enzim.

Perlakuan secara kimiawi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu menggunakan larutan basa atau larutan asam. Diantara kedua tipe pelarut, pelarut yang lebih efektif memecah lignin ialah pelarut basa seperti natrium hidroksida (NaOH). Pada penelitian ini perlakuan kimia terhadap serat sabut kelapa menggunakan metode alkalisasi dengan cara melakukan perendaman serat ke dalam larutan alkali berupa padatan NaOH dengan air destilasi untuk menghilangkan lignin yang terkandung dalam sabut kelapa. Larutan NaOH dipilih sebagai bahan penelitian karena alkali NaOH lebih banyak digunakan pada skala industri yang itu artinya alkali NaOH mudah untuk ditemukan, kelebihan lainnya adalah harga larutan NaOH yang relatif terjangkau dibandingkan dengan senyawa alkali lainnya. Na<sup>+</sup> dalam larutan NaOH memiliki sifat reaktif dan memiliki diameter partikel yang sangat kecil (dapat masuk ke dalam pori terkecil serat) sehingga dapat melepaskan kontaminan yang dalam hal ini adalah lignin dan minyak lebih baik dibandingkan larutan alkali lainnya. Variabel yang digunakan dalam perlakuan kimia serat pada penelitian ini adalah dengan membuat presentase perendaman serat dalam larutan alkali NaOH sebesar 15%. Dalam proses perendaman serat sabut kelapa ke dalam larutan NaOH 15% dibutuhkan massa NaOH dengan berat tertentu yang kemudian akan dilarutkan ke dalam pelarut berupa air destilasi sebesar 1000 ml. Untuk melarutkan padatan NaOH dengan variasi kadar 15% dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah ini.

$$\begin{aligned} \text{Volume aquades (v)} &= 1000 \text{ ml} \\ &= 1 \text{ liter} \\ \text{Massa jenis NaOH } (\rho) &= 2,13 \text{ g/cm}^3 \\ \text{Massa molekul relatif NaOH (Mr)} &= 40 \end{aligned}$$

a. Larutan NaOH 15%

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

$$\begin{aligned} \text{Mol (n) NaOH} &= M \times v \\ &= 7,9875 \times 1 \\ &= 7,9875 \text{ mol} \end{aligned}$$

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

Sehingga untuk membuat larutan NaOH 15% ke dalam 1000 ml pelarut air hasil destilasi dibutuhkan massa NaOH sebanyak 319,5 gram. Hasil dari pelarutan padatan NaOH terhadap aquades 1000 ml.

Setelah dilakukan proses pelarutan padatan NaOH pada air destilasi, kemudian serat sabut kelapa dilakukan perendaman selama kurang lebih 2 jam ke dalam larutan NaOH berkonsentrasi 15%. Proses perendaman sabut kelapa dapat dilihat pada gambar 4.2



Gambar 4.1 Proses Perendaman Serat Sabut Kelapa





Gambar 4.2 Hasil Perendaman Serat Sabut Kelapa setelah Dikeringkan

Berdasarkan gambar di atas, hal yang paling nampak yakni perbedaan warna dimana serat tanpa perlakuan kimia memiliki warna yang terang sedangkan serat dengan perlakuan kimia memiliki warna yang cenderung lebih gelap. Selain itu juga terjadi perubahan diameter serat dimana serat dengan perlakuan kimia NaOH memiliki diameter yang semakin kecil dikarenakan terjadi perubahan struktur kimia di dalam serat. Proses penambahan NaOH akan menghilangkan lignin yang merupakan pengotor serat dan memunculkan selulosa serat sehingga sifat mekanis serat akan menjadi lebih baik dan nilai konduktivitas termal material akan berkurang.

#### 4.2 Hasil Perhitungan Massa untuk Pembuatan Spesimen

Dalam mencari massa spesimen diperlukan nilai massa jenis yang telah ditentukan sebelumnya yaitu sebesar  $0.3 \text{ g/cm}^3$ ,  $0.2 \text{ g/cm}^3$  dan  $0.1 \text{ g/cm}^3$ . Massa jenis merupakan massa zat dalam tiap satuan volumenya. Massa jenis spesimen dapat dihitung dengan membagi massa spesimen dengan volume dari bentuk spesimen seperti berikut ini:

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

Sedangkan untuk mencari nilai massa spesimen maka massa jenis spesimen dikalikan dengan volume spesimen.

$$m = \rho \times v$$

Dimana :

$\rho$  = Massa jenis ( $\text{kg/m}^3$ )

$m$  = Massa (kg)

$V$  = Volume ( $\text{m}^3$ )

Pengujian akan dilakukan dengan membuat 2 bentuk spesimen yang berbeda yaitu balok dan tabung dengan,

Tabung

$L = 3 \text{ cm}$

$D = 9 \text{ cm}$   
 $r = 4.5 \text{ cm}$   
 Balok  
 $L = 20 \text{ cm}$   
 $P = 10 \text{ cm}$   
 $T = 3 \text{ cm}$   
 Maka,

$$\begin{aligned}
 A &= \pi r^2 \\
 A &= \pi 4.5^2 \\
 A &= 63.643 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Dan,

$$\begin{aligned}
 A &= P \times L \\
 A &= 20 \times 10 \\
 A &= 200 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

Sehingga,

$$\begin{aligned}
 V &= A \times L \\
 V &= 63.643 \times 3 \\
 V &= 190.929 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Dan,

$$\begin{aligned}
 V &= A \times L \\
 V &= 200 \times 3 \\
 V &= 300 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan volume tersebut maka didapat data hasil perhitungan massa spesimen seperti pada tabel 4.1 dan tabel 4.2

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Massa Tiap Spesimen Tabung

No. Spesimen	Ds (cm)	As (cm <sup>2</sup> )	Ls (cm)	Volume (m3)	Massa Jenis (gr/cm <sup>3</sup> )	Massa Total (gr)
1	9	63.643	3	190.929	0.3	57.279
2	9	63.643	3	190.929	0.3	38.186
3	9	63.643	3	190.929	0.3	19.093
4	9	63.643	2	127.286	0.2	38.186
5	9	63.643	2	127.286	0.2	25.457
6	9	63.643	2	127.286	0.2	12.729
7	9	63.643	1	63.643	0.1	19.093
8	9	63.643	1	63.643	0.1	12.729
9	9	63.643	1	63.643	0.1	6.364

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Massa Tiap Spesimen Balok

No. Spesimen	Ds (cm)	As (cm <sup>2</sup> )	Ls (cm)	Volume (m <sup>3</sup> )	Massa Jenis (gr/cm <sup>3</sup> )	Massa Total (gr)
1	20	200.000	3	600.000	0.3	180.000
2	20	200.000	3	600.000	0.3	120.000
3	20	200.000	3	600.000	0.3	60.000
4	20	200.000	2	400.000	0.2	120.000
5	20	200.000	2	400.000	0.2	80.000
6	20	200.000	2	400.000	0.2	40.000
7	20	200.000	1	200.000	0.1	60.000
8	20	200.000	1	200.000	0.1	40.000
9	20	200.000	1	200.000	0.1	20.000

Setelah mendapatkan massa total yang terdiri dari campuran massa sabut kelapa dengan massa perekat polyurethane untuk tiap spesimen langkah berikutnya adalah mencari nilai dari masing-masing massa baik massa sabut kelapa dan massa perekat polyurethane. Dalam mencari nilai massa tersebut digunakan perbandingan massa sabut kelapa banding massa polyurethane sebesar 3:1. Nilai masing-masing massa pada tiap spesimen ditunjukkan pada tabel 4.3 dan tabel 4.4

Tabel 4.3 Hasil Massa Sabut Kelapa dengan Massa Polyurethane Tabung

No. Spesimen	Perbandingan Massa Sabut dengan Massa Perekat (3:1)	
	Massa Sabut	Massa Perekat (Polyurethane)
1	42.959	9.546
2	28.639	9.546
3	14.320	4.773
4	28.639	9.546
5	19.093	6.364
6	9.546	3.182
7	14.320	4.773
8	9.546	3.182
9	4.773	1.591

Tabel 4.4 Hasil Massa Sabut Kelapa dengan Massa Polyurethane Balok

No. Spesimen	Perbandingan Massa Sabut dengan Massa Perekat (3:1)	
	Massa Sabut	Massa Perekat (Polyurethane)
1	135.000	30.000
2	90.000	30.000
3	45.000	15.000
4	90.000	30.000
5	60.000	20.000
6	30.000	10.000
7	45.000	15.000
8	30.000	10.000
9	15.000	5.000

### 4.3 Hasil dan Pembahasan Pembuatan Spesimen

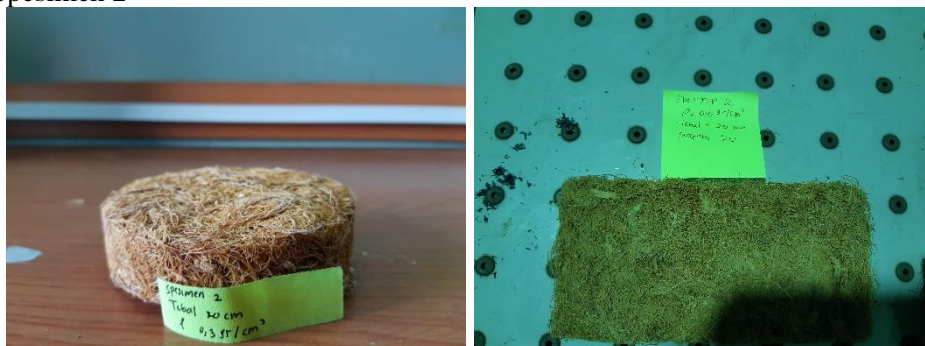
#### 1. Spesimen 1



Gambar 4.3 Spesimen 1

Spesimen 1 memiliki komposisi serat sabut kelapa dengan perendaman larutan alkali NaOH dengan konsentrasi sebesar 15% selama 2 jam dengan massa jenis yang telah ditentukan sebesar  $0,3 \text{ gr/cm}^3$  dan dengan ketebalan 30 mm. Spesimen dibuat dengan menggunakan matriks berupa polyurethane. Spesimen berwujud padat dengan nilai kerapatan rongga antar material yang tinggi dan tebal seperti pada gambar 4.4

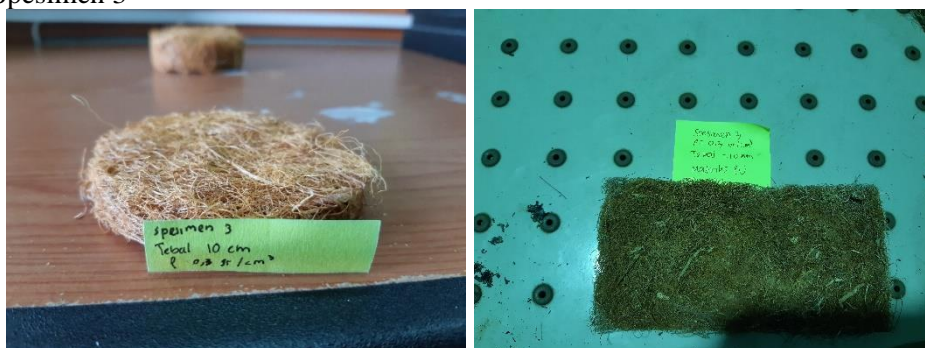
## 2. Spesimen 2



Gambar 4.4 Spesimen 2

Spesimen 2 memiliki komposisi serat sabut kelapa dengan perendaman larutan alkali NaOH dengan konsentrasi sebesar 15% selama 2 jam dengan massa jenis yang telah ditentukan sebesar  $0,3 \text{ gr/cm}^3$  dan dengan ketebalan 20 mm. Spesimen dibuat dengan menggunakan matriks berupa polyurethane.

## 3. Spesimen 3



Gambar 4.5 Spesimen 3

Spesimen 3 memiliki komposisi serat sabut kelapa dengan perendaman larutan alkali NaOH dengan konsentrasi sebesar 15% selama 2 jam dengan massa jenis yang telah ditentukan sebesar  $0,3 \text{ gr/cm}^3$  dan dengan ketebalan 10 mm. Spesimen dibuat dengan menggunakan matriks berupa polyurethane.

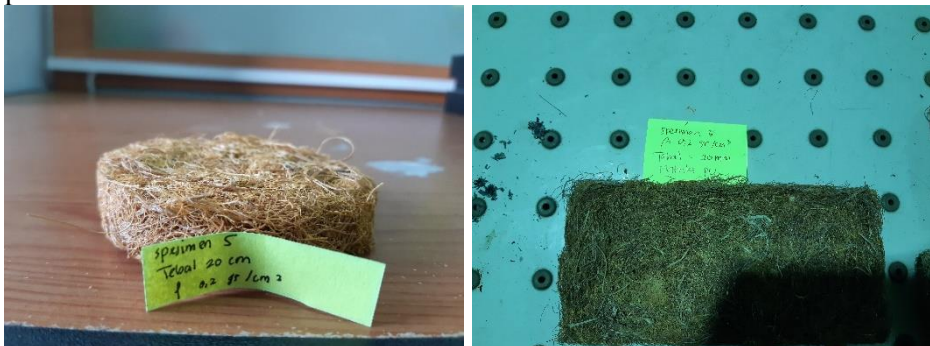
## 4. Spesimen 4



Gambar 4.6 Spesimen 4

Spesimen 4 memiliki komposisi serat sabut kelapa dengan perendaman larutan alkali NaOH dengan konsentrasi sebesar 15% selama 2 jam dengan massa jenis yang telah ditentukan sebesar  $0,2 \text{ gr/cm}^3$  dan dengan ketebalan 30 mm. Spesimen dibuat dengan menggunakan matriks berupa polyurethane.

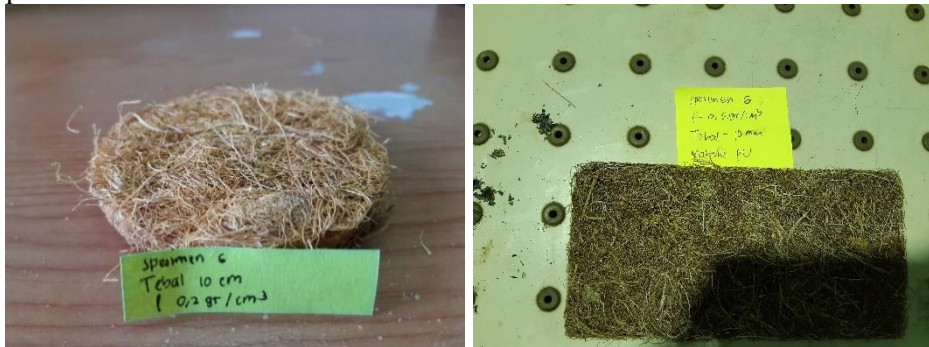
## 5. Spesimen 5



Gambar 4.7 Spesimen 5

Spesimen 5 memiliki komposisi serat sabut kelapa dengan perendaman larutan alkali NaOH dengan konsentrasi sebesar 15% selama 2 jam dengan massa jenis yang telah ditentukan sebesar  $0,2 \text{ gr/cm}^3$  dan dengan ketebalan 20 mm. Spesimen dibuat dengan menggunakan matriks berupa polyurethane.

## 6. Spesimen 6



Gambar 4.8 Spesimen 6

Spesimen 6 memiliki komposisi serat sabut kelapa dengan perendaman larutan alkali NaOH dengan konsentrasi sebesar 15% selama 2 jam dengan massa jenis yang telah ditentukan sebesar  $0,2 \text{ gr/cm}^3$  dan dengan ketebalan 10 mm. Spesimen dibuat dengan menggunakan matriks berupa polyurethane. Spesimen berwujud padat dengan rongga antar material di permukaan yang lebih renggang dari pada spesimen 5 selain itu cukup tampak permukaan yang tidak rata dikarenakan kepadatan spesimen yang lebih rendah membuat rongga pada spesimen lebih renggang sehingga spesimen lebih sulit untuk dicetak.

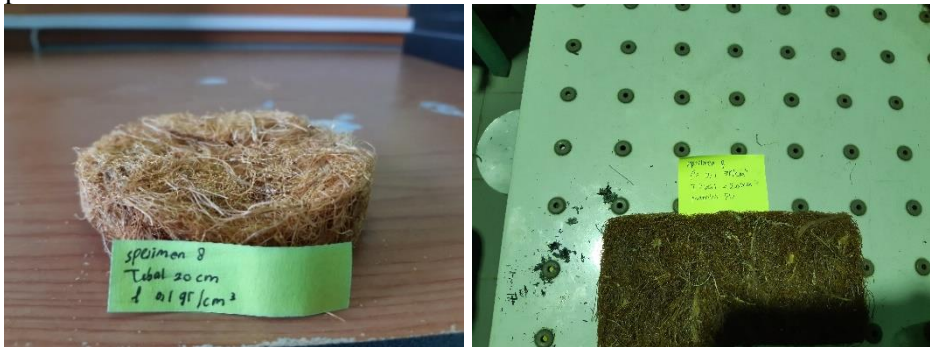
## 7. Spesimen 7



Gambar 4.9 Spesimen 7

Spesimen 7 memiliki komposisi serat sabut kelapa dengan perendaman larutan alkali NaOH dengan konsentrasi sebesar 15% selama 2 jam dengan massa jenis yang telah ditentukan sebesar  $0,1 \text{ gr/cm}^3$  dan dengan ketebalan 30 mm. Spesimen dibuat dengan menggunakan matriks berupa polyurethane.

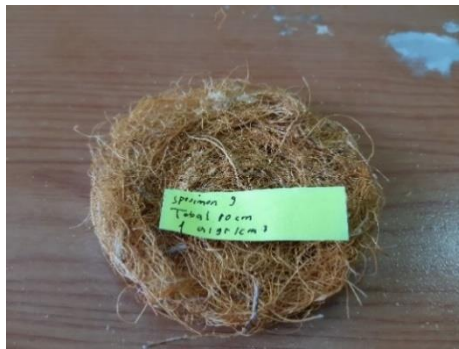
## 8. Spesimen 8



Gambar 4.10 Spesimen 8

Spesimen 8 memiliki komposisi serat sabut kelapa dengan perendaman larutan alkali NaOH dengan konsentrasi sebesar 15% selama 2 jam dengan massa jenis yang telah ditentukan sebesar  $0,1 \text{ gr/cm}^3$  dan dengan ketebalan 20 mm. Spesimen dibuat dengan menggunakan matriks berupa polyurethane.

## 9. Spesimen 9



Gambar 4.11 Spesimen 9

Spesimen 9 memiliki komposisi serat sabut kelapa dengan perendaman larutan alkali NaOH dengan konsentrasi sebesar 15% selama 2 jam dengan massa jenis yang telah ditentukan sebesar  $0,1 \text{ gr/cm}^3$  dan dengan ketebalan 10 mm. Spesimen dibuat dengan menggunakan matriks berupa polyurethane. Untuk spesimen 9 tidak bisa dibuat menggunakan cetakan akrilik dikarenakan terlalu sedikit massa sabut kelapa dan polyurethanenya.

#### 4.4 Hasil dan Pembahasan Pengujian Spesimen

Pengujian spesimen untuk mengetahui nyala api berdasarkan ASTM E84 dilakukan pembakaran selama kurang waktu 1 menit dengan melakukan pembakaran pada spesimen dengan alat *flame torch* di dalam wadah kotak kayu setinggi 24 cm yang merupakan jarak *flame torch* dengan spesimen. Kemudian dicatat waktu ketika timbul

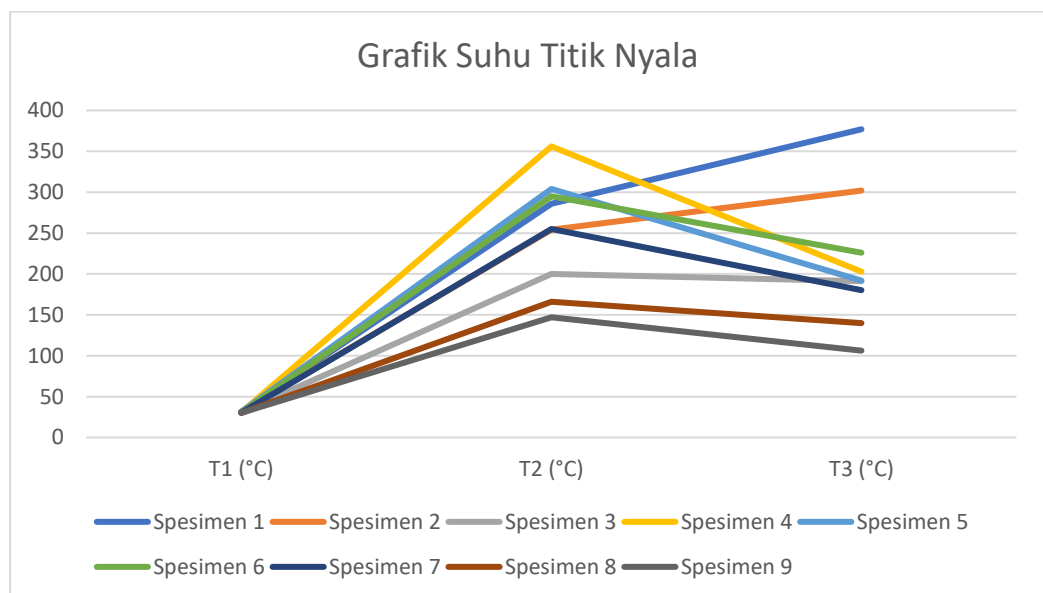


nyala api dan diukur suhu spesimen pada waktu 1 menit kemudian didapatkan data berupa berikut ini yaitu :

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Titik Nyala

	Spesimen								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
T1 (°C)	31.4	31.2	30.9	30.8	31.4	30.5	30.3	30	30.1
T2 (°C)	286	254	200	356	304	295	255	166	147
T3 (°C)	377	302	191	203	192	226	180	140	106
FP (s)	20.25	6.85	6.4	16	5.5	5.4	5.4	2	1.2

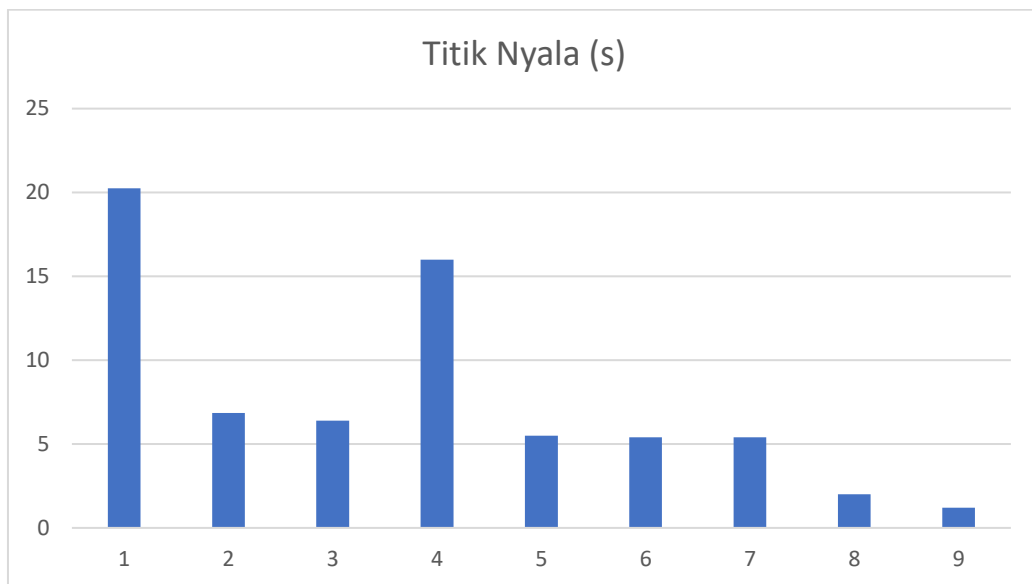
Tabel 4.5 merupakan data yang diperoleh dari pengujian titik nyala. Untuk T1 merupakan data suhu awal spesimen sebelum pengujian nyala api dengan cara memberikan kalor kepada spesimen dengan menggunakan *flame torch*. Untuk pengambilan data sendiri dilakukan di Kediri Jawa Timur pada waktu siang hari sehingga didapatkan suhu awal suhu lingkungan pada saat dilakukan pengujian yaitu rata-rata suhu adalah 30.73°C. T2 adalah suhu titik nyala dari masing-masing spesimen. Sedangkan T3 adalah suhu masing-masing spesimen setelah dibakar selama 1 menit. FP (*Flash Point*) adalah data waktu ketika terjadi titik nyala dan asap menuntukkan spesimen tersebut menimbulkan asap atau tidak ketika dilakukan pengujian pembakaran selama 1 menit.



Gambar 4.12 Grafik Suhu Titik Nyala

Berdasarkan grafik 4.1 spesimen 3 dengan tebal 30mm dan massa jenis 0,2 gr/cm<sup>2</sup> memiliki nilai titik nyala tertinggi dibandingkan dengan spesimen yang lainnya dengan suhu mencapai 356°C. kemudian diikuti oleh spesimen 4 dan 5 yang memiliki nilai api yang tinggi dengan massa jenis yang sama yaitu 0,2 gr/cm<sup>2</sup> dengan tebal

spesimen 20mm dan 10mm. Sedangkan spesimen 9 dengan ketebalan 10mm dan massa jenis  $0,1 \text{ gr/cm}^2$  memiliki nilai titik nyala paling rendah diantara spesimen yang lainnya yaitu dengan suhu  $147^\circ\text{C}$ . Titik nyala adalah temperatur terendah di mana campuran senyawa dengan udara pada tekanan normal dapat menyala setelah ada suatu inisiasi, dalam pengujian ini adalah dengan percikan api dari *flame torch*. Nilai titik nyala yang tinggi mempengaruhi tingkat keamanan dari spesimen dikarenakan spesimen yang memiliki titik nyala yang tinggi akan terbakar pada suhu yang tinggi yang nantinya bila digunakan sebagai peredam akan lebih aman jika spesimen tersebut memiliki titik nyala yang tinggi.



Gambar 4. 13 Titik Nyala

Menurut grafik hasil percobaan uji nyala api spesimen yang ditunjukkan oleh grafik 4.2, spesimen 1 berupa sabut kelapa yang telah dilakukan perendaman alkali NaOH 15% selama 2 jam dengan massa jenis sebesar  $0.3 \text{ gr/cm}^3$ , tinggi spesimen sebesar 3 cm, serta komposisi massa dari sabut kelapa dan *polyurethane* sebesar 42.9589 gr dan 14.3196 gr memiliki waktu untuk bisa menimbulkan nyala api paling lama sebesar 20.25 detik. Dan untuk waktu nyala api paling cepat yaitu adalah spesimen 9 dengan massa jenis sebesar  $0.1 \text{ gr/cm}^3$ , tinggi spesimen sebesar 1 cm, serta memiliki komposisi massa antara sabut kelapa dan *polyurethane* sebesar 4.773 gr dan 1.5910 gr. Pada penelitian ini dapat diketahui bahwa semakin besar massa jenis dan tebal dari pada material maka semakin lama waktu yang dibutuhkan material untuk bisa terjadinya nyala api pada material tersebut. Selain itu juga massa dari *polyurethane* yang besar mengakibatkan material memiliki waktu yang lebih lama dibandingkan dengan material yang memiliki komposisi *polyurethane* yang sedikit ini disebabkan sifat dari *polyurethane* yang dapat membuat material jadi tahan terhadap panas.

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Perambatan Api

glasswool 1		waktu (menit)				
		2	4	6	8	10
T (°C)	depan	315	320	274	284	295
	samping	38	35	35	36	34
	belakang	251	160	201	222	179
	samping belakang	30.2	30	30	33	29.9
P (cm)		8 cm				

glasswool 2		waktu (menit)				
		2	4	6	8	10
T (°C)	depan	315	320	274	284	295
	samping	38	35	35	36	34
	belakang	251	160	201	222	179
	samping belakang	30.2	30	30	33	29.9
P (cm)		8 cm				

glasswool 3		waktu (menit)				
		2	4	6	8	10
T (°C)	depan	315	320	274	284	295
	samping	38	35	35	36	34
	belakang	251	160	201	222	179
	samping belakang	30.2	30	30	33	29.9
P (cm)		8 cm				

spesimen 1		waktu (menit)				
		2	4	6	8	10
T (°C)	depan	315	320	274	284	295
	samping	38	35	35	36	34
	belakang	251	160	201	222	179
	samping belakang	30.2	30	30	33	29.9
P (cm)		8 cm				

spesimen 2		waktu (menit)				
		2	4	6	8	10
T (°C)	depan	315	320	274	284	295
	samping	38	35	35	36	34
	belakang	251	160	201	222	179
	samping belakang	30.2	30	30	33	29.9
P (cm)		8 cm				

spesimen 3		waktu (menit)				
		2	4	6	8	10
T (°C)	depan	315	320	274	284	295
	samping	38	35	35	36	34
	belakang	251	160	201	222	179
	samping belakang	30.2	30	30	33	29.9
P (cm)		8 cm				

spesimen 4		waktu (menit)				
		2	4	6	8	10
T (°C)	depan	315	320	274	284	295
	samping	38	35	35	36	34
	belakang	251	160	201	222	179
	samping belakang	30.2	30	30	33	29.9
P (cm)		8 cm				

spesimen 5		waktu (menit)				
		2	4	6	8	10
T (°C)	depan	315	320	274	284	295
	samping	38	35	35	36	34
	belakang	251	160	201	222	179
	samping belakang	30.2	30	30	33	29.9
P (cm)		8 cm				

spesimen 6		waktu (menit)				
		2	4	6	8	10
T (°C)	depan	315	320	274	284	295
	samping	38	35	35	36	34
	belakang	251	160	201	222	179
	samping belakang	30.2	30	30	33	29.9
P (cm)		8 cm				

spesimen 7		waktu (menit)				
		2	4	6	8	10
T (°C)	depan	315	320	274	284	295
	samping	38	35	35	36	34
	belakang	251	160	201	222	179
	samping belakang	30.2	30	30	33	29.9
P (cm)		8 cm				

spesimen 8		waktu (menit)				
		2	4	6	8	10
T (°C)	depan	315	320	274	284	295
	samping	38	35	35	36	34
	belakang	251	160	201	222	179
	samping belakang	30.2	30	30	33	29.9
P (cm)		8 cm				

Dapat dilihat pada tabel 4.6 data hasil eksperimen pengujian perambatan api. Pengujian dilakukan dengan cara membakar spesimen dengan *flame torch* selama kurang waktu 10 menit, dan selama waktu itu diambil data suhu masing-masing spesimen 2 menit sekali yang ditunjukkan oleh seperti pada tabel diatas. Kemudian diambil data suhu juga pada 4 titik spesimen yang dibakar yaitu bagian depan spesimen yang langsung bersentuhan dengan api kemudian bagian belakang spesimen yang terkena api, sisi lainnya dari spesimen dalam hal ini yang tidak terkena langsung api pada bagian depan dan belakang juga diukur suhunya pada percobaan ini dengan menggunakan termometer laser. Untuk semua spesimen panjang bidang yang terbakar adalah sebesar 8cm. Untuk dimensi dari tiap spesimen dan glasswool adalah *glasswool* 1, 2, dan 3 memiliki massa jenis yang sama yaitu sebesar  $0,2 \text{ gr/cm}^3$  dan memiliki dimensi panjang dan lebar sebesar 20x10cm. Yang divariasikan antara *glasswool* 1, 2, dan 3 yaitu adalah ketebalan atau tinggi dari *glasswool* yaitu sebesar 30mm, 20mm, dan 10mm. Untuk spesimen sabut kelapa yaitu memiliki panjang dan lebar yang sama yaitu sebesar 20x10cm yang divariasikan yaitu untuk spesimen 1, 2, dan 3 memiliki massa jenis yang sama yaitu sebesar  $0,3\text{gr/cm}^3$  yang membedakan yaitu ketebalan dengan nilai 30mm, 20mm, dan 10mm. Kemudian untuk spesimen 4, 5, dan 6 memiliki massa jenis yang sama yaitu sebesar  $0,2 \text{ gr/cm}^3$  yang membedakan adalah ketebalan spesimen sebesar 30mm, 20mm, dan 10mm. Dan untuk spesimen 7 dan 8 memiliki massa jenis sebesar  $0,1 \text{ gr/cm}^3$  dengan ketebalan spesimen sebesar 30mm dan 20mm.

Tabel 4.7 suhu depan tiap spesimen

depan		suhu (°C)										
		glasswool 1	glasswool 2	glasswool 3	spesimen 1	spesimen 2	spesimen 3	spesimen 4	spesimen 5	spesimen 6	spesimen 7	spesimen 8
Waktu (menit)	2	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
	4	331	362	388	315	270	216	238	237	255	178	178
	6	366	374	388	320	263	213	233	238	260	192	165
	8	363	386	388	294	240	202	232	239	252	185	137
	10	365	388	388	284	245	216	233	244	256	169	135
	Rata"	357	379.6	388	297.6	241.2	212	231.6	248.8	254.6	175	139

Tabel 4.8 suhu belakang tiap spesimen

belakang		suhu (°C)										
		glasswool 1	glasswool 2	glasswool 3	spesimen 1	spesimen 2	spesimen 3	spesimen 4	spesimen 5	spesimen 6	spesimen 7	spesimen 8
Waktu (menit)	2	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
	4	326	263	213	251	241	195	196	175	247	177	105
	6	325	240	211	240	208	200	195	164	259	155	146
	8	324	232	216	222	201	203	191	174	255	169	103
	10	325	216	214	201	194	191	194	171	239	139	137
	Rata"	325.2	233.2	214.4	202.6	188.2	189.6	190	171	223.2	158.2	112.2

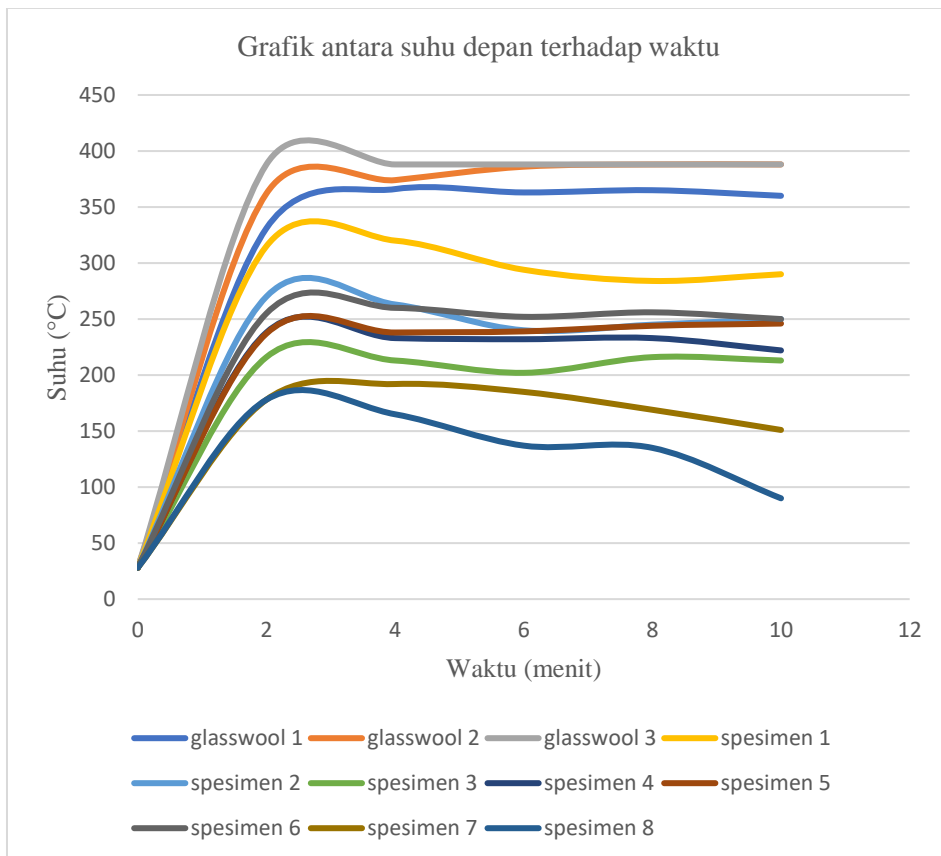
Tabel 4.9 suhu samping tiap spesimen

samping		suhu (°C)										
		glasswool 1	glasswool 2	glasswool 3	spesimen 1	spesimen 2	spesimen 3	spesimen 4	spesimen 5	spesimen 6	spesimen 7	spesimen 8
Waktu (menit)	2	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
	4	46	72	50	38	35	43	38	39	42	35	32
	6	41	65	59	35	36	44	39	40	41	35	32
	8	44	61	45	35	35	40	39	41	40	35	33
	10	46	63	49	36	35	44	39	42	42	33	33
	Rata"	44.6	64.6	52	35.6	35.2	42.8	38.2	40	40.2	34.8	32.6

Tabel 4.10 suhu samping belakang tiap spesimen

Samping belakang		suhu (°C)										
		glasswool 1	glasswool 2	glasswool 3	spesimen 1	spesimen 2	spesimen 3	spesimen 4	spesimen 5	spesimen 6	spesimen 7	spesimen 8
Waktu (menit)	2	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
	4	36	37	32	30	32	36	32	31	36	31	32
	6	39	39	32	30	31	36	31	30	32	31	32
	8	37	39	33	30	31	34	32	30	35	31	31
	10	36	38	33	31	32	34	34	31	35	31	31
	Rata"	37	38.2	33	30.62	31.8	34.6	32.2	30.4	33.8	31.4	30.8

Tabel 4.7 sampai tabel 4.10 merupakan tabel pengelompokan data suhu pengujian dari perambatan api dari tiap spesimen dan *glasswool*. Tabel 4.7 menunjukkan data suhu dari bagian depan spesimen yang langsung bersentuhan dengan sumber panas dari masing-masing spesimen dan *glasswool*. Tabel 4.8 menunjukkan data dari suhu sisi belakang spesimen yang bersentuhan dengan sumber panas masing-masing spesimen dan *glasswool*. Tabel 4.9 menunjukkan data dari suhu permukaan sisi lainnya yang tidak bersentuhan secara langsung dengan sumber panas dari masing-masing spesimen dan *glasswool*. Dan tabel 4.10 menjelaskan data dari suhu belakang dari spesimen dan *glasswool* yang tidak bersentuhan langsung dengan sumber panas. Data tabel 4.9 dan tabel 4.10 bertujuan untuk menunjukkan suhu perambatan panas dari spesimen dan *glasswool* yang memiliki dimensi panjang dan lebar sebesar 20x10 cm.



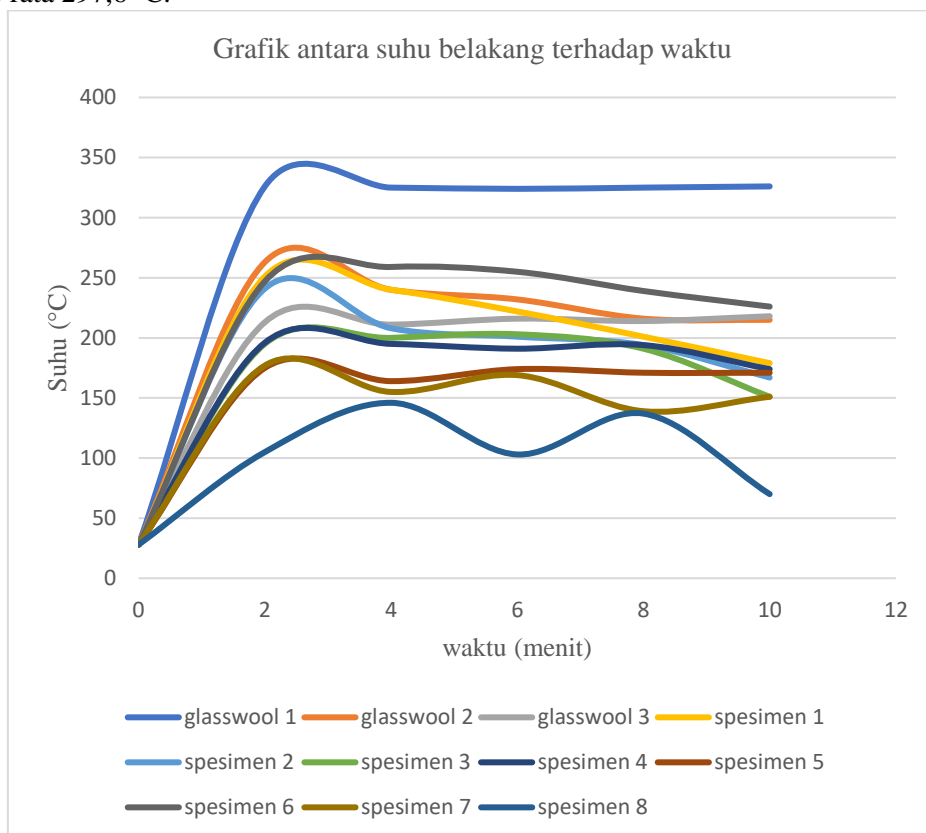
Gambar 4.14 Grafik antara suhu depan glasswool dan spesimen terhadap waktu

Berdasarkan gambar 4.14 diketahui bahwa suhu dari permukaan *glasswool* yang mendapatkan kontak langsung dengan sumber panas memiliki suhu yang lebih tinggi dibandingkan dengan suhu dari sabut kelapa yang telah diberikan perlakuan perendaman alkali NaOH sebesar 15%. Pengujian dilakukan di workshop laboratorium MMS Departemen Teknik Sistem Perkapalan pada malam hari sehingga didapatkan suhu awal semua variasi 28,4°C. Grafik diatas menunjukkan bahwa *glasswool* dapat



menyerap panas lebih tinggi dibandingkan dengan sabut kelapa yang telah diberikan perlakuan alkali NaOH. Dikarenakan bahan penyusun dari *glasswool* sendiri yang merupakan campuran antara pasir alam dengan kaca daur ulang yang dipanaskan hingga suhu  $1450^{\circ}\text{C}$  hingga membentuk *fyberglass*, *fyberglass* inilah yang membuat *glasswool* dapat menyerap panas lebih banyak. Jika dibandingkan dengan serat alam *glasswool* untuk suhu penyerapan lebih tinggi karena *glasswool* 3 dapat mencapai nilai suhu sebesar  $388^{\circ}\text{C}$  dan kemudian diikuti oleh *glasswool* 2 dan 1. Spesimen berbahan sabut kelapa yang telah diberikan perlakuan perendaman alkali NaOH memiliki penyerapan panas terhadap kontak langsung dengan sumber panas paling tinggi adalah spesimen 1 dengan massa jenis sebesar  $0,3 \text{ gr/cm}^3$  dan tebal 30 mm memiliki nilai suhu rata-rata mencapai  $297,6^{\circ}\text{C}$ .

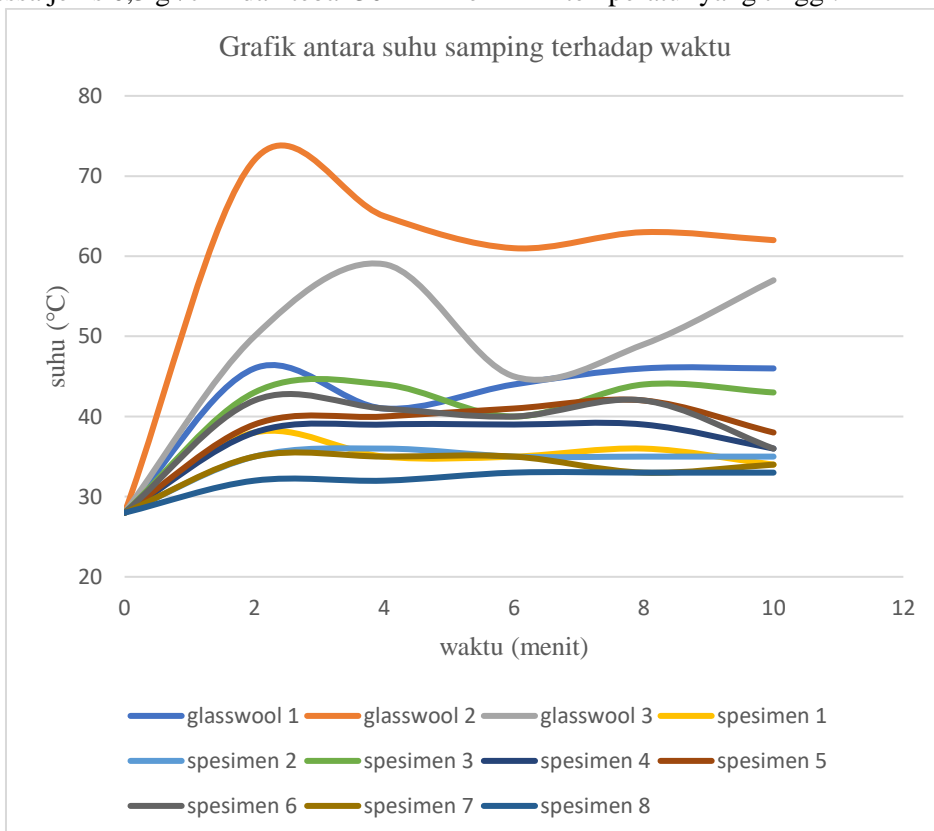
Berdasarkan gambar grafik 4.15 diketahui bahwa *glasswool* 3 dengan ketebalan 10 mm memiliki suhu permukaan paling panas ketika mendapatkan kontak api secara langsung pada permukaan *glasswool* yaitu dengan rata-rata suhunya sebesar  $388^{\circ}\text{C}$ . Untuk sabut kelapa yang telah diberikan perlakuan perendaman alkali NaOH adalah spesimen 1 dengan massa jenis  $0,3 \text{ gr/cm}^3$  dan tebal 30 mm memiliki temperatur yang paling tinggi dibandingkan dengan spesimen dari sabut kelapa lainnya yaitu dengan rata-rata  $297,6^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 4.15 Grafik antara suhu belakang spesimen terhadap waktu

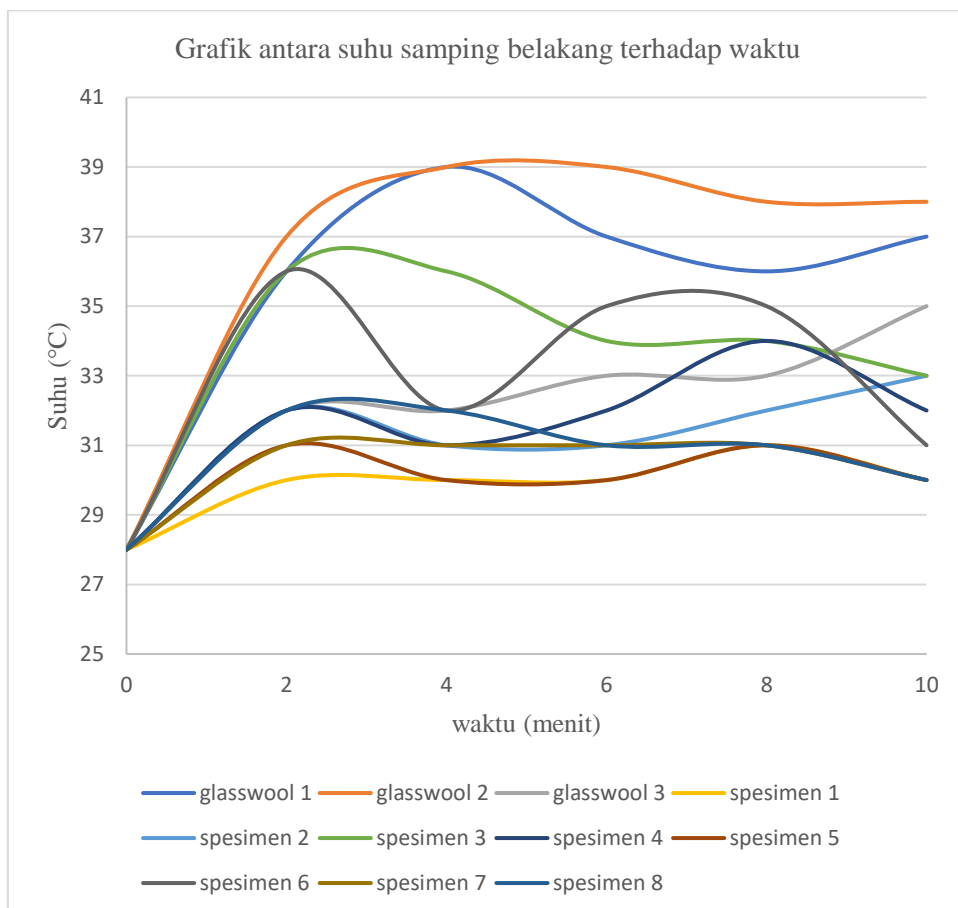
Berdasarkan gambar grafik 4.15 dapat diketahui bahwa glasswool 1 dengan ketebalan 30 mm memiliki temperatur yang paling tinggi jika dibandingkan dengan variasi glasswool dan spesimen yang lainnya yaitu dengan temperatur rata-ratanya sebesar 325,2 °C. berdasarkan grafik diatas, suhu dari bagian belakang glasswool 1 cenderung terlihat konstan. Hal dikarenakan glasswool 1 tidak habis terbakar ketika dilakukan pengujian pembakaran yang mengakibatkan suhu akan naik secara konstan dan akan mencapai titik suhu setimbang. Glasswool 2 dengan ketebalan 20 mm ketika dilakukan pengujian terhadap temperatur bagian belakang dari glasswool 2, glasswool 2 juga tidak habis terbakar. Hal ini disebabkan karena kerapatan partikel dan kelembapan dari glasswool yang lebih baik daripada spesimen sabut kelapa yang telah diberikan perlakuan perendaman alkali NaOH, karena rapat partikelnya mengakibatkan susahnya massa dari glasswool tersebut menguap ditambah dengan kelembapannya yang sedikit dibandingkan dengan sabut kelapa menjadikan glasswool akan lebih sukar untuk terbakar habis.

Berdasarkan gambar grafik 4.15 diketahui bahwa glasswool 1 dengan ketebalan 30 mm memiliki temperatur yang tinggi yaitu sebesar 325,2 °C dan cenderung konstan selama pembakaran 10 menit. hal ini dikarenakan glasswool 1 dapat tidak terbakar sepenuhnya selama pengujian pembakaran dalam waktu 10 menit. Untuk sabut kelapa yang telah diberikan perlakuan perendaman alkali NaOH adalah spesimen 1 dengan massa jenis 0,3 gr/cm<sup>3</sup> dan tebal 30 mm memiliki temperatur yang tinggi.



Gambar 4.16 Grafik antara suhu samping glasswool dan spesimen terhadap waktu

Berdasarkan gambar grafik 4.16 dapat diketahui bahwa spesimen 8 dengan massa jenis  $0,1 \text{ gr/cm}^3$  ketebalan 20 mm memiliki nilai suhu yang rendah dibandingkan dengan variasi glasswool dan spesimen yang lainnya dengan rata-rata temperaturnya adalah sebesar  $32,6 \text{ }^\circ\text{C}$ . Berdasarkan data tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa spesimen 8 tidak mudah untuk menghantarkan panas jika dibandingkan dengan variasi pengujian yang lainnya. Hal ini disebabkan karena sifat perekat dari lem polyurethane yang bersifat tahan api dan juga sukar untuk menghantarkan panas.



Gambar 4.17 Grafik antara suhu samping belakang glasswool dan spesimen terhadap waktu

Berdasarkan gambar grafik 4.17 dapat diketahui bahwa spesimen 1 dengan massa jenis  $0,3 \text{ gr/cm}^3$  ketebalan 30 mm memiliki nilai suhu paling rendah jika dibandingkan dengan variasi glasswool dan spesimen yang lainnya yaitu dengan rata-rata suhu sebesar  $30,62 \text{ }^\circ\text{C}$ . Berdasarkan data tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa spesimen 1 tidak mudah untuk menghantarkan panas dibandingkan dengan variasi pengujian yang lainnya sama seperti spesimen 8. Hal ini disebabkan karena sifat perekat dari lem polyurethane yang bersifat tahan api dan juga sukar untuk menghantarkan panas. Hubungan antara massa jenis dan juga suhu yang berbanding terbalik juga merupakan

salah satu alasan spesimen 1 memiliki nilai suhu yang kecil. Pada percobaan kali ini diketahui bahwa spesimen dari sabut kelapa yang telah diberikan perlakuan perendaman alkali NaOH lebih sukar untuk menghantarkan panas jika dibandingkan dengan glasswool. Dari gambar 4.22 dapat diketahui yang memiliki suhu terendah secara berurutan terkait suhu perambatan adalah spesimen 1.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Kesimpulan penelitian mengenai “Analisa Uji Nyala Api dan Perambatan Api dari Material Serat Sabut Kelapa (*Cocus nucifera*) dengan Perlakuan Kimia Alkali NaOH sebagai Alternatif Peredam Suara di Kapal” yaitu :

1. Spesimen 1 berupa sabut kelapa yang telah diberikan perlakuan perendaman alkali NaOH konsentrasi sebesar 15% direkatkan menggunakan polyurethane dengan massa jenis spesimen  $0,3 \text{ gr/cm}^3$  dan ketebalan 30 mm memiliki waktu penyalaan untuk mencapai titik nyala paling lama dibandingkan dengan spesimen lainnya yaitu sebesar 20,25 detik. Suhu untuk mencapai titik nyala adalah sebesar  $286^{\circ}\text{C}$ . dari percobaan yang telah dilakukan titik nyala dipengaruhi oleh tebal dan massa jenis dari material, semakin besar massa jenis material dan semakin tebal material akan mengakibatkan lamanya waktu penyalaan material untuk sampai pada titik penyalaan. Adapun selain massa jenis dan tebal, masih ada faktor lain yang mempengaruhi waktu penyalaan titik nyala seperti jenis material, suhu lingkungan, tekanan, dan lain sebagainya.
2. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan bahwa sabut kelapa yang telah diberikan perlakuan perendaman alkali NaOH dengan presentase sebesar 15% menggunakan perekat berbahan polyurethane lebih sukar merambatkan panas. Spesimen 1 dengan massa jenis  $0,3 \text{ gr/cm}^3$  dan tebal 30 mm memiliki rata-rata temperatur untuk sisi sampingnya yang lebih rendah daripada lainnya yaitu  $31,1^{\circ}\text{C}$ , sehingga spesimen 1 merupakan spesimen yang palinng sukar untuk api merambat dibandingkan dengan spesimen lainnya.
3. Dalam pengujiannya sabut kelapa dengan perlakuan perendaman alkali NaOH dengan presentase sebesar 15% memiliki suhu penyerapan panas lebih rendah dibandingkan dengan glasswool. Berdasarkan Hasil pengujian peredam suara dengan bahan glaswool memiliki nilai suhu yang lebih panas pada sisi yang bersentuhan langsung dengan sumber api dibandingkan dengan spesimen berbahan sabut kelapa. Akan tetapi spesimen sabut kelapa memiliki suhu perambatan panas yang lebih rendah daripada glasswool. Sehingga spesimen dengan bahan dasar sabut kelapa lebih susah untuk menghantarkan panas jika dibandingkan dengan glasswool.

#### **5.2 Saran**

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

1. untuk pengujian perambatan api sebaiknya dilakukan di laboratorium yang memiliki alat *Lateral Ignition Flame Spread Apparatus* untuk mendapatkan data

yang lebih akurat lagi dan dapat mengurangi faktor-faktor intervensi dari lingkungan.

2. Perendaman sabut kelapa dengan massa NaOH yang banyak akan mengakibatkan sabut kelapa getas ketika sudah dikeringkan. Sehingga diperlukan takaran yang sesuai agar sabut kelapa yang telah direndam dengan larutan NaOH tidak mudah patah.
3. Untuk pengambilan data yang lebih akurat lagi dapat menggunakan *heater* untuk sumber panasnya sehingga dapat diatur suhunya dan menggunakan termocouple tipe K yang dapat mengukur suhu sampai 1200<sup>0</sup>C dan dapat dilihat suhunya tiap satuan detik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustian, A., S. Friyatno, Supadi dan A. Askin. 2003. *Analisis pengembangan agro-industri komoditas perkebunan rakyat (kopi dan kelapa) dalam mendukung peningkatan daya saing sektor pertanian*. Makalah Seminar Hasil Penelitian Pusat Penelitian dan Pengembangan Sosial Ekonomi Pertanian Bogor. T.A. 2003. 38 hal
- Allorerung, D., dan A. Lay. 1998. *Kemungkinan pengembangan pengolahan buah kelapa secara terpadu skala pedesaan*. Prosiding Konperensi Nasional Kelapa IV. Bandar Lampung 21 – 23 April 1998 Pp.327 – 340.
- Anonim. 2000. *Hasil pengkajian sabut kelapa sebagai hasil samping*. Bank Indonesia Jakarta. 15 hal.
- Safety Of Life At Sea, Edition 2009
- Ngu M.(2002). *Ignition of New Zealand timber*. Masters of Engineering in Fire Engineering thesis, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand,
- Rindengan, B., A. Lay., H. Novarianto., H. Kembuan dan Z. Mahmud. 1995. *Karakterisasi daging buah kelapa hibrida untuk bahan baku industri makanan. Laporan Hasil Penelitian. Kerjasama Proyek Pembinaan Kembagaan Penelitian Pertanian Nasional*. Badan Litbang 49p.
- Nur, I.I, Kardiyono, Umar, dan A. Aris. 2003. *Pemanfaatan limbah debu sabut kelapa dalam usaha tani padi pasang surut*. Kelembagaan Perkelapaan di Era Otano- mi Daerah. Prosiding Konferensi Nasio- nal Kelapa V. Tembilahan 22 – 24 Oktoner 2002. Pp.160– 165.
- Khuriati, Ainie, dkk. 2006. *Disain Peredam Suara Berbahan Dasar Sabut Kelapa dan Pengukuran Koefisien Penyerapan Bunyinya*. Jurusan Fisika Universits Diponegoro.
- Bactiar, S, dkk. 2015. *Analisis Sifat Penyerapan Air dan Indeks Nyala Api pada Papan Komposit yang di Perkuat Serat Daun Pandan Duri dan Limbah Serbuk Gergaji Kayu Sengon dengan Resin Polyester*. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Mataram.
- Halliday, D., Resnick, R., Walker, J. *Fundamentals of Physics 7th Edition*. NewYork. John Wiley & Sons Inc. 2004
- Pusdiklatkar. Modul Pelatihan: *Perilaku Api*. Jakarta, 2006
- Siswoyo. *Evaluasi Sistem Proteksi Kebakaran Aktif dan Sarana Penyelamatan Jiwa di Gedung Fakultas Hukum Universitas Indonesia Tahun 2007*, [Skripsi]. Program Sarjana Kesehatan Masyarakat Peminatan Keselamatan dan Kesehatan Kerja Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia, Depok, 2007.
- International Fire Service Training Association (IFSTA)*. *Dasar-Dasar Penanggulangan Kebakaran (Essential of Fire Fighting)*. Dinas Kebakaran DKI Jakarta, 1994.
- Depnakertrans. *Materi Evaluasi dan Penunjukan Calon Ahli K3: Pengawasan K3 Penanggulangan Kebakaran*. Jakarta
- ASTM E1321.(1990). *Standard Method for Determining Material Ignition and Flame Spread Properties*. Amer. SOC. for Testing and Materials, Philadelphia.
- Quintiere J. (1981) *A simplified theory for generalizing results from a radiant panel rate of flame spread apparatus*. *Fire and Materials*, Vol. 5, No. 2, pp. 52-60.

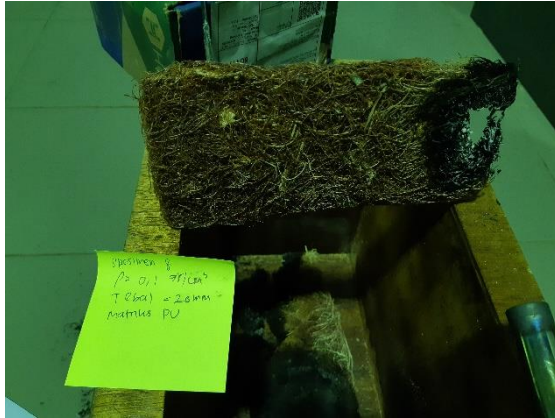
- Fowell A.(1994) *Inter-laboratory test program on ASTM E 1321: Standard test method for measuring material ignition and flame spread properties (2nd ed.)*, ASTM International, West Conshohocken, PA, USA.
- Rindengan, B., A. Lay., H. Novarianto., H. Kembuan dan Z. Mahmud. 1995. *Karakterisasi daging buah kelapa hibrida untuk bahan baku industri makanan. Laporan Hasil Penelitian. Kerjasama Proyek Pembinaan Kembagaan Penelitian Pertanian Nasional*. Badan Litbang 49p.
- Hilado Carlos J. (1973) *Flammability of Consumer Products*, Vol. 3
- John, M. J.J., Anandjiwala R. D., 2008, *Recent Developments in Chemical Modification and Characterization of Natural Fiber-Reinforced Composites*.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 48 Tahun 1996 tentang *Baku Tingkat Kebisingan*.
- Ramli, Soehatman. (2010). *Sistem Manajemen Keselamatan & Kesehatan Kerja OHSAS 18001*. Jakarta : Dian Rakyat

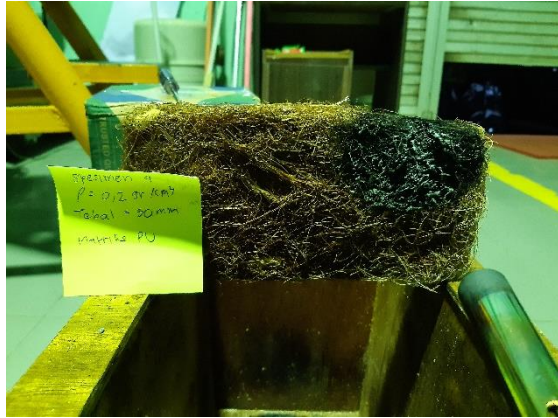


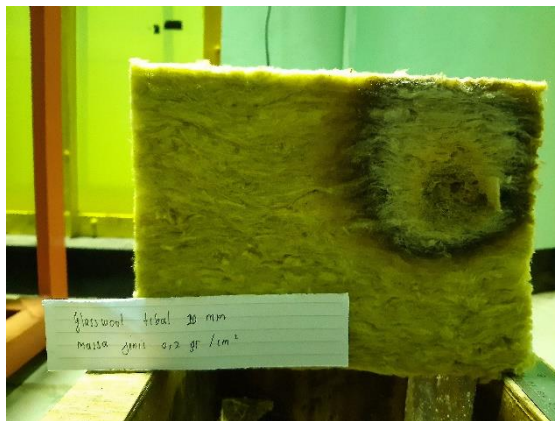
## LAMPIRAN

### 1. Gambar spesimen setelah pengujian





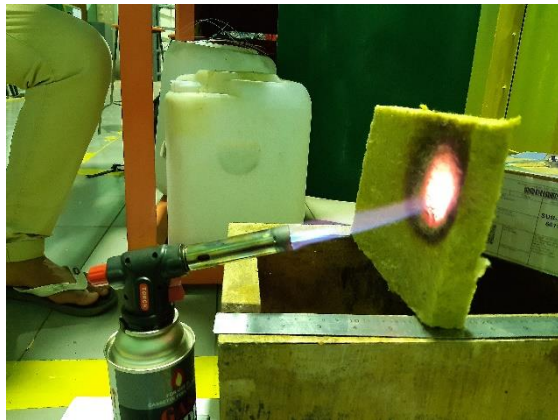




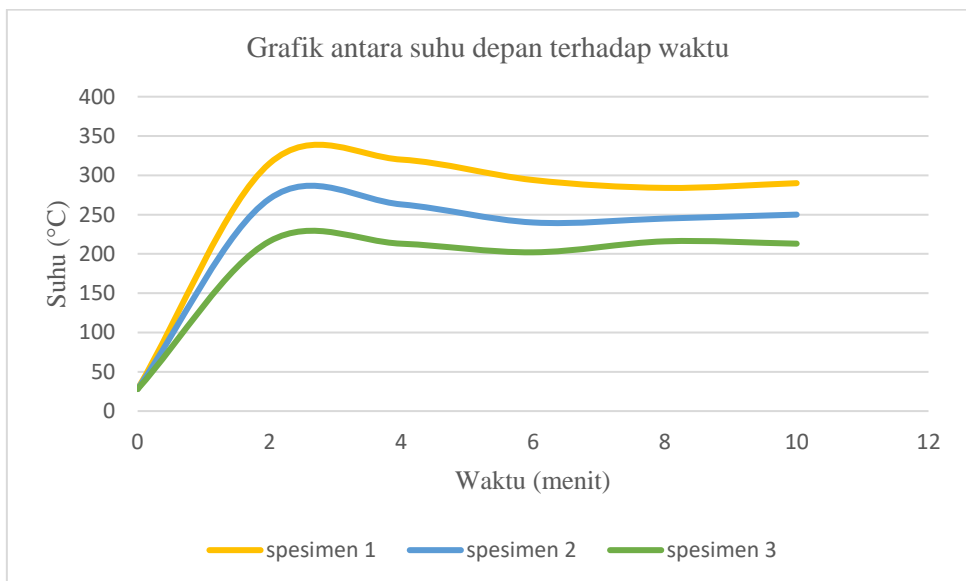
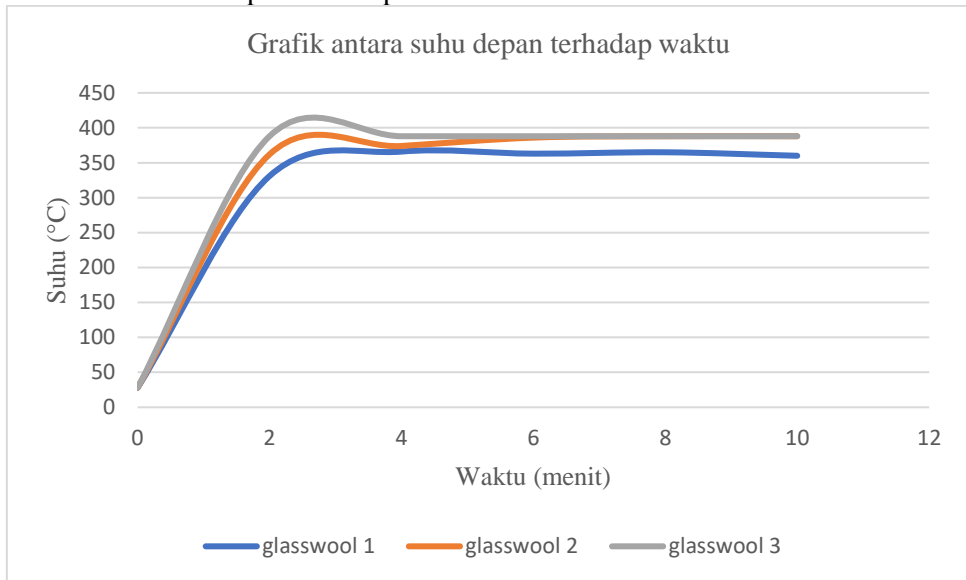
2. Gambar pengujian spesimen



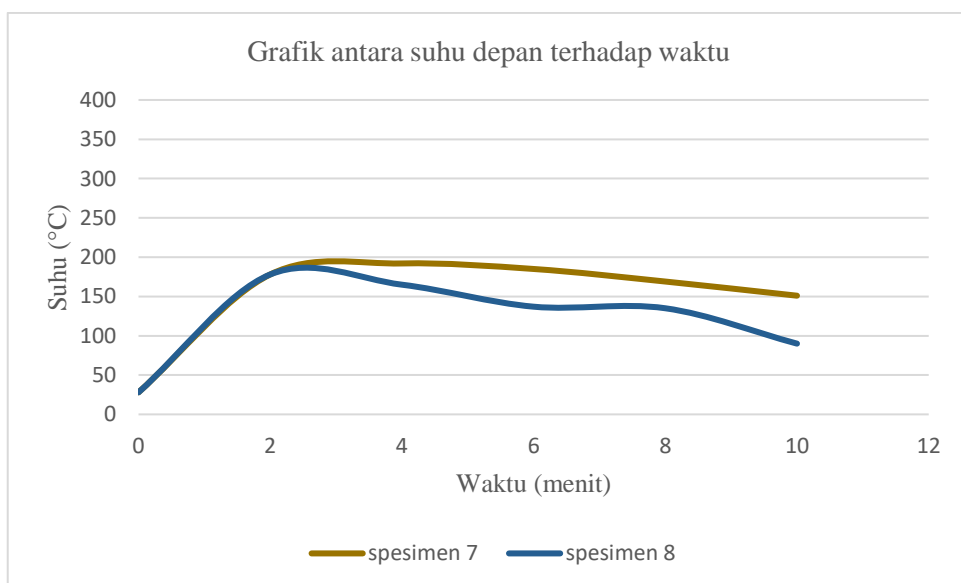
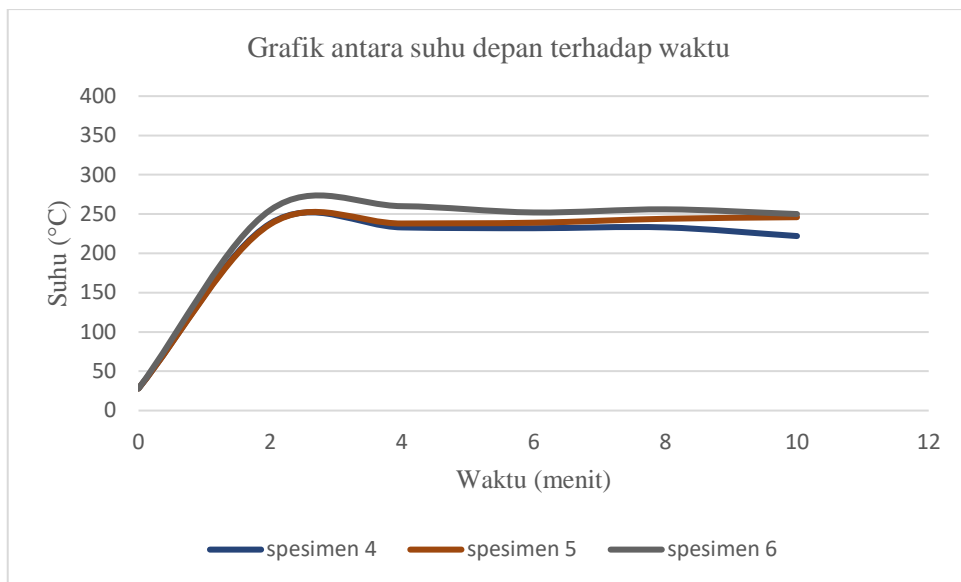




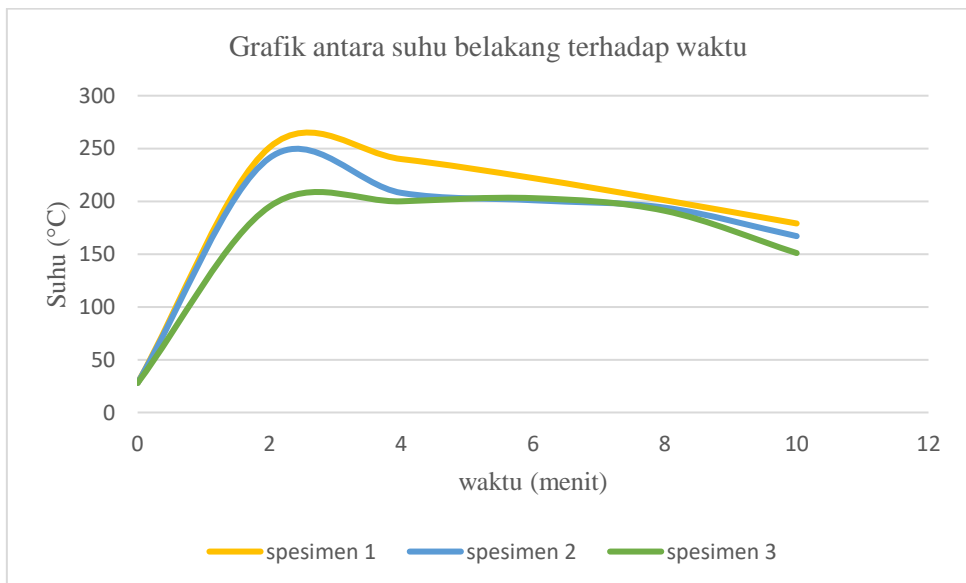
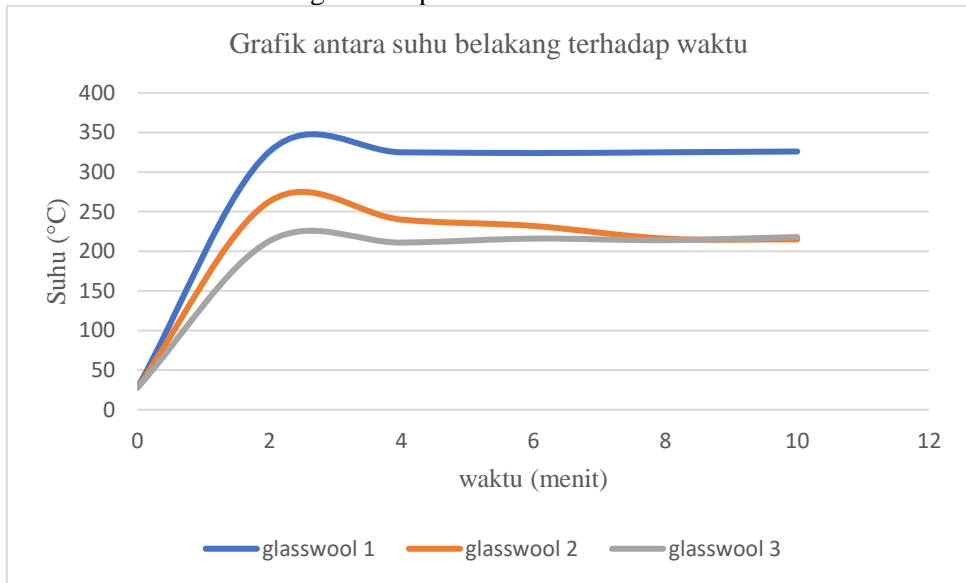
## 3. Grafik antar suhu depan terhadap waktu

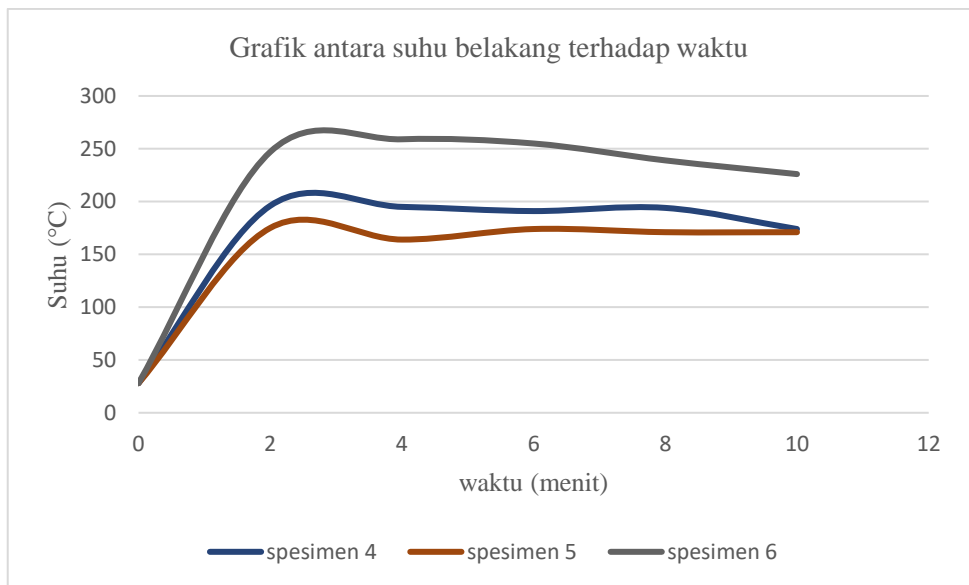
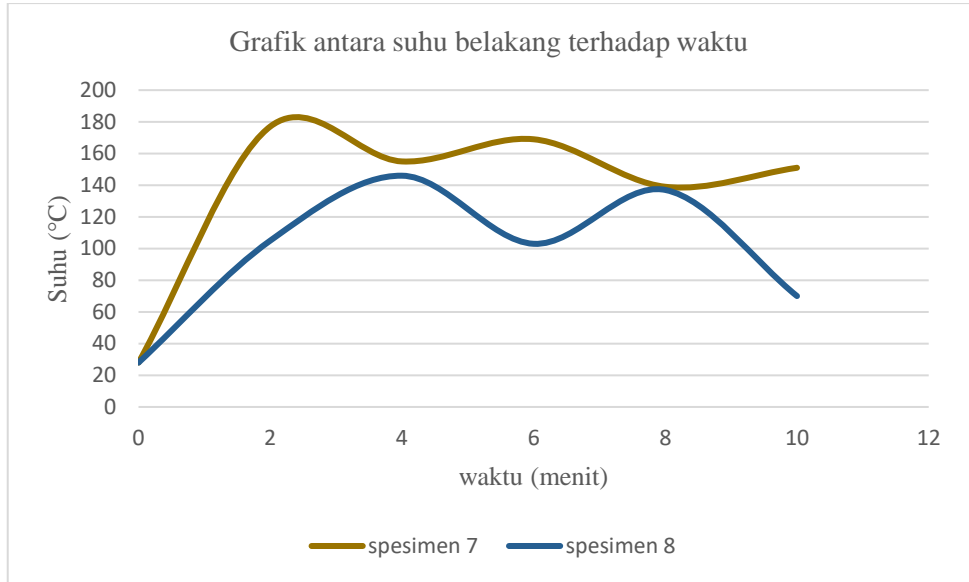




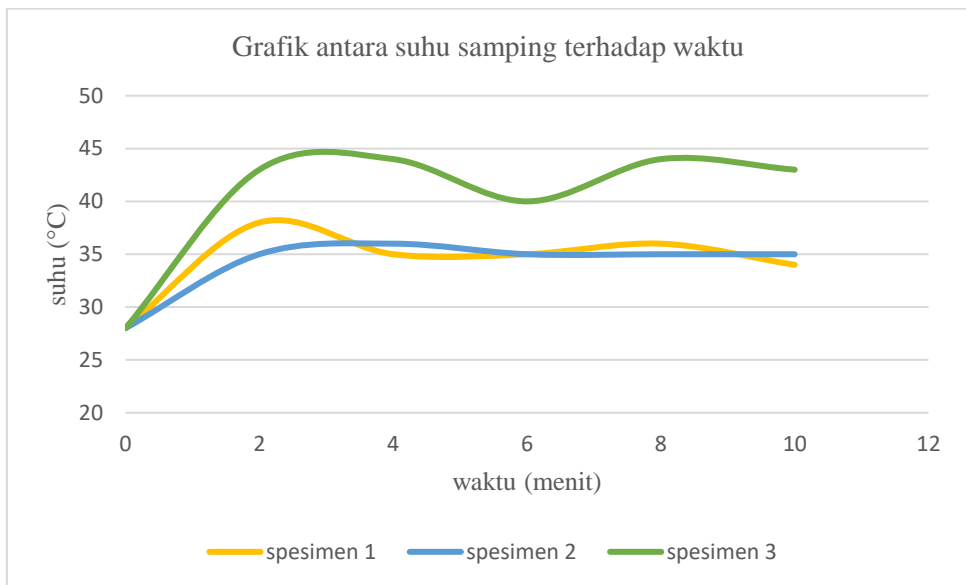
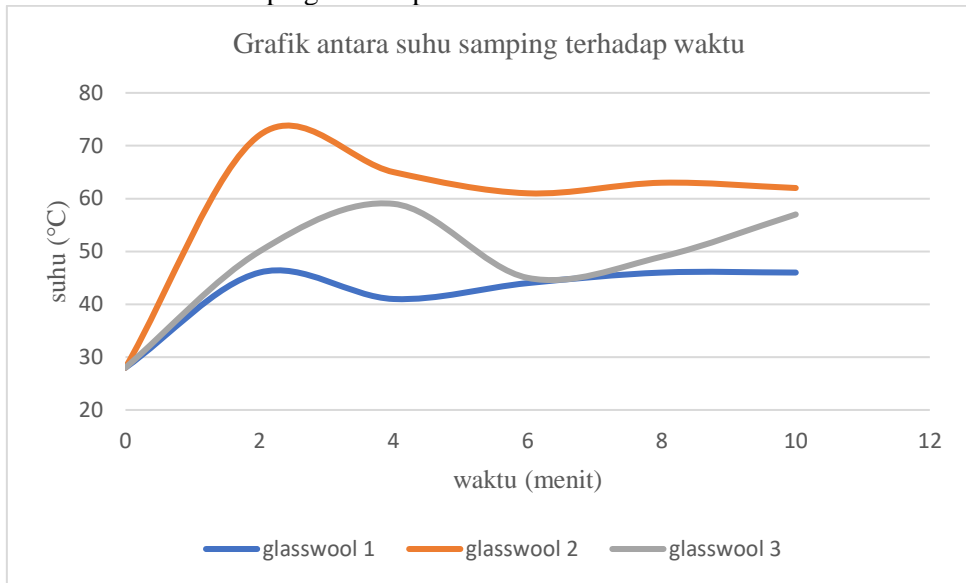


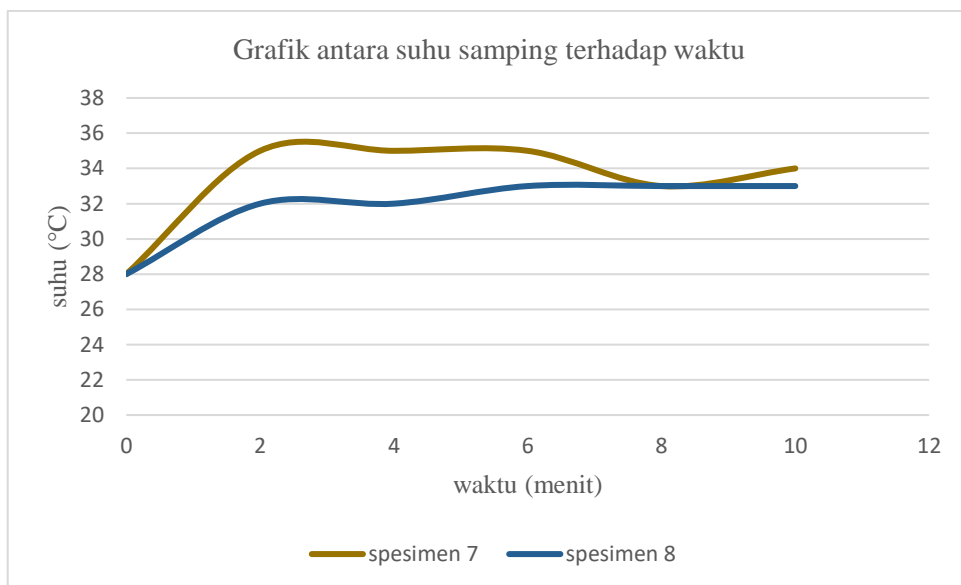
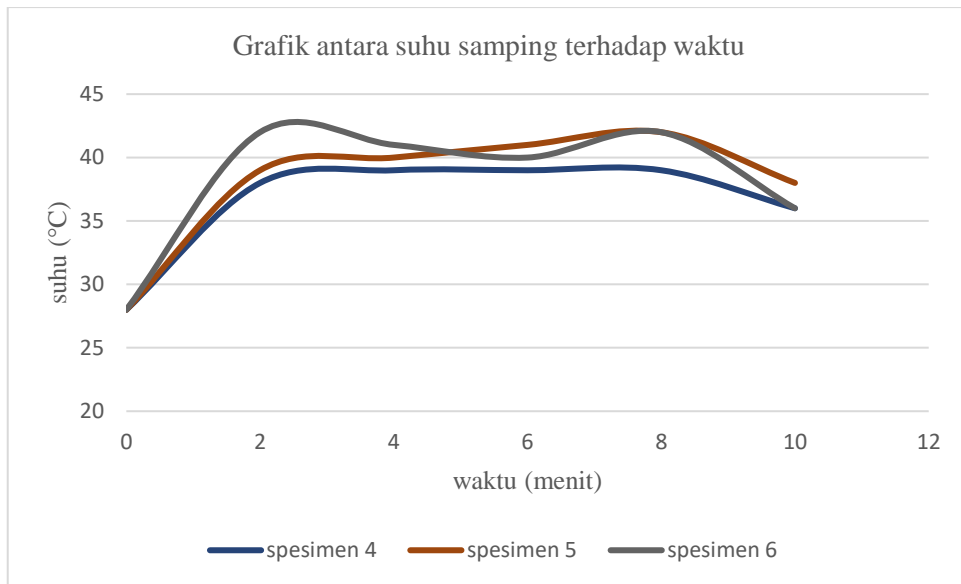
## 4. Grafik antar suhu belakang terhadap waktu



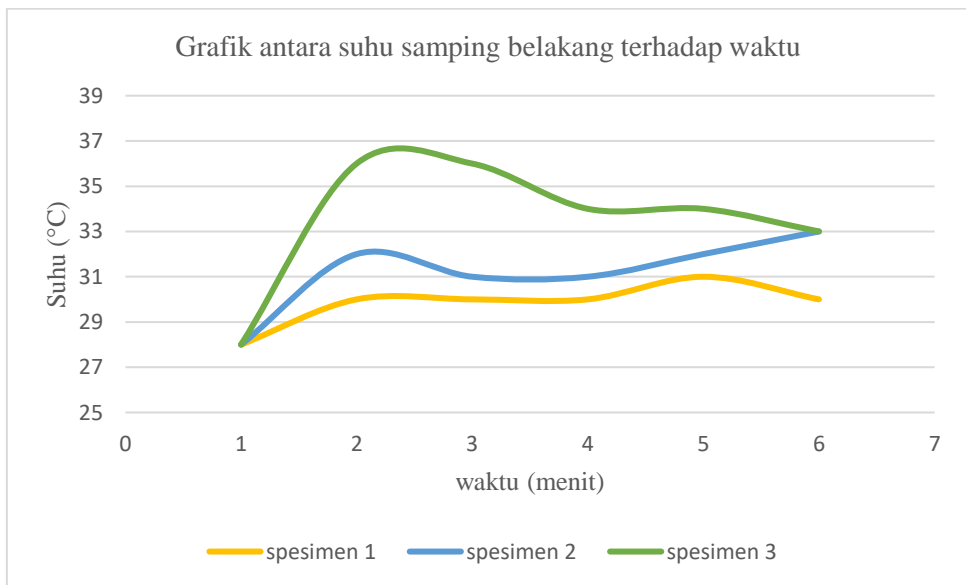
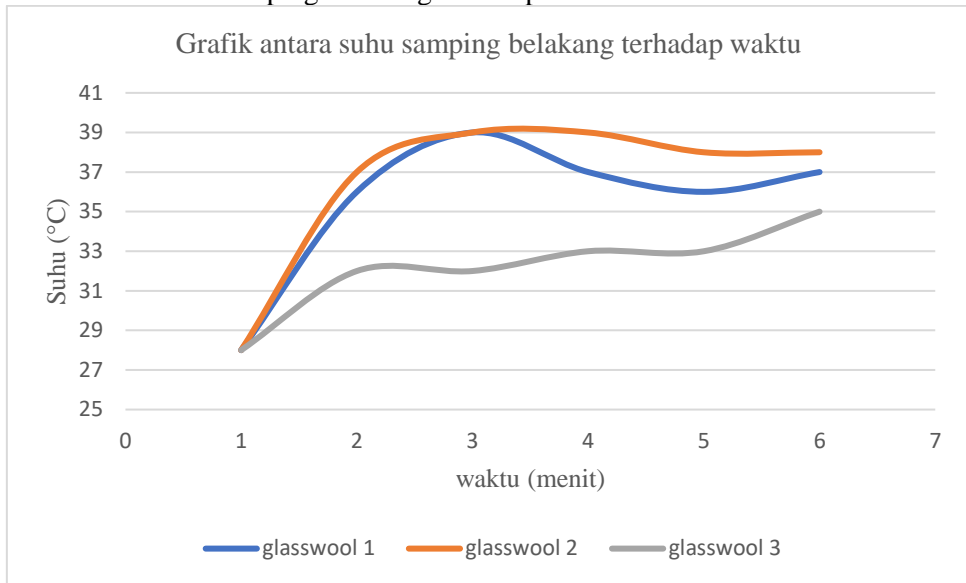


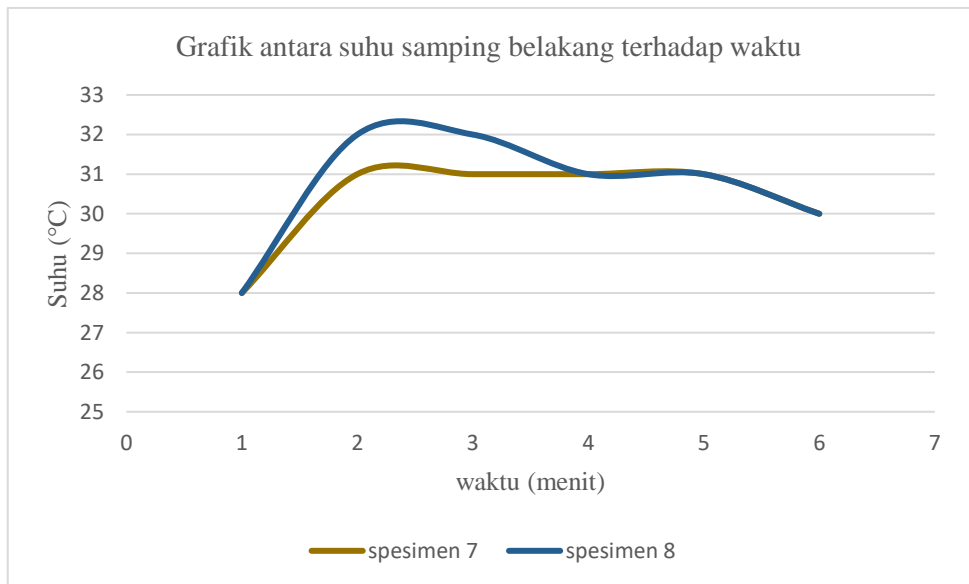
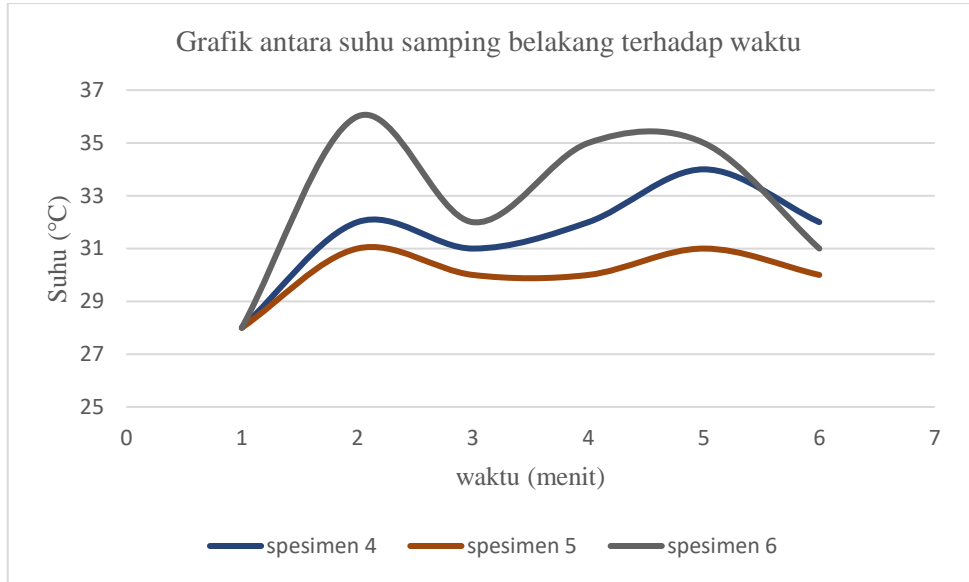
## 5. Grafik antar suhu samping terhadap waktu





## 6. Grafik antar suhu samping belakang terhadap waktu





*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Kediri pada tanggal 1 Oktober 1996 dan merupakan anak pertama dari pasangan Supradono Sutopo dengan Niken Johartini. Terlahir dengan nama Nasa Dityas Fariz Pradani, penulis telah menjalani pendidikan formal di TK Raden Fatah, SD Plosokidul, SMP Negeri 2 Pare, SMA Negeri 2 Pare. Pada tahun 2015, penulis diterima sebagai mahasiswa di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan NRP 0421154000028 melalui jalur SNMPTN. Di Departemen Teknik Sistem Perkapalan ini penulis mengambil bidang Marine Machinery and System (MMS). Selama menjalani perkuliahan, penulis aktif dalam berbagai kegiatan Himpunan Jurusan dan aktif mengikuti kompetisi robotik dan juga kepanitiaan dibidang robotika. Penulis menyelesaikan studi S-1 dalam waktu 8 semester. Departemen Teknik Sistem Perkapalan FTK ITS merupakan salah satu tempat yang sangat istimewa bagi penulis dalam memperoleh ilmu dan mengembangkan soft skill.