

**PENGARUH EKSTRAKSI SILIKA DARI ABU SEKAM PADI  
TERHADAP LAJU RAMBAT API**



**Disusun Oleh:**

**DESI AMBAR WATI**

**NIM. 5315117233**

**Skripsi ini ditulis untuk memenuhi sebagian persyaratan dalam memperoleh  
gelar Sarjana Pendidikan**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

**2017**

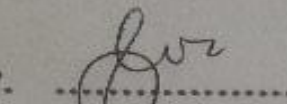
HALAMAN PENGESAHAN

NAMA DOSEN

TANDA TANGAN

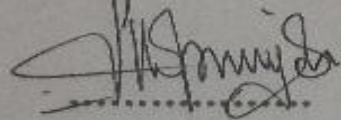
TANGGAL

**Himawan Hadi Sutrisno, S.T., M.T.**  
NIP. 198105052008121002  
(Dosen Pembimbing I)



20/2/2017

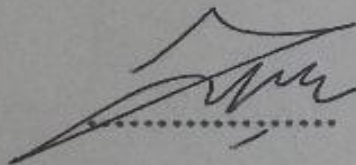
**Siska Titik Dwiwati, S.Si., M.T.**  
NIP. 197812122006042002  
(Dosen Pembimbing II)



17/2/2017

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

**Ir. Yunita Sari, M.T., M.Si**  
NIP. 196806062005012001  
(Ketua Penguji)



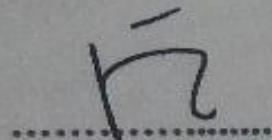
16/2/2017

**Triyono, S.T., M.Eng**  
NIP. 197508162009121001  
(Sekretaris)



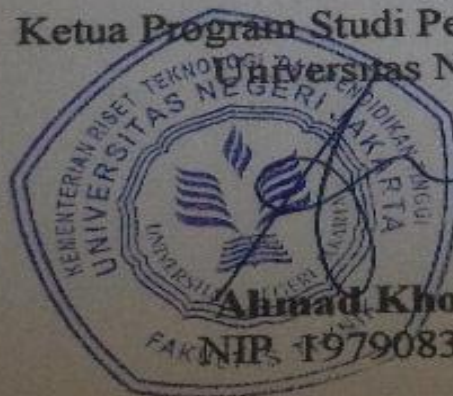
20/2/2017

**Dr. Riza Wirawan M.T.**  
NIP. 197804112005011003  
(Dosen Ahli)



16/2/2017

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin  
Universitas Negeri Jakarta



**Ahmad Kholil, S.T., M.T**  
NIP. 197908312005011001

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini, menyatakan bahwa:

Nama : Desi Ambar Wati

No.Reg : 5315117233

Tempat, tanggal lahir : Mojokerto, 16 Desember 1992

Adalah benar penulisan ini dengan gagasan sendiri dan melakukan penelitian sesuai dengan arahan dosen pembimbing dengan skripsi yang berjudul “Pengaruh Ekstraksi Silika dari Abu Sekam Padi Terhadap Laju Rambat Api”. Dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Demikian lembar pernyataan ini dibuat dengan sungguh-sungguh. Apabila kemudian ditemukan bukti kuat bahwa skripsi ini tidak asli seperti pernyataan diatas, maka penulis bersedia menerima hukuman yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, Januari 2017

Yang Membuat Pernyataan,



Desi Ambar Wati

NIM. 5315117233

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan banyak nikmat dan tidak lupa shalawat beserta salam semoga selalu tercurah kepada Baginda Nabi Muhammad SAW beserta keluarganya, para sahabatnya, dan para pengikutnya yang selalu setia sampai akhir.

Penulisan Skripsi yang berjudul **”Pengaruh Ekstraksi Silika dari Abu Sekam Padi Terhadap Laju Rambat Api ”**, ini diajukan sebagai syarat kelulusan untuk menyelesaikan studi S-1 pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Dalam proses penyelesaiannya, skripsi ini tidak mungkin dapat terselesaikan tanpa adanya bantuan bimbingan serta dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu dengan kerendahan hati penulis ingin menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Saturi dan Ibu Sri Sumarni, yang telah mendidik penulis sejak kecil hingga saat ini. Dengan kasih sayang yang ikhlas dan segala doa tercurah yang selalu membantu dan memberikan semangat dalam kehidupan penulis.
2. Reda Wulan Oktari (kakak) dan Ikrorul Adam (adik) yang selalu membantu dan memberikan semangat agar penulis dapat menyelesaikan skripsinya tepat waktu.
3. Bapak Drs. Ir. Riyadi Joyokusumo, MT, selaku Dekan Fakultas Teknik,

4. Bapak Ahmad Kholil, ST, MT selaku kepala program studi pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta
5. Bapak Himawan Hadi Sutrisno, ST.,M.T selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Siska Titik Dwiyati, S.Si., MT. selaku Dosen pembimbing II, yang dengan penuh kesabaran serta meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis guna menyelesaikan skripsi ini.
6. Bapak Himawan Hadi Sutrisno, ST.,MT. selaku dosen pembimbing akademik.
7. Seluruh dosen dan staff Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta.
8. Ria Sari Hidayah, sebagai teman yang selalu mendukung dan mensupport guna menyelesaikan skripsi ini.
9. Ihsan Mulya Yusuf dan Irfan Hilmi sebagai teman seperjuangan dalam penyusunan skripsi ini.
10. Teman-teman Fire Protection and Safety Engineering angkatan pertama, terimakasih selalu meramaikan dan memberikan hiburan serta membantu memberikan motivasi untuk menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
11. Keluarga besar Universitas Negeri Jakarta yang senantiasa memberikan semangat dan dukungannya.

Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah mebanu dalam pelaksanaan penelitian dan juga dalam penulisan skripsi ini sehingga penulis dapat menyelesaikannya.

Penulis juga minta maaf sebesar-besarnya kepada semua pihak atas kesalahan yang sengaja maupun tidak sengaja selama pelaksanaan penelitian. dan penulis menyadari adanya ketidaksempurnaan dalam penyusunan skripsi ini karena

keterbatasan pengetahuan penulis. Untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik dari semua pihak agar menjadi lebih baik di masa yang akan datang.

Besar harapan penulis bahwa skripsi ini dapat memberikan informasi dan manfaat serta pengetahuan bagi pembaca dan mahasiswa Jurusan Teknik Mesin. Demikian skripsi ini dibuat sebagaimana mestinya dan semoga bermanfaat bagi penulis khususnya dan pembaca umumnya.

Jakarta, Januari 2017

Penulis

## ABSTRAK

**Desi Ambar Wati, Pengaruh Ekstraksi Silika dari Abu Sekam Padi Terhadap Laju Rambat Api. Jakarta: Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, 2017.**

Sekam padi merupakan produk samping dari hasil industri penggilingan padi. Hingga saat ini hasil samping pengolahan padi serta limbahnya belum dimanfaatkan secara maksimal. Peningkatan nilai ekonomis dari sekam padi dapat dilakukan dengan memanfaatkan kandungan silika dari sekam padi. Silika dari sekam padi sendiri dapat diperoleh dengan mudah dan sederhana yaitu dengan cara pengabuan dan ekstraksi padat-cair. Beberapa studi memperlihatkan bahwa proporsi silika berkorelasi negatif dengan kemudahan terbakar. Atas dasar inilah peneliti melakukan penelitian tentang korelasi silika terhadap ketahanan api.

Tulisan ini membahas mengenai hasil percobaan dari penambahan ekstraksi silika pada karton yang ditambahkan silika. Pembuatan ekstraksi silika dilakukan dengan perlakuan perbedaan waktu pemanasan campuran KOH 0,5 M dengan abu sekam padi. Waktu pemanasan yang digunakan adalah 15 menit, 30 menit, dan 45 menit. Pembuatan sampel karton dilakukan dengan perlakuan perbedaan sampel silika hasil ekstraksi dan lama waktu perendaman karton dengan sampel gel silika. Waktu perendaman yang digunakan adalah 15 menit, 30 menit, dan 45 menit. Ukuran karton yang digunakan sebesar 210x70 mm. Beberapa pengujian dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari sampel silika yang dihasilkan dengan waktu pemanasan yang berbeda. Pengujian tersebut meliputi pengujian SEM untuk mengetahui kadar silika yang dihasilkan dari proses ekstraksi, dan pengujian TGA untuk mengetahui perubahan massa silika terhadap temperatur, serta pengujian DSC untuk mengetahui titik leleh dari sampel silika. Sedangkan pengujian terhadap karton dilakukan dengan menggunakan alat flammability test, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ketahanan sampel karton terhadap panas. Hasil menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara karakteristik silika dengan waktu pemanasan. Selain itu terdapat hubungan yang positif antara penambahan silika pada karton terhadap ketahanan panasnya. Karton yang memiliki perambatan terendah adalah sampel karton yang direndam selama 45 menit dengan gel silika yang dihasilkan dari proses ekstraksi selama 15 menit.

***Kata Kunci: Ekstraksi Silika, Sekam Padi, Flammability***

## ABSTRACT

**Desi Ambar Wati, Pengaruh Ekstraksi Silika dari Abu Sekam Padi Terhadap Laju Rambat Api. Jakarta: Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, 2017.**

Rice husk is a byproduct from rice milling home industry. Until these days, byproducts and its waste haven't yet processed maximally into benefit. The silica contained in the rice husk can help to raise the rice husk's economic value. The silica can be obtained through simple and easy way such as ashing and solid-liquid extraction. Few studies have reported that silica proportion has negative correlation with flammable trait. Based upon those prior research, author make a research about a correlation between silica and fire resistance.

This passage discuss about an experiment which silica extraction is adds to silica-based carton. Silica extraction is made from different time heating experiment group between KOH 0,5 M and ash husk divided into three groups; 15 minutes, 30 minutes, and 45 minutes. Carton sample is done with experimenting the difference in extraction silica sample and soaking wet divided in three groups; 15 minutes, 30 minutes, 45 minutes. The carton used size is 210x70mm. Experimental group is done to determine characteristic of silica sample from different time heating process. The tests are SEM test to determine silica level from extraction process; TGA test to determine the silica mass to temperature; and DSC test is to determine the melting from silica sample. A test is also done to determine the resistance of sample to heat by using flammability test. The result is shown that there is correlation between characteristic silica in with time heating process. Moreover, there is a positive correlation between silica addition to the carton with the heat resistance. The lowest propagation carton is the longest soaking time, which is 45 minutes with silica gel, resulted by process extraction in 15 minutes.

***Keyword: Silica Extraction, Rice husk, Flammability***



## DAFTAR ISI

Halaman Sampul .....	i
Halaman Pengesahan .....	ii
Halaman Pernyataan .....	iii
Kata Pengantar .....	iv
Abstrak .....	vii
Abstract .....	viii
Daftar Isi .....	ix
Daftar Lampiran .....	xii
Daftar Tabel .....	xiii
Daftar Gambar .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Identifikasi Masalah .....	2
1.3. Pembatasan Masalah .....	3
1.4. Perumusan Masalah.....	3
1.5. Tujuan Penelitian .....	3
1.6. Kegunaan Penelitian.....	4
<b>BAB II KAJIAN TEORI .....</b>	<b>5</b>
2.1. Teori Api .....	5
2.1.1. Segitiga Api (Fire Triangle) .....	5
2.1.2. Tetrahedron Api .....	6
2.1.3. Karakteristik Nyala Api .....	7

2.1.3.1. Titik Nyala .....	7
2.1.3.2. Titik Api .....	7
2.1.3.3. Nyala Api Premix .....	8
2.1.3.4. Nyala Api Difusi .....	8
2.1.3.5. Tinggi Api .....	9
2.1.4. Transfer Panas .....	9
2.2. Pembakaran Padat .....	11
2.3. Sekam Padi .....	11
2.4. Silika .....	14
2.5. Ekstraksi Silika Sekam Padi .....	15
2.6. Pengertian dan Mekanisme Perilaku Bahan Penghambat Api ...	16
2.7. Analisis Karakterisasi Ekstraksi Silika Sekam Padi .....	18
2.7.1. Scanning Electron Microscope (SEM) .....	18
2.7.2. Analisa Thermal .....	21
2.7.2.1. Thermogravimetric Analysis (TGA) .....	22
2.7.2.2. Defferential Scanning Calorimetry (DSC) .....	23
2.8. Flammability Test .....	24
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>26</b>
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian .....	26
3.2. Alat dan Bahan Penelitian .....	26
3.2.1. Alat Penelitian .....	26
3.2.2. Bahan Penelitian .....	27
3.3. Diagram Alir Penelitian .....	28
3.4. Prosedur Penelitian .....	29

3.4.1. Pembuatan Ekstraksi Silika .....	29
3.4.2. Karakteristik Sampel Silika .....	32
3.4.2.1. SEM .....	32
3.4.2.2. TGA .....	32
3.4.2.3. DSC .....	33
3.4.3. Pembuatan Sampel Karton .....	33
3.4.4. Uji Paper Flammability Test .....	34
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>36</b>
4.1. Deskripsi Hasil Penelitian .....	36
4.2. Analisis Data Penelitian .....	38
4.2.1. Analisis Karakteristik Silika dari Sekam Padi .....	38
4.2.1.1. Analisis SEM .....	38
4.2.1.2. Analisis TGA .....	40
4.2.1.3. Analisis DSC .....	44
4.2.2. Analisis Laju Rambat Api Karton .....	46
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>53</b>
5.1. Kesimpulan .....	53
5.2. Saran .....	54
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>54</b>

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Pembuatan Larutan KOH 0,5 M .....	57
Lampiran 2. Data Hasil Pengujian SEM .....	58
Lampiran 3. Data Hasil Pengujian Flammability Test .....	61
Lampiran 4. Daftar Riwayat Hidup .....	66

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Komposisi Kimia Sekam Padi .....	13
Tabel 2.2. Komposisi Abu Sekam Padi .....	13
Tabel 2.3. Karakteristik Amorph Silika .....	14
Tabel 2.4. Hasil Analisis Perubahan Termal pada Silika Sekam Padi Tanpa Sintering dan Setelah Sintering .....	16
Tabel 3.1. Sampel Ekstraksi Silika dari Sekam Padi .....	31
Tabel 3.2. Sampel Karton yang Diuji dengan Flammability Test .....	33
Tabel 4.1. Perbandingan Waktu Pemanasan terhadap Kadar Silika .....	38
Tabel 4.2. Perbandingan Waktu Pemanasan terhadap Perubahan Massa .....	39
Tabel 4.3. Perbandingan Waktu Pemanasan terhadap Titik Leleh .....	43
Tabel 4.4. Perbandingan Waktu Pemanasan Sampel Silika terhadap Laju Pembakaran Karton .....	45

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Segitiga Api .....	5
Gambar 2.2.	Tetrahedron Api .....	7
Gambar 2.3.	Premixed Flames and Diffusion Flames .....	8
Gambar 2.4.	Tinggi Api .....	9
Gambar 2.5.	Perpindahan Panas Konduksi .....	10
Gambar 2.6.	Perpindahan Panas Konveksi .....	10
Gambar 2.7.	Perpindahan Panas Radiasi .....	10
Gambar 2.8.	Diagram SEM .....	19
Gambar 2.9.	Output Uji SEM dengan Metode EDS .....	20
Gambar 3.1.	Diagram Alir Penelitian .....	28
Gambar 3.2.	Proses Pembakaran Sekam Padi .....	29
Gambar 3.3.	Proses Penimbangan Abu Sekam Padi .....	30
Gambar 3.4.	Proses Ekstraksi Silika .....	31
Gambar 3.5.	Proses Pengujian Silika dengan SEM .....	32
Gambar 3.6.	Proses Pengujian TGA .....	32
Gambar 3.7.	Proses Pengujian DSC .....	33
Gambar 3.8.	Proses Pembuatan Sampel Karton .....	34
Gambar 3.9.	Proses Pengujian Paper Flammability Test .....	34
Gambar 4.1.	Pemanfaatan Sekam Padi .....	35
Gambar 4.2.	Hasil Sampel Silika Gel .....	36
Gambar 4.3.	Hasil Sampel Karton .....	37
Gambar 4.4.	Kurva TGA Sampel I .....	40

Gambar 4.5. Kurva TGA Sampel 2 .....	41
Gambar 4.6. Kurva TGA Sampel 3 .....	42
Gambar 4.7. Kurva Hasil DSC .....	44
Gambar 4.8. Kurva Hasil Flammability Test Sampel Karton Non Silika ....	46
Gambar 4.9. Kurva Hasil Flammability Test dengan Waktu Perendaman 15 Menit .....	47
Gambar 4.10. Kurva Hasil Flammability Test dengan Waktu Perendaman 30 Menit .....	48
Gambar 4.11. Kurva Hasil Flammability Test dengan Waktu Perendaman 45 Menit .....	49

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Sekam padi merupakan produk samping dari hasil industri penggilingan padi. Menurut Ismunadji (1988), bahwa industri penggilingan dapat menghasilkan 65% beras, 20% sekam padi dan sisanya hilang. Hingga saat ini hasil samping pengolahan padi serta limbahnya belum dimanfaatkan secara maksimal. Pemanfaatan sekam padi secara komersial masih relatif rendah. Hal ini disebabkan oleh karakteristik sekam padi yaitu bersifat kasar, bernilai gizi rendah, memiliki kerapatan yang rendah, dan kandungan abu yang cukup tinggi (Houston, 1972). Sekam padi secara umum digunakan sebagai media bercocok tanam, sebagai sumber energi dalam bentuk briket arang sekam, alas pakan ternak, atau dimusnahkan dengan cara pembakaran yang dikendalikan. Peningkatan nilai ekonomis dari sekam padi dapat dilakukan dengan memanfaatkan kandungan silika dari sekam padi.

Keberadaan silika, khususnya dalam bentuk  $\text{SiO}_2$ , dalam padi telah diketahui sejak tahun 1938. Menurut Soepardi (1982), kandungan silika tertinggi pada padi terdapat pada sekam bila dibandingkan dengan bagian lain tanaman seperti helai daun, pelepah daun, batang dan akar. Silika dari sekam padi sendiri dapat diperoleh dengan mudah dan sederhana yaitu dengan cara pengabuan dan ekstraksi padat-cair.

Silika mempunyai sifat yang cukup unik. Salah satu sifat yang dimiliki silika adalah ketahanannya terhadap suhu dan zat-zat yang cukup stabil. Beberapa studi memperlihatkan bahwa proporsi silika berkorelasi negatif dengan kemudahan



terbakar. Kandungan silika sebagai salah satu bahan anorganik dalam komponen bahan bakar dapat menghambat proses pembakaran (Mutch, 1970 dalam Saharjo dan Watanabe, 1999). Selain itu silika yang dihasilkan dari sekam padi memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan silika mineral, dimana silika sekam padi memiliki butiran halus, lebih reaktif, dapat diperoleh dengan cara mudah dengan biaya yang relatif murah, serta didukung dengan ketersediaan yang melimpah. Dengan kelebihan tersebut, menunjukkan silika sekam padi berpotensi cukup besar untuk digunakan sebagai sumber silika, yang dapat diaplikasikan sebagai bahan penghambat api.

Berdasarkan informasi di atas, peneliti sangat terdorong untuk melakukan penelitian tentang korelasi silika terhadap ketahanan api. Silika yang digunakan pada penelitian ini dihasilkan dari pengekstraksian abu sekam padi. Silika ini yang nantinya akan dimanfaatkan sebagai bahan *fire retardant* yang dapat ditambahkan ke suatu bahan untuk mencegah terjadinya kebakaran dan mengurangi dampak kerusakan jika terjadi kebakaran.

## **1.2. Identifikasi Masalah**

- 1 Apakah silika dapat diekstraksi dari sekam padi, jika dapat maka berapakah silika yang dihasilkan dari proses ekstraksi tersebut?
- 2 Apakah ada perbedaan kandungan silika, jika proses ekstraksi mendapat perlakuan waktu pemanasan yang berbeda (bervariasi)?
- 3 Apakah terdapat korelasi waktu ekstraksi terhadap ketahanan api pada silika yang dihasilkan oleh sekam padi?

- 4 Bagaimana pengaruh silika yang dihasilkan oleh ekstraksi sekam padi terhadap suatu bahan yang ditambahkan dengan ekstraksi silika dari abu sekam padi?

### **1.3. Pembatasan Masalah**

Agar penelitian ini lebih terfokus dan terarah, maka peneliti membatasi penelitian ini pada:

1. Silika yang digunakan dalam penelitian merupakan hasil dari ekstraksi sekam padi dengan metode sol-gel menggunakan larutan KOH 0,5 M
2. Variasi waktu pemanasan pelarutan abu sekam padi dengan larutan KOH adalah 15 menit, 30 menit dan 45 menit.
3. Analisis karakteristik ekstraksi silika menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*), TGA (*Thermalgravimetric Analysis*), dan DSC (*Differential Scanning Calorimetry*).
4. Media percobaan pada penelitian ini adalah kertas karton dengan ukuran 21 x 7 cm.

### **1.4. Perumusan Masalah**

Berdasarkan dari latar belakang, identifikasi masalah, dan pembatasan masalah yang telah diuraikan, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik ekstraksi silika dari abu sekam padi?
2. Bagaimana pengaruh silika dari abu sekam padi terhadap laju rambat api?

### **1.5. Tujuan Penelitian**

1. Untuk mengetahui karakteristik ekstraksi silika dari sekam padi.

2. Untuk mengetahui pengaruh waktu ekstraksi silika dari sekam terhadap ketahanan panas silika.
3. Mengetahui manfaat silika hasil ekstraksi sekam padi terhadap bahan yang diberikan perlakuan dari silika hasil ekstraksi.

#### **1.6. Kegunaan Penelitian**

Adapun kegunaan dari penelitian ini antara lain:

1. Sebagai sumbangan pengetahuan bagi dunia pendidikan sehingga mendorong penelitian-penelitian selanjutnya.
2. Dapat memberikan sumbangan pemikiran bagi ilmu pencegahan kebakaran.
3. Sebagai alternatif untuk meningkatkan nilai guna limbah kulit padi.

## BAB II

### KAJIAN TEORI

#### 2.1. Teori Api

Api didefinisikan sebagai suatu peristiwa/reaksi kimia yang diikuti oleh pengeluaran asap, panas, nyala dan gas-gas lainnya. Api juga dapat diartikan sebagai reaksi kimia yang menghasilkan suhu setidaknya 1.500 K dan umumnya sekitar 2.500 K di udara (John Wiley & Sons, 2006:3).

##### 2.1.1. Segitiga Api (*Fire Triangle*)

Pada dasarnya api dapat terjadi karena ada faktor-faktor penyebabnya. Faktor-faktor penyebab itu adalah bahan bakar (*fuel*), sumber panas (*heat*), dan oksigen. Ketiga faktor tersebut merupakan bagian dari teori segitiga api. Konsep segitiga api seringkali digunakan untuk mencegah kebakaran atau mengendalikan kebakaran (Wentz, 1998: 171).



**Gambar 2.1. Segitiga Api**

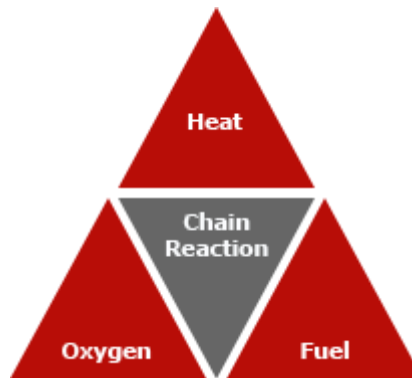
Sumber: <http://pmdlk.blogspot.co.id>

Berdasarkan teori segitiga api tersebut, maka apabila ketiga unsur di atas bertemu akan terjadi api. Namun, apabila salah satu unsur tersebut tidak ada atau tidak berada pada keseimbangan yang cukup, maka api tidak akan terjadi. Dikarenakan Reaksi pembakaran adalah reaksi kimia bahan bakar dan oksigen yang di peroleh dari udara yang akan menghasilkan panas dan gas sisa pembakaran yang berlangsung dalam waktu yang sangat cepat. Reaksi pembakaran tersebut akan

menghasilkan produk hasil pembakaran yang komposisinya tergantung dari kualitas pembakaran yang terjadi.

### **2.1.2. Tetrahedon Api**

Perkembangan dari teori segitiga api adalah ditemukannya unsur keempat yang menyebabkan timbulnya api. Unsur yang keempat ini adalah rantai reaksi kimia. Dalam teori ini dijelaskan bahwa pada saat energi diterapkan pada bahan bakar seperti hidrokarbon, beberapa ikatan karbon dengan dengan karbon lainnya terputus dan menghasilkan radikal bebas. Sumber energi yang sama juga menyediakan kebutuhan energi untuk memutus beberapa rantai karbon dengan hydrogen sehingga menghasilkan radikal bebas lebih banyak. Selain itu, rantai oksigen dengan oksigen lainnya juga ikut terputus dan menghasilkan radikal oksida. Jika jarak antara radikal-radikal ini cukup dekat maka akan terjadi penggabungan kembali (*recombining*) radikal bebas dengan radikal lainnya atau dengan kelompok fungsional yang lain. Pada proses pemutusan rantai, terjadi pelepasan energi yang tersimpan di dalam rantai tersebut. Energi yang lepas dapat menjadi sumber energi untuk memutuskan rantai yang lain dan melepaskan energi yang lebih banyak lagi (Depnaker RI, 1999). Pembentukan radikal bebas menentukan kecepatan api. Pembentukan dan konsumsi radikal bebas adalah untuk mempertahankan reaksi api.



**Gambar 2.2. Tetrahedron Api**

Sumber: <http://harphael.blogspot.co.id>

### **2.1.3. Karakteristik Nyala Api**

Fundamental adalah pusat untuk pemahaman tentang banyak proses kebakaran, termasuk pengapian dan penyebaran api, dan sangat penting untuk interpretasi data uji api, antara lain :

#### **2.1.3.1. Titik Nyala (*Flash Point*)**

Titik Nyala (*Flash Point*) adalah temperatur dimana timbul sejumlah uap yang apabila bercampur dengan udara membentuk suatu campuran yang mudah menyala. Titik nyala (*Fire Point*) yang mudah terbakar digunakan untuk mengetahui sifat suatu material.

#### **2.1.3.2. Titik Api (*Fire Point*)**

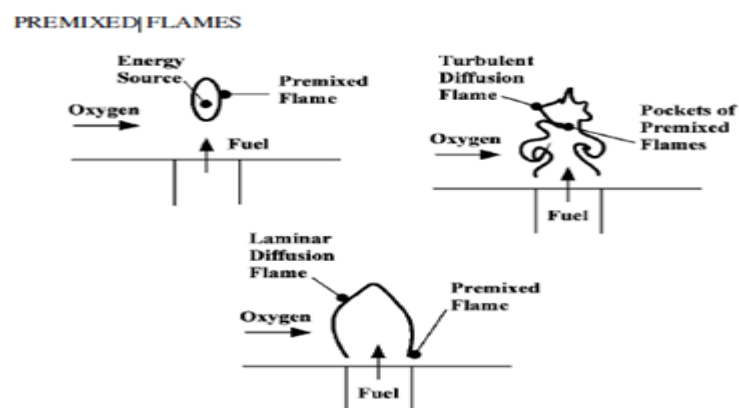
Titik Api (*Fire Point*) adalah suhu terendah dimana suatu zat (bahan bakar) cukup mengeluarkan uap dan terbakar secara terus menerus bila diberi sumber penyalaan yang cukup. Titik bakar suatu zat beberapa derajat lebih tinggi dari titik nyalanya (*Flash Point*). Titik api dapat juga digunakan untuk mengukur karakteristik dari sampel untuk mendukung proses pembakaran.

### 2.1.3.3. Nyala Api Premix (*Premixed Flames*)

Pada pembakaran *premixed*, bahan bakar gas dan oksidan sempurna dicampur terlebih dahulu sebelum pengapian (*ignition*). Pengapian diperlukan untuk memberikan sejumlah energi dalam bentuk yang sesuai, sehingga dapat menilai suatu proses pembakaran.

### 2.1.3.4. Nyala Api Difusi (*Difusi Flames*)

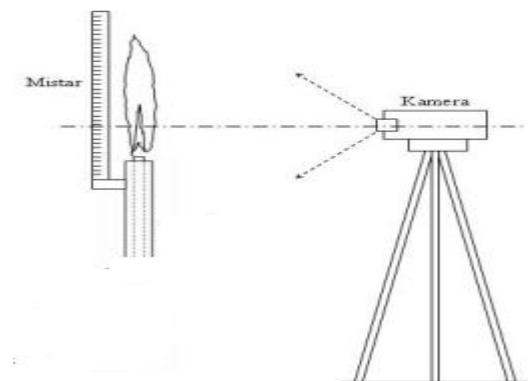
Pada pembakaran *Difusi Flame*, bahan bakar dan oksidan (udara) pada awalnya terpisah. Pembakaran akan berlangsung pada daerah dimana bahan bakar dan udara kemudian bercampur. Aliran bahan bakar yang keluar dari ujung sampel akan bercampur dengan udara secara difusi jika diberi pengapian campuran ini akan terbakar bila konsentrasi bahan bakar dan udara terdapat dalam jangkauan batas nyalanya. Nyala difusi pada suatu pembakaran cenderung mengalami pergerakan nyala lebih lama dan menghasilkan asap lebih banyak daripada nyala *premix*. Nyala difusi dapat berupa nyala laminar (*Laminar Flame*) atau nyala turbulen (*Turbulent Flame*).



**Gambar 2.3 Premixed Flames and Diffusion Flames**  
Sumber : Buku *Fundamentals of Fire Phenomena*, 2006

### 2.1.3.5. Tinggi Api (*Flame Heights*)

Hal ini terkadang diperlukan untuk mengetahui besarnya api pembakaran bahan bakar, karena ini akan menentukan bagaimana api akan berinteraksi dengan lingkungannya, khususnya apakah akan mencapai langit-langit atau memberikan radiasi panas yang cukup untuk menyalakan terdekat yang mudah terbakar. Parameter dasar yang menentukan ketinggian pertama kali diperoleh Thomas *et al.* (1961), yang diterapkan analisis terhadap api bebas pembakaran, yaitu di mana tingkat pirolisis dan laju pelepasan energi dipengaruhi hanya oleh pembakaran bahan bakar itu sendiri dan tidak oleh lingkungan ruangan (Walton dan Thomas, 2008). Ujung api didefinisikan sebagai ketinggian di mana udara yang cukup telah memasuki api untuk membakar bahan bakar.



**Gambar 2.4 Tinggi Api (*Flame Heights*)**

Sumber : Buku *Fundamentals of Fire Phenomena*, 2006

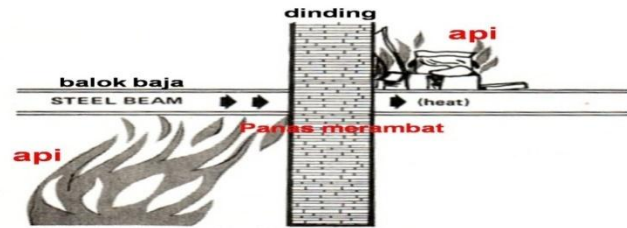
### 2.1.4. Transfer Panas

Api biasanya terjadi di tempat yang beroksigen baik itu ruang terbuka ataupun tertutup, jika titik api telah timbul maka penyebaran api ke seluruh bangunan gedung dapat terjadi melalui tiga mekanisme yaitu konduksi, konveksi, dan radiasi.

- Konduksi



Panas dipindahkan/merambat dari suatu benda ke benda lain dengan kontak secara langsung. Kecepatan perpindahan panas tergantung dari sifat konduktifitas bahan bakar.

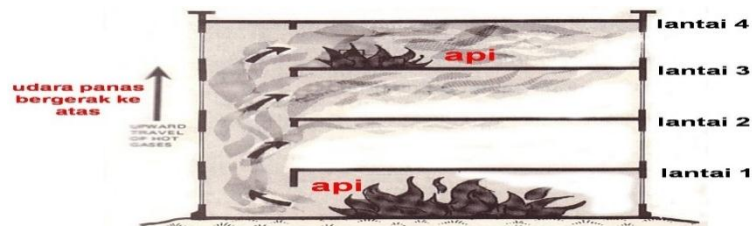


**Gambar 2.5 Perpindahan Panas Konduksi**

Sumber: Buku *Fundamentals of Fire Phenomena*, 2006

- Konveksi

Panas dipindahkan melalui gerakan/fluida. Fluida dengan temperatur lebih tinggi akan mengalir ke atas dan sebaliknya.

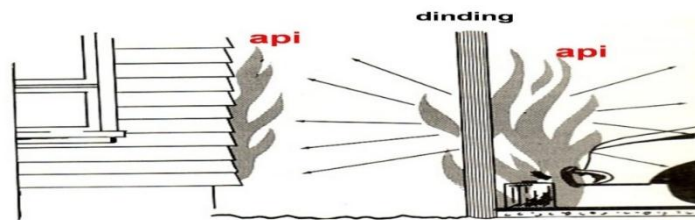


**Gambar 2.6 Perpindahan Panas Konveksi**

Sumber: Buku *Fundamentals of Fire Phenomena*, 2006

- Radiasi

Panas dipindahkan melalui transmisi gelombang elektro magnetik.



**Gambar 2.7 Perpindahan Panas Radiasi**

Sumber: Buku *Fundamentals of Fire Phenomena*, 2006

## 2.2. Pembakaran Padat (*Burning Of Solid*)

Hal itu ditunjukkan bahwa pembakaran bahan bakar padat hampir selalu membutuhkan dekomposisi kimia (pirolisis) untuk menghasilkan uap bahan bakar,

yang dapat melarikan diri dari permukaan untuk membakar di api. Pirolisis dikenal ditingkatkan oleh adanya oksigen (Kashiwagi dan Ohlemiller, 1982), tetapi diskusi rinci proses kimia ini adalah di luar lingkup teks ini. Namun, penting untuk menekankan kompleksitas yang terlibat, dan berbagai macam produk yang terbentuk degradasi polimer, apakah ada atau tidak ada oksigen (Madorsky, 1964; Cullis dan Hirschler, 1981; Hirschler dan Morgan, 2008). Sementara komposisi uap bahan bakar memiliki relevansi langsung dengan proses pembakaran dan pembentukan produk, keselamatan kebakaran *engineer* biasanya melewati kompleksitas ini dengan mengandalkan hasil tes skala kecil untuk menyediakan data yang relatif sederhana yang dapat digunakan dalam penilaian bahaya kebakaran dari bahan tertentu.

### **2.3. Sekam Padi**

Sekam padi merupakan sisa dari proses penggilingan padi. Sekam padi juga bagian terluar yang keras dari butir padi yang terdiri dari atas lapisan *lemma* dan *pellea*. Sifat kekerasan pada sekam pada ini disebabkan oleh tingginya kandungan silika. Sekam dikategorikan sebagai biomassa yang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan seperti bahan baku industri, pakan ternak dan energi atau bahan bakar.

Sekam padi mengandung serat-serat organik seperti selulosa, lignin, hemiselulosa, dan silika yang merupakan komponen utama abu. Sekam padi merupakan produk samping yang melimpah dari hasil penggilingan padi, dan selama ini hanya digunakan sebagai bahan bakar untuk pembakaran batu merah, pembakaran untuk memasak, dijadikan pupuk atau dibuang begitu saja.

Dari hasil penelitian sebelumnya telah dilaporkan bahwa sekitar 20% dari berat padi adalah sekam padi, dan bervariasi dari 13 sampai 29% dari komposisi

sekam adalah abu sekam yang selalu dihasilkan setiap kali sekam dibakar (Hara, 1996; Krishnarao, *et al.*, 2000; Putro, dkk 2007).

Selama ini silika diperoleh dari penambangan pasir silika di alam, dari hasil penelitian diketahui bahwa abu sekam padi apabila dibakar secara terkontrol pada suhu tinggi (500-600°C) akan menghasilkan abu silika yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai proses kimia. Nilai paling umum kandungan silika (SiO<sub>2</sub>) dalam abu sekam padi adalah 94 – 96%. Abu sekam padi merupakan suatu material yang memiliki kandungan silika yang cukup tinggi sekitar 90 – 98% setelah pembakaran sempurna. Sekam padi memiliki kandungan organik jaringan serat-serat selulosa tertinggi sebesar 34,34%-43,80%. Sementara kandungan sekam padi yang dapat digunakan untuk berbagai proses kimia adalah abu. Berdasarkan *proximate analysis*, kandungan abu pada sekam padi sekitar 13,16-29,04% berat kering. Sekam padi memiliki beberapa komponen kimia yang dicantumkan pada tabel 2.1. (Suka *et al.*, 2008).

**Tabel 2.1. Komposisi Kimia Sekam Padi (% berat)**

<b>Komponen</b>	<b>% Berat</b>
Kadar Air	32,40 – 11,35
Protein	1,70 – 7,26
Lemak	0,38 – 2,98
Nitrogen Bebas	24,70 – 38,79
Serat	31,37 – 49,92
Abu	13,16 – 29,04
Pentosa	16,94 – 21,95
Selulosa	34,34 – 43,80
Lignin	21,40 – 46,97

Sumber: Suka *et al.*, 2008

Ditinjau dari komposisi kimiawinya, abu sekam padi juga mengandung beberapa unsur penting sebagai yang tercantum pada Tabel 2.2. (Kalapathy *et al.*, 2000).

**Tabel 2.2. Komposisi Abu Sekam Padi**

<b>Komponen</b>	<b>% Berat</b>
Silika	86,90 – 97,30
Kalium	0,58 – 2,50
Natrium	0,00 – 1,75
Kalsium	0,20 – 1,50
Magnesium	0,12 – 1,96
Besi	0,00 – 0,54
Mangan	0,20 – 2,84

Sumber: Kalapathy *et al.*, 2000

Abu sekam padi apabila dibakar secara terkontrol pada suhu tinggi (500-600°C) akan menghasilkan abu silika yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai proses kimia. Sekam dapat dimanfaatkan sebagai biomassa yang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan seperti bahan baku industri, pakan ternak, dan energi atau bahan bakar ataupun sebagai adsorpsi pada logam-logam berat. Silika juga dapat menahan panas, maka dari itu peneliti ingin melakukan penelitian terhadap silika untuk laju rambat api.

#### **2.4. Silika**

Silika adalah senyawa kimia dengan rumus molekul  $\text{SiO}_2$  (*silicon dioxida*) yang dapat diperoleh dari silika mineral, nabati dan sintesis kristal. Silika mineral adalah senyawa yang banyak ditemui dalam mineral seperti pasir kuarsa, granit, dan *fledsfar* yang mengandung kristal-kristal silika (Della *et al.*, 2002). Selain

terbentuk secara alami, silika dengan struktur kristal *tridimit* dapat diperoleh dengan cara memanaskan pasir kuarsa pada suhu 870°C silika juga dapat dibentuk dengan mereaksikan silikon dengan oksigen atau udara pada suhu tinggi (Iler, 1979).

Karakteristik silika *amorph* diperlihatkan dalam Tabel berikut:

**Tabel 2.3. Karakteristik *Amorph* Silika**

Nama lain	Silikon dioksida
Rumus molekul	SiO <sup>2</sup>
Massa jenis (g/cm <sup>3</sup> )	2,6
Bentuk	Padat
Titik cair (°C)	1610
Titik didih (°C)	2230
Kekuatan tarik (MPa)	110
Modulus elastisitas (GPa)	70-75
Resistivitas (Ωm)	>10 <sup>14</sup>
Kekerasan (kg/mm <sup>2</sup> )	650
Koordinasi geometri	tetrahedral
Struktur Kristal	Kristobalit, tridimit, kuarsa

Sumber: Surdia dkk, 2000

Silika nabati dapat ditemui pada sekam padi (Dahlia dkk, 2013). Silika nabati yang umumnya digunakan saat ini adalah silika sekam padi (Siriluk and Yuttapong, 2005). Dalam mendapatkan silika dari sekam padi dapat dilakukan menggunakan metode ekstraksi alkalis (Kalaphaty *et al*, 2000; Ginting dkk, 2008) dan metode pengabuan (Haslinawati *et al*, 2011). Silika yang diperoleh melalui metode ekstraksi alkalis adalah berupa larutan sol dimana silika pada fase larutan adalah fase *amorph* atau mudah reaktif. Sedangkan pada metode pengabuan, sekam padi dibakar pada suhu di atas 200°C selama 1 jam untuk mendapatkan arang sekam padi yang berwarna hitam (Haslinawati *et al*, 2011)

## 2.5. Ekstraksi Silika Sekam Padi

Proses ekstraksi silika dapat dilakukan dengan dua tahap yaitu proses pengabuan dan proses alkalis. Metode ekstraksi silika sekam padi yang didasarkan pada kelarutan silika amorf yang besar dalam larutan alkalis seperti KOH atau NaOH (Yalcin dan Sevinc, 2000), dan NH<sub>4</sub>OH (Della dan Hosta, 2005), serta pengendapan silika terlarut menggunakan asam seperti H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan HCl. Metode ini dikenal dengan metode sol-gel. Menurut Brinker dan Scherer (1990) proses sintesis silika gel dengan menggunakan bahan natrium silikat melalui empat tahap yaitu:

1. Pembentukan natrium silikat yang mereaksikan abu sekam padi dengan alkali yang mengandung natrium melalui proses peleburan pada suhu tinggi (diatas titik lebur alkali).
2. Reaksi pembentukan hidrosol dari hasil reaksi natrium silikat dengan asam.
3. Reaksi pembentukan silika hidrosol dan pemanasan hidrosil silika gel menjadi silika gel kering (*serogel*).

Pembentukan silika dari ekstraksi silika abu sekam padi menggunakan pelarut NaOH akan menghasilkan reaksi silika gel:



Silika berbentuk gel memiliki rumus kimia secara umum SiO<sub>2</sub> x H<sub>2</sub>O, dimana struktur satuan silika mengandung kation Si<sup>4+</sup> yang berikatan secara *tetrahedral* dengan *anion* O<sup>2-</sup> sehingga tersusun *tetrahedral* SiO<sub>4</sub> yang tidak beraturan. Ikatan *tetrahedral* berasal dari ikatan ionik dan kovalen (Vlack, 1992).

Silika sekam padi bila dilakukan analisis karakteristik termal dan kehilangan massa menghasilkan puncak-puncak seperti pada tabel 2.4 Yang dilakukan Sembiring dan Karo Karo (2007) menunjukkan terjadinya suatu reaksi.

**Tabel 2.4. Hasil Analisis Perubahan Termal pada Silika Sekam Padi Tanpa Sintering dan Setelah Sintering (suhu 750°C dan 1050°C)**

Suhu Sintering	Puncak suhu (°C)	
	Endotermal	Eksotermal
Tanpa sintering	123 dan 652	170, 311, dan 1031
750	85 dan 662	179 dan 1074
1050	100 dan 657	192, 256, 776, dan 1065

Sumber: Sembiring dan Karo Karo, 2007

Pada puncak pertama endotermik suhu 123°C, 85°C dan 100°C merupakan tanda adanya proses penguapan dan terjadi interaksi air dengan silika yang membentuk senyawa volatil penghasil ikatan Si-OH atau silanol, diikuti deformasi ikatan Si-O-Si dan interaksi antara ikatan Si-O dengan logam. Pada suhu 750°C lebih mudah mengalami pelepasan dibandingkan dengan sampel yang tanpa sintering. Sedangkan suhu 1050°C terjadi pembentukan kristal yang disebut juga proses kristalisasi (Sembiring dan Karo Karo, 2007),

## 2.6. Pengertian dan Mekanisme Perilaku Bahan Penghambat Api

Bahan penghambat api adalah senyawa kimia yang diberikan kepada suatu bahan melalui perlakuan (*treatment*) tertentu, sehingga bahan tersebut meningkat daya tahannya terhadap api. R. Friedman menyatakan bahwa bahan penghambat api adalah bahan kimia yang dapat mengubah sifat terbakarnya suatu bahan, bila diterapkan pada suatu bahan, maka bahan tersebut menjadi lebih lama tersulut (*ignited*), dan bila tersulut bahan akan terbakar secara perlahan, dibandingkan dengan bahan yang tidak diberi perlakuan bahan penghambat api. Pendapat Lyons

bahan penghambat api adalah bahan yang mampu menurunkan sifat kemampuan menyala, membuat lambat terbakar dan tidak menyebarkan api secara cepat. Beberapa jenis bahan penghambat api mampu menahan nyala lanjut dari dari terbakarnya kayu. Tetapi perlu diingat bahwa tidak satupun bahan penghambat api dapat mencegah pembakaran (*combustion*), terutama bila dihadapkan pada pancaran panas radiasi atau pada kondisi dimana konsentrasi oksigen cukup tinggi.

Dalam mekanisme proses menghambat api, terdapat sedikitnya empat pola, yaitu sebagai berikut:

- 1 Bahan penghambat api membentuk pengarangan dan mengurangi pembentukan gas-gas mudah menyala (*flammable*), misalnya bahan yang mengandung karbon, hidrogen dan oksigen, terurai membentuk arang dan uap air serta gas mudah menyala, seperti CO, H<sub>2</sub> dan gas-gas hidrokarbon. Bahan penghambat api yang efektif akan membentuk lebih banyak arang dan uap air.
- 2 Bahan penghambat api melepas gas-gas yang memperlambat atau memadamkan reaksi-reaksi pembakaran melalui pengenceran (*dilution*) dan pendinginan, kemudian menghentikan secara kimia berlangsungnya reaksi rantai. Perilaku semacam ini umumnya ditunjukkan oleh bahan penghambat api dari jenis halogen. Selanjutnya bahan penghambat api terurai secara endotermis, serta menyerap kalor yang tanpa kehadiran bahan penghambat api bisa merusak bahan dasarnya, misalnya hidrasi alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.3H<sub>2</sub>O) atau kapur padam (CaCO<sub>3</sub>) yang dapat dicampur dengan plastik. Bila dipanasi, akan terurai dengan menyerap kalor dan melepas H<sub>2</sub>O atau CO<sub>2</sub> yang akan mendinginkan nyala api.



Kemudian bahan penghambat api membentuk suatu lapisan diatas permukaan bahan, seperti lapisan kaca atau busa yang pada batas-batas tertentu mampu mengisolasi permukaan bawah terhadap nyala api dari atas.

Bahan penghambat api sering digunakan sebagai bahan *additive* (tambahan) pada bahan bangunan organik sintetik maupun organik alami dengan maksud meningkatkan kekuatannya termasuk tahan terhadap api.

## **2.7. Analisis Karakterisasi Ekstrasi Silika Sekam Padi**

### **2.7.1. Scanning Eletron Microscope (SEM)**

SEM (*Scanning Electron Microscope*) adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. Pada sebuah mikroskop elektron (SEM) terdapat beberapa peralatan utama antara lain:

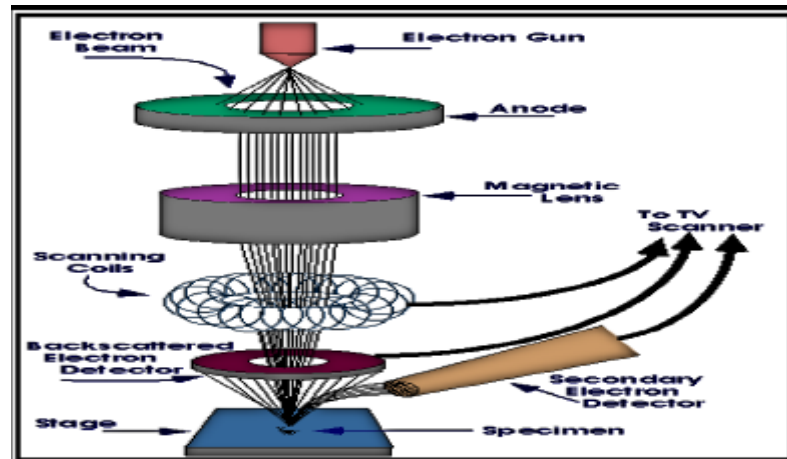
1. Pistol elektron, biasanya berupa filamen yang terbuat dari unsur yang mudah melepas elektron misal tungsten.
2. Lensa untuk elektron, berupa lensa magnetis karena elektron yang bermuatan negatif dapat dibelokkan oleh medan magnet.
3. Sistem vakum, karena elektron sangat kecil dan ringan maka jika ada molekul udara yang lain elektron yang berjalan menuju sasaran akan terpengaruh oleh tumbukan sebelum mengenai sasaran sehingga menghilangkan molekul udara menjadi sangat penting.

Prinsip kerja dari SEM adalah sebagai berikut:

1. Sebuah pistol elektron memproduksi sinar elektron dan dipercepat dengan anoda.
2. Lensa magnetik memfokuskan elektron menuju ke sampel.

3. Sinar elektron yang terfokus memindai (*scan*) keseluruhan sampel dengan diarahkan oleh koil pemindai.
4. Ketika elektron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan diterima oleh detektor dan dikirim ke monitor (CRT).

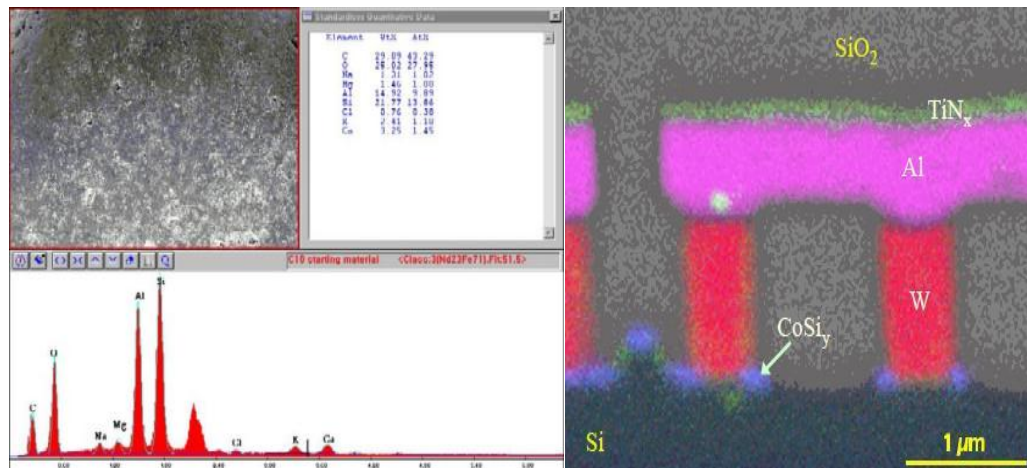
Secara lengkap skema SEM dijelaskan oleh gambar dibawah ini:



**Gambar 2.8. Diagram SEM**

Sumber: iastate.edu

Untuk mengenali jenis atom dipermukaan yang mengandung multi atom para peneliti lebih banyak menggunakan teknik EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*). Sebagian besar alat SEM dilengkapi dengan kemampuan ini, namun tidak semua SEM punya fitur ini. EDS dihasilkan dari Sinar X karakteristik, yaitu dengan menembakkan sinar X pada posisi yang ingin kita ketahui komposisinya. Maka setelah ditembakkan pada posisi yang diinginkan maka akan muncul puncak-puncak tertentu yang mewakili suatu unsur yang terkandung. Dengan EDS kita juga bisa membuat *elemental mapping* (pemetaan elemen) dengan memberikan warna berbeda-beda dari masing-masing elemen di permukaan bahan. EDS bisa digunakan untuk menganalisa secara kuantitatif dari persentase masing-masing elemen. Contoh dari aplikasi EDS digambarkan pada diagram dibawah ini.



**Gambar 2.9. Output Uji SEM dengan Metode EDS**  
 Sumber: Sumber: <http://anita-widynugroho.blogspot.co.id>

Aplikasi dari teknik SEM-EDS dirangkum sebagai berikut:

1. Topografi: Menganalisa permukaan dan *teksture* (kekerasan, reflektivitas dsb)
2. Morfologi: Menganalisa bentuk dan ukuran dari benda sampel
3. Komposisi: Menganalisa komposisi dari permukaan benda secara kuantitatif dan kualitatif.

Sedangkan kelemahan dari teknik SEM antara lain:

1. Memerlukan kondisi vakum
2. Hanya menganalisa permukaan
3. Resolusi lebih rendah dari TEM
4. Sampel harus bahan yang konduktif, jika tidak konduktor maka perlu dilapis logam seperti emas.

### 2.7.2. Analisa Thermal

Analisa termal dapat didefinisikan sebagai pengukuran sifat-sifat fisik dan kimia material sebagai fungsi dari suhu. Pada prakteknya, istilah analisa termal seringkali digunakan untuk sifat-sifat spesifik tertentu. Misalnya entalpi, kapasitas panas, massa dan koefisien ekspansi termal. Pengukuran koefisien ekspansi termal

dari batangan logam merupakan contoh sederhana dari analisa termal. Contoh lainnya adalah pengukuran perubahan berat dari garam-garam oksida dan hidrat pada saat mengalami dekomposisi akibat pemanasan. Dengan menggunakan peralatan modern, sejumlah besar material dapat dipelajari dengan metode ini. Penggunaan analisa termal pada ilmu mengenai zat padat telah demikian luas dan bervariasi, mencakup studi reaksi keadaan padat, dekomposisi termal dan transisi fasa dan penentuan diagram fasa. Kebanyakan padatan bersifat 'aktif secara termal' dan sifat ini menjadi dasar analisa zat padat menggunakan analisa termal

Dua jenis teknik analisa termal yang utama adalah analisa termogravimetri (TGA), yang secara otomatis merekam perubahan berat sampel sebagai fungsi dari suhu maupun waktu, dan analisa diferensial termal (DTA) yang mengukur perbedaan suhu,  $T$ , antara sampel dengan material referen yang *inert* sebagai fungsi dari suhu. Teknik yang berhubungan dengan DTA adalah *differential scanning calorimetry* (DSC). Pada DSC, peralatan didesain untuk memungkinkan pengukuran kuantitatif perubahan entalpi yang timbul dalam sampel sebagai fungsi dari suhu maupun waktu. Analisa termal lainnya adalah *dilatometry*, dimana perubahan dari dimensi linier suatu sampel sebagai fungsi suhu direkam. *Dilatometry* telah lama digunakan untuk mengukur koefisien ekspansi termal; baru-baru ini, teknik ini berganti nama menjadi *thermomechanical analysis* (TMA), dan telah banyak diaplikasikan pada beragam material dan masalah; misalnya kontrol kualitas polimer.

Dengan peralatan analisa termal yang modern dan otomatis, dimungkinkan untuk karakterisasi material dengan TGA, DTA dan DSC menggunakan alat yang sama; dengan beberapa model yang memungkinkan pengukuran TGA dan DTA

secara simultan. Peralatan analisa termal agak rumit dan mahal, karena berbagai peristiwa termal dan sifat-sifat fisik dapat dipelajari secara cepat, sensitif dan akurat. Namun demikian, prinsip dasar operasi peralatan ini sebenarnya cukup sederhana. Dalam penelitian ini, Analisis *thermal* dilakukan dengan analisa TGA dan DSC.

#### **2.7.2.1. Thermalgravimetric Analysis (TGA)**

TGA merupakan instrumen untuk menentukan komposisi material dan memprediksi stabilitas termalnya pada temperatur mencapai 1000°C. teknik ini dapat mengkarakterisasi material yang menunjukkan kehilangan atau penambahan berat akibat dekomposisi, oksidasi, atau dehidrasi. Teknik ini sesuai untuk berbagai macam material padat termasuk material organik maupun ionorganik.

Metode TGA yang banyak diterapkan didasarkan pada pengukuran bobot yang terus menerus terhadap suatu neraca sensitif (disebut neraca panas) ketika suhu sampel dinaikkan dalam udara atau dalam atmosfer yang *inert*. TGA ini dinyatakan sebagai TGA *nonisothermal*. Data dicatat sebagai termogram bobot versus temperatur. Hilangnya bobot bisa timbul dari evaporasi lembab yang tersisa atau pelarut, tetapi pada suhu-suhu yang lebih tinggi terjadi dari terurainya polimer. Selain memberikan informasi mengenai stabilitas panas, TGA bisa dipakai untuk mengkarakterisasi polimer melalui hilangnya suatu entitas yang diketahui (Perkin, 2010).

#### **2.7.2.2. Differential Scanning Calorimetry (DSC)**

DSC (*Differential Scanning Calorimetry*) digunakan untuk mengukur perubahan energi panas yang terjadi pada sampel, yang ditunjukkan dengan adanya perbedaan temperatur antara sampel dengan bahan yang bersifat inert secara termal,

ketika keduanya dipanaskan secara bertahap dengan kecepatan tertentu. Derajat kristalinitas dapat diukur dengan alat ini. Parameter ini sangat berhubungan dengan laju pelepasan panas. DSC merupakan alat yang digunakan untuk mengukur panas yang hilang atau peningkatan panas karena perubahan-perubahan fisika dan kimia dalam suatu sampel karena pengaruh temperatur. Pengukuran dapat kualitatif maupun kuantitatif tentang perubahan fisika dan kimia yang melibatkan proses endotermis dan eksotermis atau perubahan dalam kapasitas panas. Contoh proses endotermis adalah peleburan, pendidihan, sublimasi, penguapan dan peruraian kimia. Sedangkan yang merupakan proses eksotermis adalah kristalisasi dan degradasi. DSC dapat mengukur titik lebur, waktu kristalisasi dan temperatur, presentasi kristalinitas, stabilitas termal, dan kemurnian (Billmeyer, 1984).

*Differential Scanning Calorimetry* (DSC) digunakan untuk mengukur aliran panas di dalam dan di luar bahan. Metode ini pertama kali dikembangkan oleh Le Chatelier pada tahun 1887 (Swrbrick, 2007). Prinsip dasar yang mendasari DSC adalah ketika sampel mengalami perubahan fisik seperti fase transisi, kenaikan panas atau penurunan panas dibutuhkan untuk dialirkan pada sampel dan pembanding untuk mempertahankan keduanya pada suhu yang sama. Kenaikan suhu atau penurunan suhu tergantung pada proses termodinamika yang terjadi (eksotermik dan endotermik), dengan mengamati perbedaan aliran panas antara sampel dan pembanding. DSC mampu mengukur jumlah energi yang diserap atau dilepaskan selama transisi. DSC dapat juga digunakan untuk mengamati fase perubahan yang lebih tersembunyi seperti transisi gelas. DSC digunakan secara luas pada lingkup industri sebagai alat pengendali kualitas produk karena

kemampuannya dalam mengevaluasi kemurnian sampel dan untuk meneliti polimer yang digunakan pada pengobatan (Dean, 1995).

Teknik ini menggunakan dua metode pengukuran. Metode pertama disebut *heat flux* DSC, alat ini mengukur temperatur berbeda. Melalui kalibrasi, temperatur berbeda ditransformasikan ke dalam aliran panas. Oleh karena itu terdapat faktor panas dengan temperatur yang bervariasi. Metode yang kedua disebut dengan *power compensation* DSC, dua pemanas individu digunakan untuk memonitor laju panas individu dari dua oven individu. Sistem mengendalikan temperatur yang berbeda antara sampel dan baku. Jika terdapat banyak temperatur yang berbeda, panas individu dikoreksi dengan cara temperatur dijaga pada kedua tempat yang sama. Ketika terjadi proses endotermik atau eksotermik, alat menyalurkan energi tambahan untuk menjaga temperatur tetap sama pada kedua tempat (Swarbrick, 2007).

## **2.8. *Flammability Test***

Sebuah alat pengukuran *flammability* yang menggunakan metode TAPPI terdiri dari lemari besi, pemegang, dan pembakar. Contoh pengujian kertas dengan panjang 210mm dan lebar 70mm yang dijepit kedalam pemegang yang diletakkan secara vertikal dan diletakkan dibagian tengah kabinet. Diameter yang digunakan kompor gas atau *bunsen tirrill* sebesar 10mm. Jarak antara ujung tabung dan tepi bawah kompor dengan sampel yang diletakkan secara vertikal disesuaikan dengan jarak 19mm , dan tinggi api disesuaikan 40mm. waktu yang digunakan untuk melakukan pembakaran adalah 12 s, hasil yang tercatat pada pengujian ini berupa lama waktu pembakaran dan sisa material yang dibakar pada setiap detiknya.

Hasil pengujian kertas biasa dan kertas dengan *fire retardant* terdapat perbedaan. Jika kertas mendapat perlakuan penambahan *fire retardant* tingkat pembakaran yang dihasilkan berbeda tergantung pada efisiensi penambahan. Ketika 13 *wallpaper* tahan api komersial yang berbeda diuji menurut metode TAPPI, nilai rata-rata 10 point dari panjang arang bervariasi yaitu 52-104mm. umumnya jika panjang arang melebihi 120mm, sangat mungkin bahwa sampel akan terbakar sempurna. Dalam pengujian *flammability test* disarankan untuk melakukan pengujian pada sampel tanpa *fire retardant* sebagai bahan untuk pembandingan dengan hasil yang didapatkan dari pengujian sampel dengan *fire retardant*.



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium *Fire Material* dan *Safety Engineering* Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta yang terletak di Jalan Rawamangun Muka, Jakarta Timur. Penelitian ini dilaksanakan pada Maret-Desember 2016.

#### **3.2 Alat dan Bahan Penelitian**

##### **3.2.1 Alat Penelitian**

1. *Beaker Glass* 500 cc

Beaker glass atau gelas kimia adalah sebuah wadah berbentuk silinder dengan dasar yang rata dan pada mulutnya terdapat moncong atau paruh kecil yang berfungsi sebagai corong untuk menuangkan cairan. Gelas kimia ini digunakan untuk mengaduk, mencampur, dan memanaskan cairan.

2. Gelas Ukur Plastik 1 L

Fungsi gelas ukur adalah menghitung larutan kimia dalam jumlah tertentu. Alat ini mempunyai skala, tersedia bermacam-macam ukuran. Skala yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1 L. Alat ini tidak dianjurkan untuk mengukur larutan/pelarut dalam kondisi panas.

3. Corong Kaca

Corong kaca berfungsi untuk membantu memindahkan larutan dari wadah yang satu ke wadah yang lainnya terutama yang bermulut kecil.

4. Termometer raksa

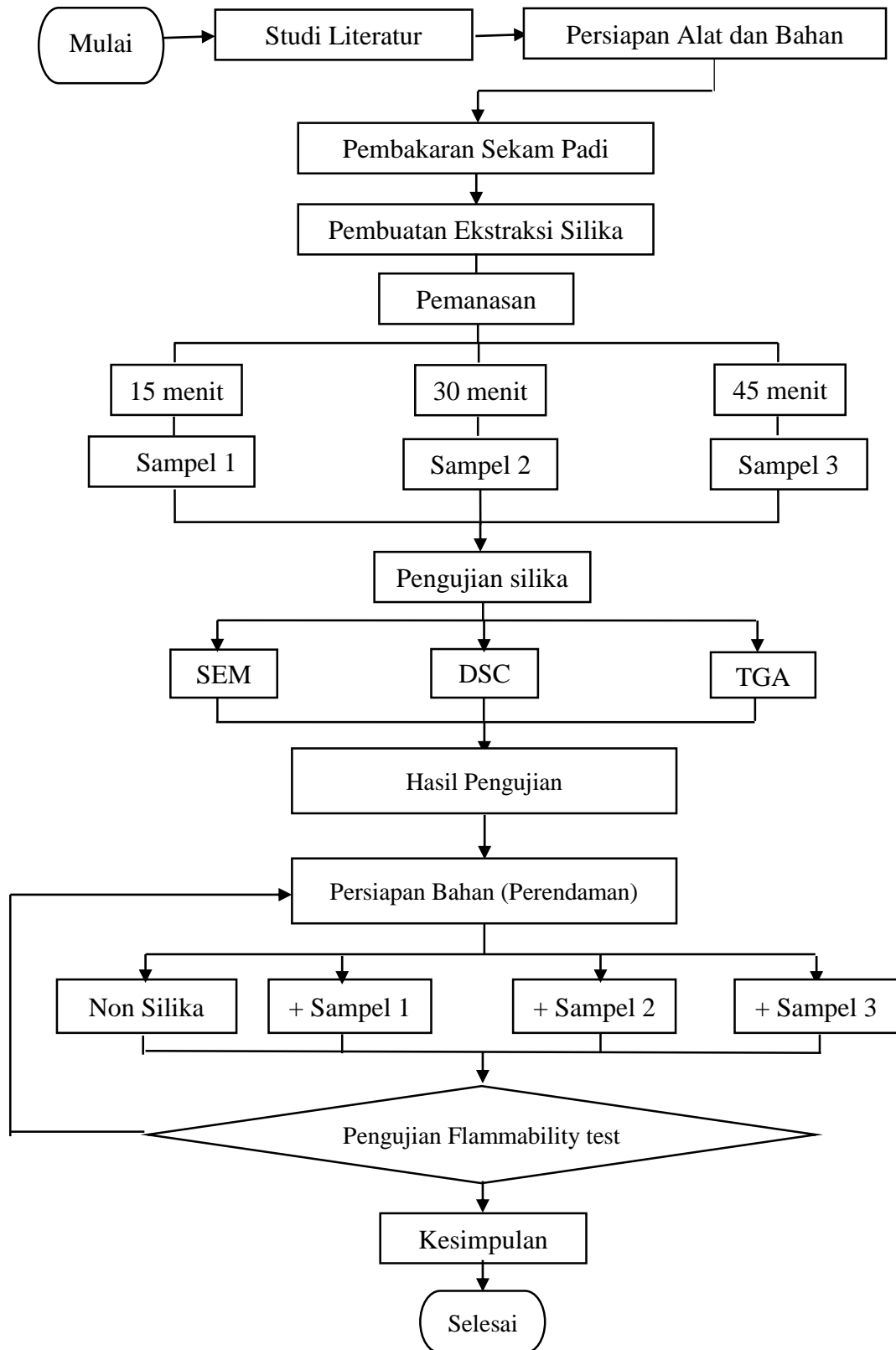
5. Timbangan Digital
6. Ph Meter
7. SEM (*Scanning Electron Microscope*)
8. DSC (*Differential Scanning DSC*)
9. TGA (*Thermo Gravimetric Analyzer*)
10. *Flammability Test*

### **3.2.2 Bahan Penelitian**

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kertas saring *wathman* No.41
2. Sekam padi
3. Larutan KOH 0.5 M
4. *Aquadestilata*
5. Larutan HCL
6. Kertas Karton

### 3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

### 3.4 Prosedur Penelitian

#### 3.4.1 Pembuatan Ekstraksi Silika

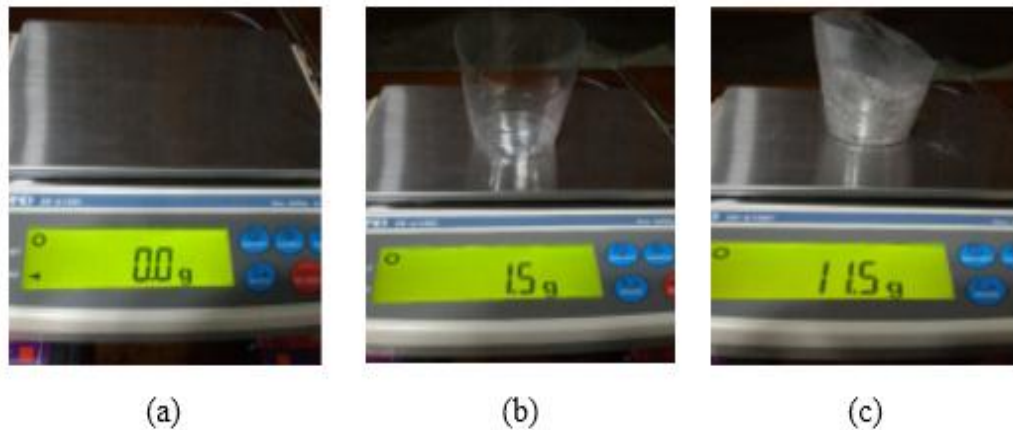
Pembuatan ekstraksi silika dari sekam padi lakukan untuk mendapatkan sampel yang memiliki kandungan silika. Langkah-langkah pembuatan ekstraksi silika adalah sebagai berikut:

1. Sekam padi yang telah disiapkan dibakar hingga menjadi abu berwarna putih.



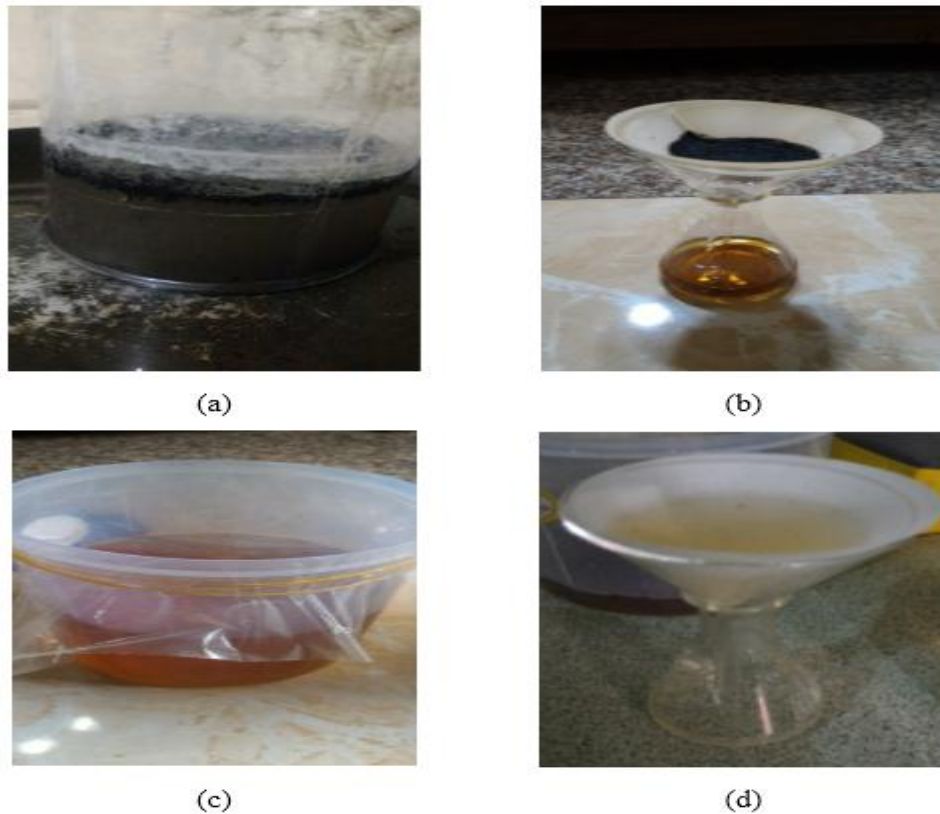
**Gambar 3.2. Proses Pembakaran Sekam Padi (a) Sekam padi; (b) Sekam padi di bakar; dan (c) abu sekam padi**

2. Abu sekam yang diperoleh digerus kemudian diayak dengan ayakan sehingga didapat ukuran yang homogen.
3. Hasil gerusan abu sekam padi ditimbang masing-masing 10 gram sampel.



**Gambar 3.3. Proses Penimbangan Abu Sekam Padi (a) timbangan; (b) penimbangan wadah; dan (c) penimbahan abu sekam padi dan wadah**

4. Sekam padi dimasukkan ke dalam alat *beaker glass* kemudian ditambah KOH 0.5 M dan dipanaskan dengan suhu 85°C dengan waktu yang berbeda-beda yaitu 15 menit, 30 menit, dan 45 menit. KOH berfungsi memisahkan kandungan silika dengan senyawa lainnya pada sekam padi.
5. Campuran abu dan KOH yang telah dipanaskan disaring menggunakan kertas saring *whatman 41* sehingga dihasilkan *filtrat* dan *residu*.
6. Hasil penyaringan yang berupa *residu* kemudian dipanaskan kembali dengan dicampurkan KOH 0.5 M, dan disaring kembali sehingga didapatkan *filtrat*.
7. Semua *filtrat* yang telah didapatkan dimasukkan kedalam *beaker glass* dan ditambahkan HCl sedikit demi sedikit sampai pH 7. Pelarutan ini berfungsi untuk menghilangkan zat-zat pengotor. Pengukuran PH menggunakan pH meter.



**Gambar 3.4. Proses Ekstraksi Silika (a) Proses pemanasan abu sekam padi dengan larutan KOH; (b) Penyaringan *filtrat*; (c) Proses pencampuran filtrat dengan HCL; dan (d) Penyaringan silika**

8. Hasil larutan tersebut didiamkan selama 30 jam dengan menutup mulut *beaker glass* dengan menggunakan plastik dan karet, bertujuan untuk menghasilkan gel.
9. Setelah didiamkan akan terbentuk endapan yang kemudian disaring dengan kertas *whatman* 41 sehingga dihasilkan silika yang berupa gel.

Hasil dari pembuatan sampel ekstraksi silika dari sekam padi berupa 3 sampel silika gel seperti yang terdapat pada tabel 3.1.

**Tabel 3.1. Sampel Ekstraksi Silika dari Sekam Padi**

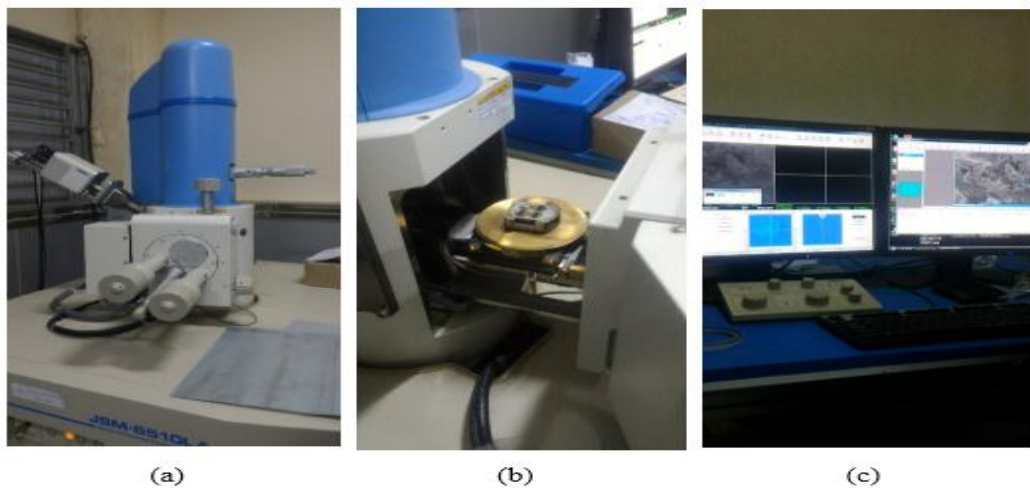
No. Sampel	Bentuk Sampel	Waktu Pemanasan dengan KOH
1.	Silika Gel	15 menit
2.	Silika Gel	30 menit
3.	Silika Gel	45 menit

### 3.4.2 Karakteristik Sampel Silika

Karakteristik yang dilakukan pada penelitian ini adalah uji SEM, uji TGA dan uji DSC sampel 1, 2, dan 3.

#### 3.4.2.1. SEM

SEM adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambarkan bentuk permukaan material yang dianalisis. Dalam penelitian ini pengujian SEM dilakukan dengan metode EDS guna untuk melihat kadar silika yang terkandung dalam sampel yang akan diteliti.



**Gambar 3.5. Proses Pengujian Silika dengan SEM; (a) alat uji SEM; (b) persiapan bahan untuk di uji SEM; dan (c) Hasil output SEM**

#### 3.4.2.2. TGA

Analisis TGA merupakan penentuan kualitatif perubahan berat sampel dengan perubahan temperatur. Kurva termogram merupakan karakteristik dari senyawa atau material karena adanya transisi fisika dan reaksi kimia yang terjadi selama adanya perubahan temperatur. Perubahan berat merupakan hasil dari pembentukan dan pemutusan ikatan fisika dan kimia. Proses ini mungkin menghasilkan produk *volatil* atau pembentukan produk reaksi dimana terjadi perubahan berat sampel.



**Gambar 3.6. Proses Pengujian TGA**

#### **3.4.2.3. DSC**

DSC digunakan untuk mengukur panas yang dilepas atau diserap selama transisi sampel akibat perlakuan temperatur. Dalam penelitian ini DSC digunakan untuk mengetahui titik leleh sampel yang di uji.



**Gambar 3.7. Proses Pengujian DSC**

#### **3.4.3 Pembuatan Sampel Karton**

Kertas yang digunakan untuk pengujian *flammability test* adalah kertas karton dengan ukuran panjang 210 mm dan lebar 70 mm. Karton yang telah diukur direndam kedalam sampel silika gel (sampel 1, sampel 2, dan sampel 3) dengan



waktu perendaman selama 15 menit, 30 menit, dan 45 menit. Kemudian karton dikeringkan hingga mengering.

**Tabel 3.2. Sampel Karton yang Diuji dengan *Flammability Test***

Sampel Silika Gel	Waktu Perendaman (menit)	No. Sampel Karton
Tanpa silika	0	0
Sampel 1	15	1.1
	30	1.2
	45	1.3
Sampel 2	15	2.1
	30	2.2
	45	2.3
Sampel 3	15	3.1
	30	3.2
	45	3.3



(a)



(b)

**Gambar 3.8. Proses Pembuatan Sampel Karton (a) karton yang telah diukur dan sampel silika gel, (b) karton direndam dengan silika gel, dan**

#### 3.4.4 Uji *Paper Flammability Test*

Pengujian flamabilitas dilakukan untuk mengetahui karakteristik pembakaran pada sampel-sampel kertas yang telah disiapkan. Teknik pengujian ini dilakukan dengan menggunakan metode TAPPI, dengan sampel yang akan diuji secara vertikal/ sampel dimasukkan dalam pemegang yang diletakkan secara vertikal yang terhubung dengan timbangan dengan jarak ujung karton dengan kompor pembakaran sejauh 19 mm. waktu pengujian masing-masing sampel karton dilakukan selama 12 sekon. Jumlah sampel karton yang diuji pada setiap sampel

sebanyak 3 (tiga) sampel. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan data yang valid. Dari ketiganya akan diambil hasil yang paling baik.



**Gamabr 3.9. Proses Pengujian *Paper Flammability Test***

## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Deskripsi Hasil Penelitian

Sekam padi merupakan sisa hasil limbah dari proses penggilingan padi. Dari hasil penelitian sebelumnya diketahui bahwa sekitar 20% dari berat padi adalah sekam padi. Selama ini sebagian besar limbah sekam padi hanya dimanfaatkan sebagai pakan ternak dan pupuk yang hanya memiliki nilai ekonomis yang rendah. Hal ini disebabkan karena potensi yang dimiliki sekam padi belum banyak digali. Salah satu potensi yang dapat dikembangkan dari sekam padi adalah silikanya. Karena jumlah limbah sekam padi yang melimpah, silika sekam padi dapat diperoleh dengan sangat mudah dan biaya yang relatif murah yakni dengan cara ekstraksi alkalis.



**Gambar 4.1. Pemanfaat Sekam Padi, (a) sebagai pupuk; (b) sebagai pakan ternak**

Dalam penelitian ini dilakukan serangkaian percobaan ekstraksi silika dari limbah sekam padi dengan tujuan mendapatkan karakteristik silika terbaik berdasarkan pembuatan ekstraksi silika dengan penerapan variabel waktu pemanasan yang bervariasi. Dalam pembuatan sampel silika, diambil sebanyak 10

gram abu sekam padi yang kemudian direndam dengan larutan KOH dengan konsentrasi 0,5 M. Campuran tersebut dipanaskan dengan waktu 15 menit, 30 menit, dan 45 menit. Hasil dari pembuatan sampel ekstraksi dengan variabel waktu pemanasan dapat dilihat pada gambar 4.2. dibawah.



**Gambar 4.2. Hasil Sampel Silika Gel**

Ketiga sampel silika tersebut kemudian akan dijadikan sebagai bahan untuk merendam sampel karton yang akan diuji dengan menggunakan flammability test. Sampel karton diperoleh dengan penerapan variabel sampel silika, dan lama waktu perendaman karton dengan gel silika. Terdapat tiga sampel silika yang digunakan sebagai bahan perendam karton yaitu silika dalam bentuk gel yang telah didapatkan dari proses ekstraksi yang telah dijelaskan sebelumnya. Sedangkan waktu perendaman karton dengan menggunakan sampel silika bervariasi yaitu selama 15 menit, 30 menit dan 45 menit. Hasil dari pembuatan sampel karton tersebut dapat dilihat pada gambar 4.3. berikut.



**Gambar 4.3. Hasil Sampel Karton**

## **4.2. Analisis Data Penelitian**

Data Penelitian didapatkan dari serangkaian pengujian, dimana pengujian tersebut terdiri dari dua tahap. Tahap pertama adalah pengujian terhadap karakteristik silika yang telah diekstraksi dari abu sekam padi. dan kemudian dilanjutkan dengan pengujian tahap kedua yaitu pengujian laju rambat api terhadap sampel karton.

### **4.2.1. Analisis Karakteristik Silika dari Sekam Padi**

Pengujian karakteristik silika sendiri terdiri dari beberapa pengujian, yaitu pengujian dengan menggunakan SEM, TGA dan DSC. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa pengujian pada tahap ini akan dilakukan pada tiga sampel silika yang berbentuk gel. Perbedaan dari ketiga sampel tersebut terletak pada waktu pemanasan yang dilakukan saat ekstraksi silika. Fokus pengujian pada tahap ini adalah untuk mempelajari pengaruh waktu ekstraksi terhadap sampel yang dihasilkan.

#### **4.2.1.1. Analisis SEM**

Untuk mengetahui komposisi unsur-unsur yang terkandung pada sampel silika yang telah diekstraksi maka dilakukan pengambilan data EDS yang didapatkan dari pengujian dengan SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Data yang diperoleh menunjukkan beberapa unsur dari sampel silika. Setelah

dibandingkan terdapat kesamaan unsur yang dimiliki dari ketiga sampel, dimana ketiga sampel terdiri dari unsur Si, C, O, Cl, dan K. Meskipun unsur-unsur yang dimiliki ketiga sampel terdapat kesamaan tetapi kadar dari masing-masing unsurnya berbeda. Berikut ini disajikan tabel perbandingan kadar silika sampel dari hasil pengujian SEM:

**Tabel 4.1. Perbandingan Waktu Pemanasan terhadap Kadar Silika**

<b>Waktu (menit)</b>	<b>Si (%)</b>	<b>C (%)</b>	<b>O (%)</b>	<b>Cl (%)</b>	<b>K (%)</b>
15	17,20	18,69	33,19	16,64	14,29
30	12,52	21,27	28,09	20,88	17,23
45	11,02	29,34	40,51	9,07	10,05

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa massa unsur silika yang terdapat pada sampel silika yang dipanaskan selama 15 menit adalah sebanyak 17,20%. Namun ketika waktu pemanasan ditambah menjadi 30 menit ternyata massa unsur silikanya menjadi lebih sedikit yaitu sebesar 12,52%. Dari dua hasil sampel tersebut terdapat indikasi adanya penurunan massa silika yang dihasilkan ketika waktu pemanasan ekstraksi ditambah. Untuk meyakinkan indikasi tersebut maka dilihat hasil pengujian dari sampel yang dipanaskan selama 45 menit, dan ternyata hasil menunjukkan adanya penurunan. Massa silika yang didapatkan pada sampel ini yaitu sebesar 11,02%. Perlakuan dengan waktu ekstraksi yang lebih lama ternyata didapatkan larutan dengan hasil filtrat yang lebih sedikit dan pengasaman filtrat tersebut hanya menghasilkan silika yang sangat sedikit. Hasil ini mengindikasikan bahwa waktu ekstraksi yang terlalu lama mengakibatkan sebagian besar silika yang sudah terlarut sebelumnya terserap kembali oleh sekam, sehingga tidak terikut dalam filtrat.

#### 4.2.1.2. Analisis TGA

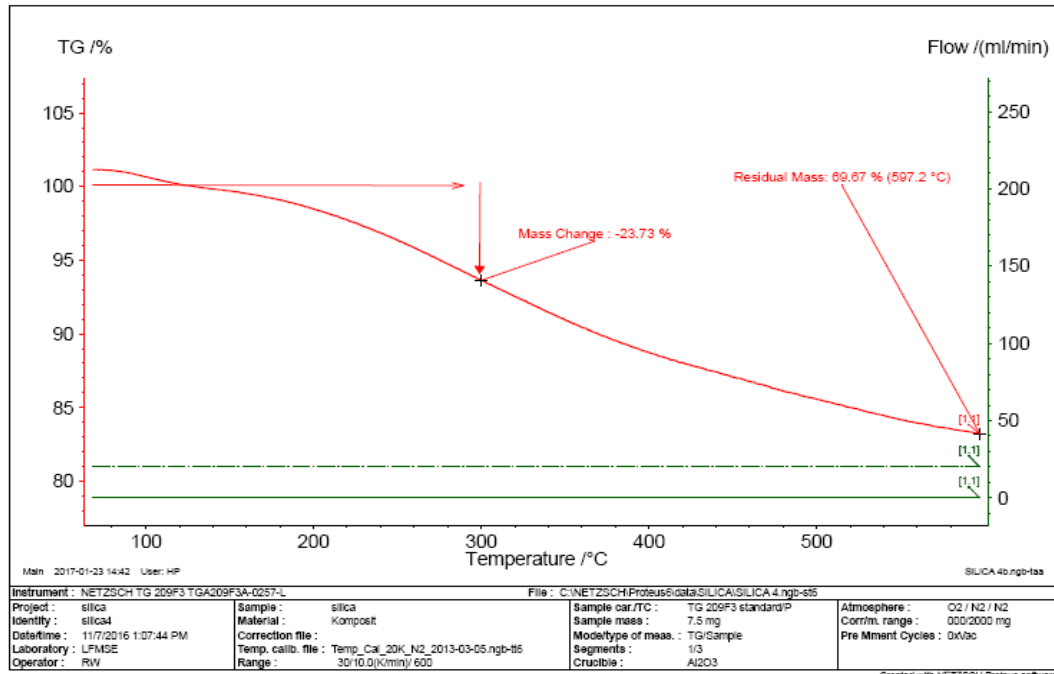
Analisis termal merupakan teknik untuk mengukur sifat fisis suatu bahan dan atau hasil-hasil reaksi yang diukur sebagai fungsi temperatur. Karakteristik termal memegang peranan penting terhadap sifat suatu bahan karena berkaitan erat dengan struktur dalam bahan itu sendiri. Bahan bila dipanaskan akan terjadi perubahan struktur yang mengakibatkan adanya perubahan dalam kapasitas panas atau energi termal bahan tersebut. Dalam penelitian menggunakan TGA pada ketiga sampel silika didapatkan perubahan massa yang berbeda-beda. Perbandingan perubahan massa sampel dari hasil pengujian *Thermogravimetric Analysis* (TGA) dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.2. Perbandingan Waktu Pemanasan terhadap Perubahan Massa**

<b>Waktu (menit)</b>	<b><i>Mass Change</i> di temperatur 300°C (%)</b>	<b><i>Residual Mass</i> (%)</b>
15	23,37	83,24
30	31,09	63,21
45	34,48	58,86

Pemanasan dengan gas nitrogen dilakukan sejak temperatur awal hingga 300°C. Setelah temperatur mencapai 300°C, pembakaran dilakukan menggunakan gas oksigen. Pembakaran dengan oksigen ini bertujuan untuk melakukan pembakaran secara sempurna sehingga proses akan menghasilkan sisa residu yang tidak dapat terbakar lagi sampai pada temperatur tertentu tertentu. Gambar 4.4 dibawah merupakan grafik TGA dari sampel silika yang dipanaskan selama 15 menit dalam bentuk persen. Massa yang diuji pada sampel 1 sebesar 7,5 mg. Perubahan massa yang dialami sampel pada pemanasan hingga 300°C adalah sebesar 23,73%. Kemudian proses dekomposisi berlanjut hingga temperatur

597,2°C, dan menyisakan massa sebesar 69,67% (5,23 mg) dari massa awal atau telah terjadi perubahan massa total sebanyak 30,33% (2,27 mg).

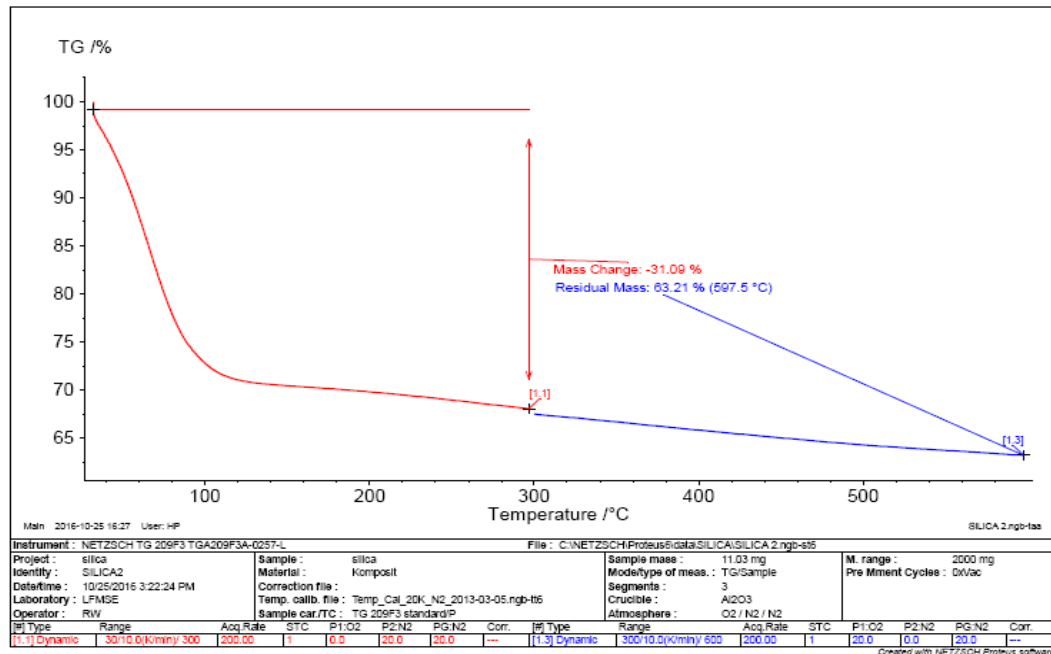


**Gambar 4.4. Kurva TGA Sampel 1**

Massa awal pengujian sampel silika dengan waktu ekstraksi 30 menit adalah sebesar 11,03 mg (gambar 4.5.). Hasil dari pengujian sampel ini hampir memiliki kemiripan dengan hasil pengujian pada sampel sebelumnya, yaitu massa sampel sama-sama terdekomposisi sejak temperatur awal, namun jumlah massa yang terdekomposisi pada sampel silika yang diekstraksi selama 30 menit lebih banyak dibanding dengan silika yang diekstraksi selama 15 menit. Proses pemanasan dengan nitrogen, menyebabkan perubahan massa sebesar 31,09%. Sedangkan proses pembakaran sempurna menyisakan residu sebanyak 63,21% (7,1427 mg) dari massa awal atau telah terjadi pengurangan total sebanyak 36,79% (4,1563 mg) dari massa awal. Proses pembakaran sempurna yang dialami sampel ini berhenti



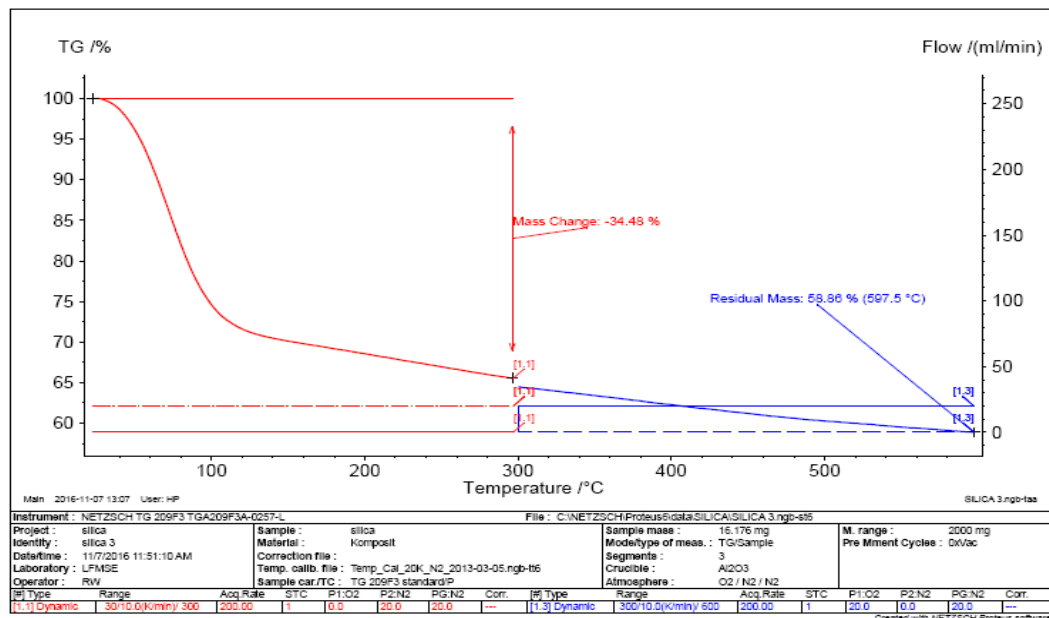
pada temperatur 597,5°C dimana pada temperatur tersebut sampel sudah tidak mengalami dekomposisi.



Gambar 4.5. Kurva TGA Sampel 2

Grafik yang terlihat dibawah adalah hasil pengujian dari sampel silika yang diekstraksi selama 45 menit. Hasil pengujian menunjukkan bentuk grafik yang tidak jauh berbeda dengan grafik pengujian pada sampel lainnya. Pada proses awal pemanasan sampel mengalami dekomposisi yang cukup besar hingga temperatur 300°C. Namun setelah temperatur 300°C perubahan massa yang terjadi semakin mengecil, hal ini ditunjukkan dari bentuk grafik yang sejak awal turun secara tajam (*mass change* sebesar 34,48%) namun perlahan melandai setelah temperatur di atas 300°C (residual mass sebesar 58,86%) dan proses pembakaran berhenti pada temperatur 597,5°C. Jika di total perubahan massa dari pengujian dengan TGA pada silika yang diekstraksi selama 45 menit adalah sebanyak 41,14% dari massa awal sampel.

Gambar 4.6. di bawah menunjukkan pengurangan massa sampel 3 (silika gel dengan pemanasan 45 menit) dalam bentuk persen dengan pengujian *Thermogravimetric Analysis*. Massa yang diuji pada sampel 3 sebesar 16,176 mg. Pemanasan sampel dari temperatur awal hingga 300°C dilakukan dengan menggunakan gas nitrogen dan mengalami perubahan massa sebesar 34,48%. Setelah temperatur 300°C dilakukan pembakaran sempurna dengan oksigen dan menyisakan residu sebesar 58,86% (9,521 mg) dari massa awal atau telah terjadi pengurangan total sebanyak 41,14% (6,655 mg) dari massa awal.



**Gambar 4.6. Kurva TGA Sampel 3**

Sampel silika yang diekstraksi selama 45 menit ternyata mengalami perubahan massa yang paling banyak diantara sampel lainnya. Perubahan massa yang terjadi pada sampel ini terpaut 4,35% lebih banyak dari sampel silika dengan waktu ekstraksi 30 menit dan terpaut 10,81% lebih banyak dari sampel silika dengan waktu ekstraksi 15 menit. Sehingga dapat diketahui bahwa perlakuan waktu yang lebih lama pada proses pemanasan campuran abu sekam padi dengan KOH

mengakibatkan sampel tersebut semakin mudah mengalami dekomposisi (dilihat dari perbandingan jumlah mass change pada masing-masing sampel).

#### 4.2.1.3. Analisis DSC

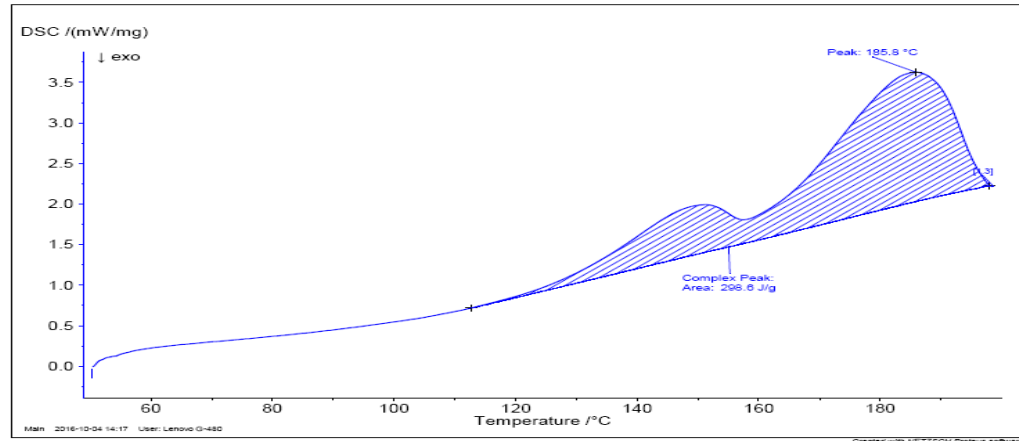
Analisis sifat termal dengan menggunakan alat *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) dilakukan pada sampel silika yang dibuat dengan perlakuan waktu ekstraksi 15 menit, 30 menit dan 45 menit. Kurva DSC dari semua sampel menghasilkan karakteristik yang berbeda yang selanjutnya dibandingkan guna mengetahui temperatur leleh dari masing-masing sampel. Berdasarkan teori yang telah dipelajari penulis, bahwa temperatur leleh didapat dari puncak (*peak*) kurva DSC yang merupakan sebuah reaksi endoterm. Perbandingan titik leleh sampel dari hasil pengujian dengan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) dapat dilihat pada tabel berikut:

**Tabel 4.3. Perbandingan Waktu Pemanasan terhadap Titik Leleh**

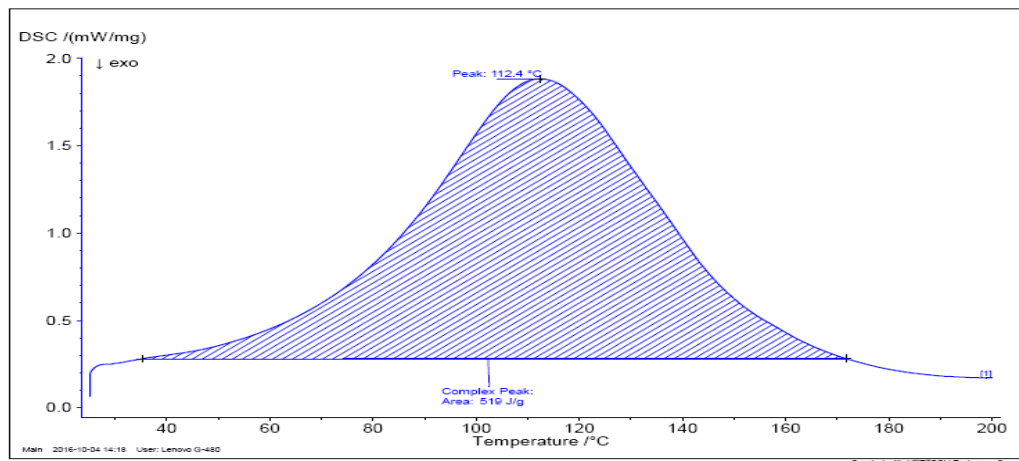
Waktu (menit)	Titik Leleh (°C)
15	185
30	112,4
45	106,2

Termogram DSC dari sampel silika yang diuji dapat dilihat pada Gambar 4.6. Pada kurva 4.7.a. menunjukkan bahwa pada sampel silika yang diekstraksi selama 15 menit memiliki titik leleh sebesar 185°C. Namun ketika pemanasan campuran abu sekam dengan KOH dilakukan lebih lama yaitu menjadi 30 menit, titik leleh yang dimiliki menurun menjadi 112,4°C (Gambar 4.7.b.). Dan ketika waktu pemanasan terus ditambah hingga menjadi 45 menit, penurunan titik leleh tetap terjadi yaitu berada pada temperatur 106,2°C, seperti yang terlihat pada Gambar 4.7.c. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat hubungan yang negatif antara lama waktu ekstraksi dengan titik leleh. Sehingga dapat diketahui, semakin lama waktu

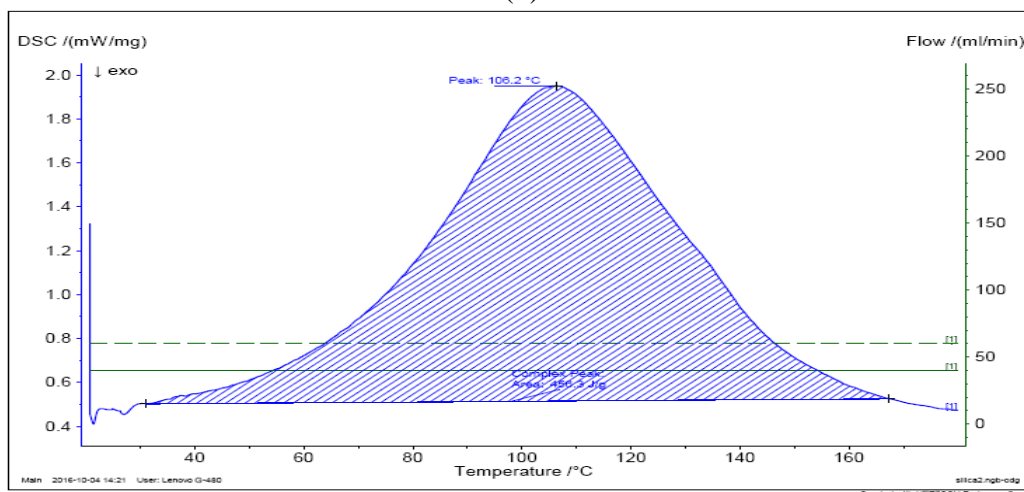
proses ekstraksi maka titik leleh yang dimiliki sampel akan semakin rendah dan sebaliknya.



(a)



(b)



(c)

**Gambar 4.7. Kurva Hasil DSC; (a) sampel 1; (b) sampel 2; (c) sampel 3**

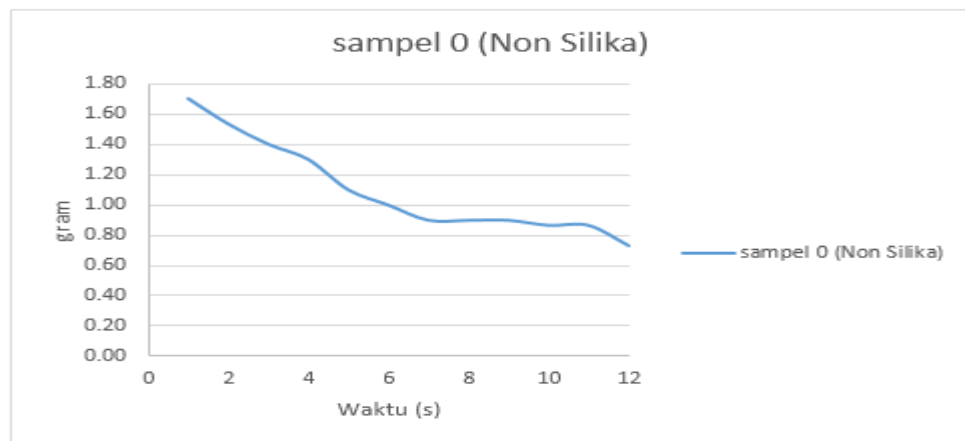
#### 4.2.2. Analisis Laju Rambat Api Karton

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dari suatu bahan yang telah ditambahkan *fire retardant*. Bahan digunakan pada penelitian ini adalah kertas karton, sedangkan ekstraksi silika dari abu sekam padi merupakan *fire retardant*. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya terdapat 10 sampel karton yang diuji menggunakan flammability test, yaitu karton non silika, karton yang direndam dengan sampel silika yang diekstraksi selama 15 menit dengan waktu perendaman selama 15 menit, 30 menit dan 45 menit, karton yang direndam dengan sampel silika yang diekstraksi selama 30 menit dengan waktu perendaman 15 menit, 30 menit dan 45 menit, serta karton yang direndam dengan sampel silika yang diekstraksi selama 45 menit dengan waktu perendaman selama 15 menit, 0 menit, dan 45 menit. Berikut ini adalah perbandingan sisa massa yang terbakar pada sampel karton dari hasil pengujian *Flamability Test*:

**Tabel 4.4. Perbandingan Waktu Pemanasan Sampel Silika terhadap Laju Pembakaran Karton**

		Perendaman Sampel Karton (menit)	Sisa Pembakaran (gram) pada Detik ke-											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pemanasan Sampel Silika (menit)	15	15	2,37	2,27	2,20	2,10	2,00	1,87	1,77	1,63	1,53	1,47	1,43	1,43
		30	2,37	2,27	2,23	2,17	2,07	1,93	1,83	1,73	1,60	1,53	1,50	1,43
		45	2,03	2,03	1,93	1,87	1,77	1,63	1,60	1,53	1,50	1,50	1,50	1,47
	30	15	1,97	1,87	1,87	1,73	1,60	1,40	1,23	1,10	1,07	1,00	0,97	0,97
		30	2,23	2,23	2,20	2,10	2,03	1,80	1,57	1,33	1,20	1,10	1,07	1,03
		45	2,37	2,33	2,30	2,23	2,20	1,97	1,87	1,70	1,53	1,40	1,27	1,17
	45	15	2,00	1,97	1,90	1,80	1,67	1,50	1,37	1,17	1,00	0,90	1,80	0,73
		30	2,23	2,20	2,10	1,97	1,83	1,63	1,47	1,27	1,17	1,07	1,00	0,97
		45	2,50	2,43	2,37	2,23	2,10	1,87	1,63	1,43	1,27	1,10	1,07	1,07
Tanpa Silika			1,70	1,53	1,40	1,30	1,10	1,00	0,90	0,90	0,90	0,87	0,87	0,73

Grafik dibawah menunjukkan laju pembakaran sampel karton tanpa perendaman silika. Pada grafik dapat dilihat bahwa pada detik awal sampai detik ke 7 pembakaran terjadi sangat cepat yaitu menyisakan 0.9 gram dari bobot awal karton, kemudian pada detik 8 hingga 12 bobot berkurang menjadi 0,73 gram, atau laju pembakaran yang terjadi lebih sedikit dibanding detik sebelumnya yaitu sebesar 0,17 gram.

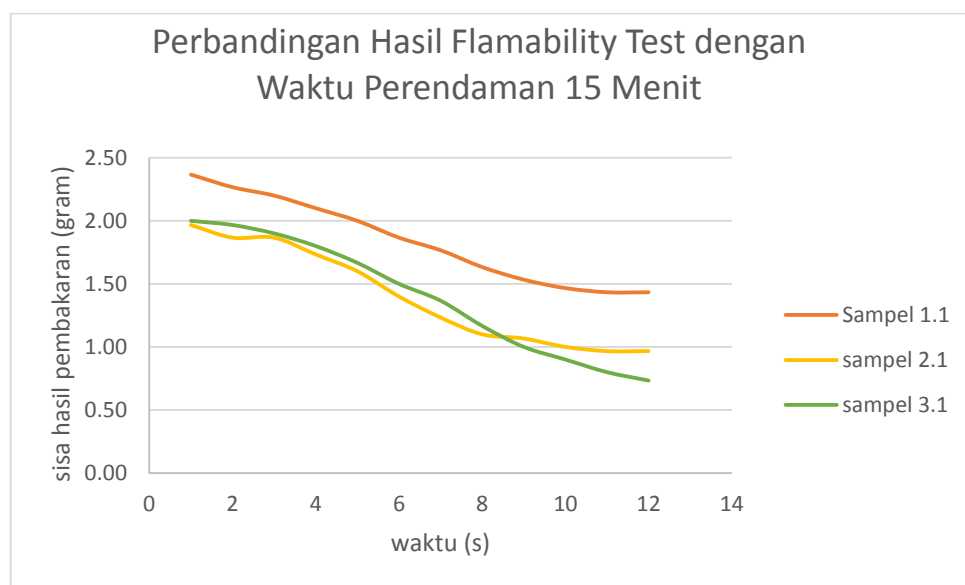


**Gambar 4.8. Kurva Hasil Flamability Test Sampel Karton Non Silika**

Grafik 4.9. dibawah memperlihatkan perbandingan laju pembakaran antara sampel 1.1 (karton yang direndam dengan sampel 1 selama 15 menit), sampel 2.1 (karton yang direndam dengan sampel 2 selama 15 menit), dan sampel 3.1 (karton yang direndam dengan sampel 3 selama 15 menit). Pada grafik dibawah garis berwarna merah menunjukkan laju pembakaran sampel 1.1, garis warna kuning menunjukkan laju pembakaran sampel 2.1 dan garis warna hijau menunjukkan laju pembakaran 3.1.

Pada detik pertama bobot sampel 1.1 berkurang menjadi 2,37 gram, pada detik ke 6 bobot berkurang menjadi 1,87 gram, dan pada detik ke 12 bobot berkurang menjadi 1,43 gram. Jika ditotal maka bobot yang berkurang pada sampel 1.1 selama 12 detik adalah sebesar 0,94 gram. Pada detik pertama bobot sampel 2.1

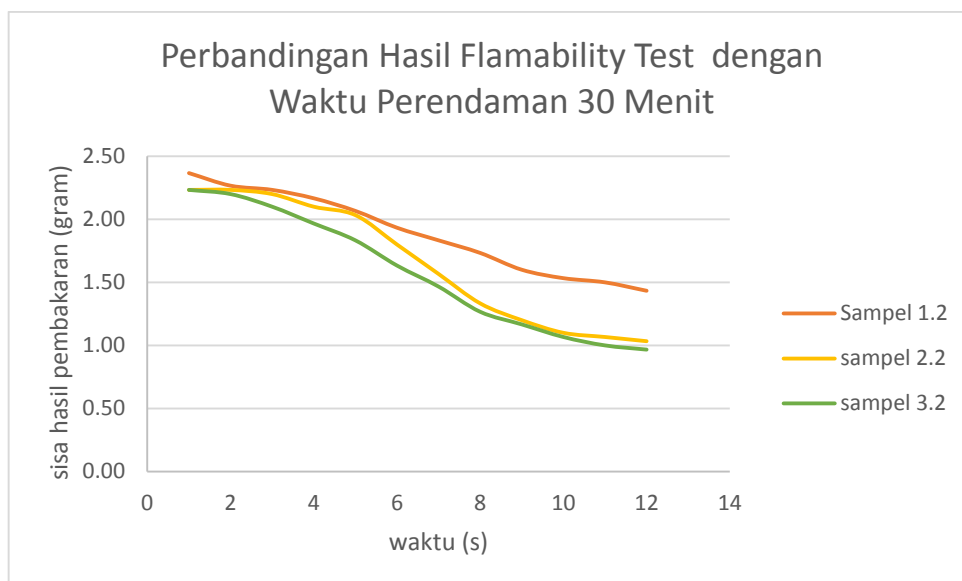
berkurang menjadi 1,97 gram, pada detik ke 6 bobot berkurang menjadi 1,40 gram, dan pada detik ke 12 bobot berkurang menjadi 0,97 gram. Jika ditotal maka bobot yang berkurang pada sampel 2.1 selama 12 detik adalah sebesar 1 gram. Pada detik pertama bobot sampel 3.1 berkurang menjadi 2,00 gram, pada detik ke 6 bobot berkurang menjadi 1,50 gram, dan pada detik ke 12 bobot berkurang menjadi 0,73 gram. Jika ditotal maka bobot yang berkurang pada sampel 3.1 selama 12 detik adalah sebesar 1,27 gram.



**Gambar 4.9. Kurva Hasil *Flamability Test* dengan Waktu Perendaman 15 Menit**

Grafik 4.10. dibawah memperlihatkan perbandingan laju pembakaran antara sampel 1.2 (karton yang direndam dengan sampel 1 selama 30 menit), sampel 2.2 (karton yang direndam dengan sampel 2 selama 30 menit), dan sampel 3.2 (karton yang direndam dengan sampel 3 selama 30 menit). Pada grafik dibawah garis berwarna merah menunjukkan laju pembakaran sampel 1.2, garis warna kuning menunjukkan laju pembakaran sampel 2.2 dan garis warna hijau menunjukkan laju pembakaran 3.2.

Pada detik pertama bobot sampel 1.2 berkurang menjadi 2,37 gram, pada detik ke 6 bobot berkurang menjadi 1,93 gram, dan pada detik ke 12 bobot berkurang menjadi 1,43 gram. Jika ditotal maka bobot yang berkurang pada sampel 1.2 selama 12 detik adalah sebesar 0,94 gram. Pada detik pertama bobot sampel 2.2 berkurang menjadi 2,23 gram, pada detik ke 6 bobot berkurang menjadi 1,80 gram, dan pada detik ke 12 bobot berkurang menjadi 1,03 gram. Jika ditotal maka bobot yang berkurang pada sampel 2.2 selama 12 detik adalah sebesar 1,2 gram. Pada detik pertama bobot sampel 3.2 berkurang menjadi 2,23 gram, pada detik ke 6 bobot berkurang menjadi 1,63 gram, dan pada detik ke 12 bobot berkurang menjadi 0,97 gram. Jika ditotal maka bobot yang berkurang pada sampel 3.2 selama 12 detik adalah sebesar 1,26 gram.



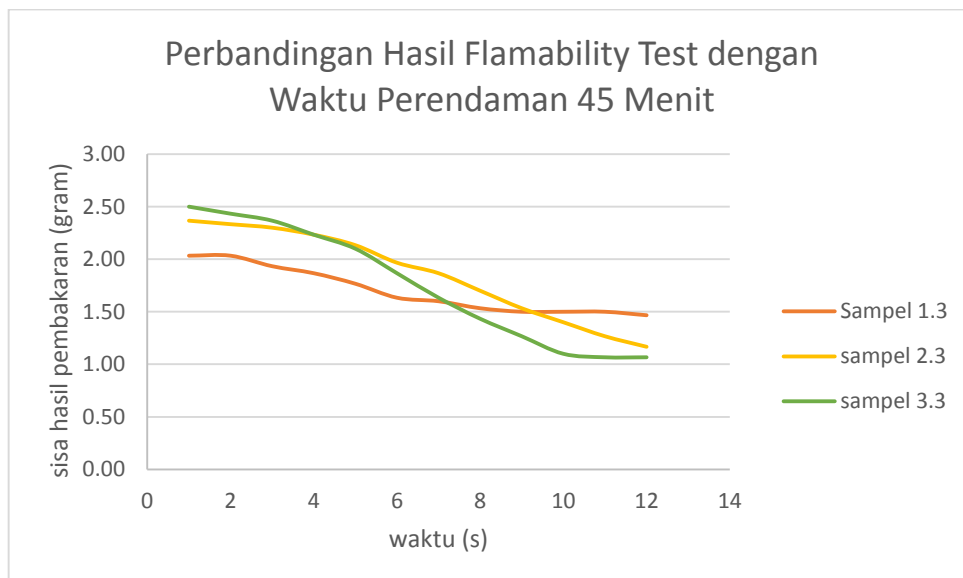
**Gambar 4.10. Kurva Hasil *Flamability Test* dengan Waktu Perendaman 30 Menit**

Grafik 4.11. dibawah memperlihatkan perbandingan laju pembakaran antara sampel 1.3 (karton yang direndam dengan sampel 1 selama 45 menit), sampel 2.3 (karton yang direndam dengan sampel 2 selama 45 menit), dan sampel 3.3 (karton yang direndam dengan sampel 3 selama 45 menit). Pada grafik dibawah garis



berwarna merah menunjukkan laju pembakaran sampel 1.3, garis warna kuning menunjukkan laju pembakaran sampel 2.3 dan garis warna hijau menunjukkan laju pembakaran 3.3.

Pada detik pertama bobot sampel 1.3 berkurang menjadi 2,03 gram, pada detik ke 6 bobot berkurang menjadi 1,63 gram, dan pada detik ke 12 bobot berkurang menjadi 1,47 gram. Jika ditotal maka bobot yang berkurang pada sampel 1.3 selama 12 detik adalah sebesar 0,56 gram. Pada detik pertama bobot sampel 2.3 berkurang menjadi 2,37 gram, pada detik ke 6 bobot berkurang menjadi 1,97 gram, dan pada detik ke 12 bobot berkurang menjadi 1,17 gram. Jika ditotal maka bobot yang berkurang pada sampel 2.3 selama 12 detik adalah sebesar 1,2 gram. Pada detik pertama bobot sampel 3.3 berkurang menjadi 2,50 gram, pada detik ke 6 bobot berkurang menjadi 1,87 gram, dan pada detik ke 12 bobot berkurang menjadi 1,07 gram. Jika ditotal maka bobot yang berkurang pada sampel 3.3 selama 12 detik adalah sebesar 1,43 gram.

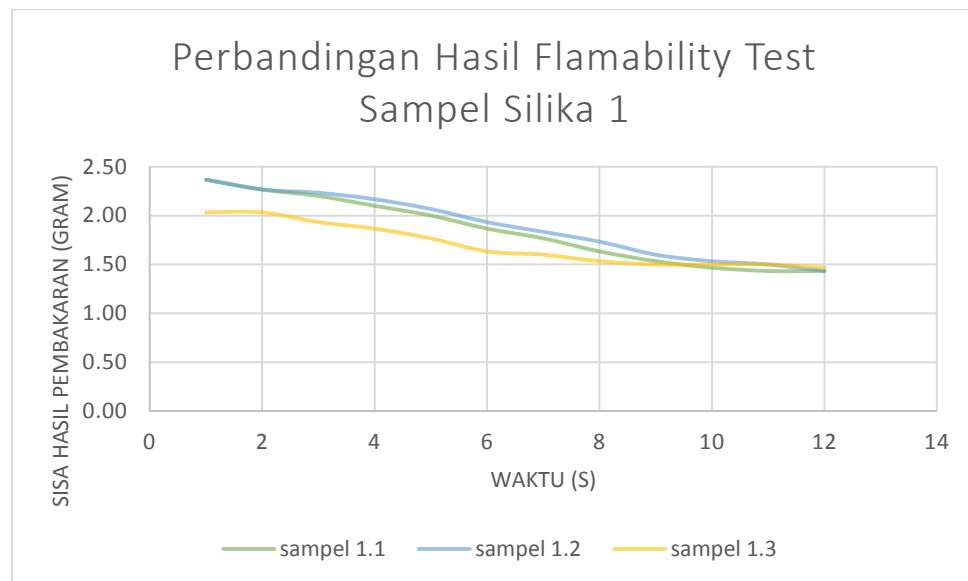


**Gambar 4.10. Kurva Hasil *Flamability Test* dengan Waktu Perendaman 45 Menit**

Hasil dari pengujian sampel karton dengan menggunakan *flamability test*, jika dilihat berdasarkan karton yang direndam dengan sampel silika gel yang berbeda dengan waktu perendaman yang sama, maka laju pembakaran yang terbesar pada waktu perendaman 15 menit adalah pada sampel 3.1, dan laju pembakaran terbesar kedua terdapat pada sampel 2.1, sedangkan laju pembakaran yang terendah dimiliki oleh sampel 1.1. Laju pembakaran yang terbesar pada waktu perendaman 30 menit adalah pada sampel 3.2, dan laju pembakaran terbesar kedua terdapat pada sampel 2.2, sedangkan laju pembakaran yang terendah dimiliki oleh sampel 1.2. Sedangkan laju pembakaran yang terbesar pada waktu perendaman 45 menit adalah pada sampel 3.3, dan laju pembakaran terbesar kedua terdapat pada sampel 2.3, sedangkan laju pembakaran yang terendah dimiliki oleh sampel 1.3.

Untuk memperkuat hipotesa, maka dilakukan perbandingan terhadap hasil pengujian flamabilitas dari karton yang direndam menggunakan silika yang diekstraksi selama 15 menit dengan waktu perendaman 15 menit, 30 menit, dan 45 menit. Perbandingan ini dilakukan karena dari hasil yang telah dijelaskan diatas dapat diketahui bahwa sampel karton yang direndam dengan menggunakan sampel silika yang diekstraksi selama 15 menit didapatkan pembakaran karton yang paling sedikit jika dilihat dari selisih sisa massa pada detik awal hingga detik akhir. Dari grafik 4.11. dapat dilihat bahwa sampel yang direndam selama 45 menit memiliki selisih karton yang terbakar lebih sedikit dibanding karton yang direndam selama 15 menit dan 30 menit. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin lama waktu perendaman karton dengan silika maka karton yang dihasilkan akan semakin memiliki ketahanan terhadap api terbaik. Perendaman dengan waktu yang lebih

lama membuat silika lebih meresap pada karton, sehingga karton-karton yang direndam dengan waktu berbeda memiliki ketahanan api berbeda.



**Gambar 4.11. Perbandingan Hasil *Flamability Test* Sampel Silika yang Diekstraksi Selama 15 Menit dengan Waktu Perendaman 15 Menit, 30 Menit, dan 45 Menit**

Dari pengujian sampel karton menggunakan *flammability test* dapat diketahui bahwa semakin singkat waktu pemanasan abu sekam dengan KOH dan semakin lama waktu perendaman karton dengan gel silika akan mengakibatkan laju pembakaran yang semakin kecil. Sebaliknya, jika semakin lama waktu pemanasan abu sekam dengan KOH dan semakin singkat waktu perendaman karton dengan gel silika akan mengakibatkan laju pembakaran yang semakin besar. Hal ini berarti terjadi hubungan yang negatif antara waktu pemanasan abu sekam dengan KOH dan terdapat hubungan positif antara waktu perendaman karton dengan gel silika. Hasil ini berkaitan dengan kesimpulan sementara yang ditarik dari pengujian karakteristik sampel silika gel.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

- 1 Karakteristik ekstraksi silika dari sekam padi yang dilakukan dengan proses pemanasan campuran KOH 0,5 M dan abu sekam yang berbeda dengan selisih 15 menit akan memberikan efek besar dari kandungan silika. Karakteristik dari silika yang dihasilkan dari proses pemanasan selama 15 menit adalah memiliki massa silika sebanyak 17,20%, perubahan massa terhadap temperatur sebesar 23,73% dan titik leleh 185°C. Untuk silika yang dipanaskan selama 30 menit memiliki massa silika sebesar 12,52%, dengan perubahan massa terhadap temperatur sebesar 36,79%, dan titik leleh 112,4°C. Sedangkan karakteristik pada silika yang dipanaskan selama 45 menit menghasilkan jumlah massa silika sebanyak 11,02%, perubahan massa terhadap temperatur sebesar 41,14 serta titik leleh 106,2°C.
- 2 Waktu pemanasan campuran abu sekam dengan KOH 0,5 M akan mempengaruhi ketahanan silika terhadap panas. Semakin lama proses pemanasan maka massa silika yang didapatkan akan semakin sedikit, dan itu mempengaruhi ketahannya terhadap panas, dimana pada silika yang dipanaskan dengan waktu yang lama akan memiliki perubahan massa terhadap temperatur terbanyak karena titik leleh yang dimilikinya rendah.
- 3 Manfaat silika yang dihasilkan dari ekstraksi sekam padi yang dijadikan sebagai bahan untuk memperlambat perambatan api pada karton, dengan kata

lain silika memiliki hubungan yang positif terhadap ketahanan suatu bahan terhadap panas. Karton yang memiliki dampak terkecil dari pengujian flammabilitas adalah karton yang direndam selama 45 menit dengan menggunakan silika yang diekstrak selama 15 menit.

## **5.2. Saran**

Untuk menyempurnakan hasil penelitian, saran yang dapat penulis berikan untuk penelitian selanjutnya adalah:

- 1 Perlu dilakukan penelitian terhadap ketahanan panas pada bahan-bahan lainnya yang ditambahkan silika untuk memperluas penggunaan silika sebagai bahan penghambat api.
- 2 Perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang manfaat dari silika sebagai pemadam api.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agung, G.F., Hanafie, R.M., dan mardina, P., 2013. Ekstraksi Silika dari Abu Sekam Padi dengan Pelarut KOH. *Konversi*. Vol.2 (1), hal. 28-31.
- Ardiansyah, F. 2016. Analisa Ketahanan Rambat Api Kabel Berstandar IEC 60332-1 untuk Aplikasi Instalasi Listrik Luar Ruangan (*Outdoor*). Jakarta: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
- Chandra, A., Miryanti, Y.I.P.A., Widjaja, L.B., dan Pramudita, A., 2012. Isolasi dan Karakterisasi Silika dari Sekam Padi, Bandung: LPPM, Universitas Katolik Prahayangan.
- Douglas Drysdale, *An Introduction to Fire Dynamics*, (University of Edinburgh, Scotland, UK : John Wiley & Son, 2011).
- Effendi, A.H., 2007. Natrium Silikat Sebagai Bahan Penghambat Api Aman Lingkungan. *Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman Departemen Pekerjaan Umum*. Vol. 8 (3), hal. 245-252.
- Ginanjari, R.R., Ma'ruf, A., dan Mulyadi, A.H., 2014. Ekstraksi Silika dari Abu Sekam Padi Menggunakan Pelarut NaOH. [Prosiding] Seminar Nasional Hasil-Hasil Penelitian dan Pengabdian LPPM UMP:Puwokerto. 20 Des 2014. Purwokerto: Laboratorium Mikologi dan Fitopatologi. Hlm 306-312.
- <http://teknopreneur.com/biotek/teknopreneur-silika-dari-sekam-padi>, diakses pada 11:54, 28 Mar 2016.
- <http://pmdlk.blogspot.co.id/2013/11/segitiga-api-dan-metoda-pemadaman.html>, diakses 20:13, 5 Jan 2017.

<http://harphael.blogspot.co.id/2014/01/topik-1-apakah-api-api-adalah-proses.html>,

diakses 19:45, 5 Jan 2017.

Huda, M. 2012. Pembuatan Nanopartikel Lipid Padat untuk Meningkatkan Laju Disolusi Kurkumin [skripsi]. Depok: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Hidayah, S. R. 2016. Pengaruh Tata Letak Sepeda Terhadap Perambatan Nyala Api Berbasis Metode FDS (*Fire Dynamics Simulator*) Pada Parkiran Sepeda Motor Kampus A Universitas Negeri Jakarta [skripsi]. Jakarta: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

James G. Quintiere, *Fundamentals of Fire Phenomena*, (University of Maryland, USA : John Wiley & Sons, 2006).

Kalapathy, U., A. Proctor, and J. Schultz, 2000. *A Simple Method for Production of Pure Silica from Rice Hull Ash. Bioresources. Technology*, Vol.73, hal. 257-262.

Rizkianna. 2012. Pengaruh Metode Pembentukan Kokristal Terhadap Laju Pelarutan Karbamazepin Menggunakan Asam Tartrat Sebagai Koformer. Depok: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Soeswanto, B., dan Lintang, N., 2011. Pemanfaatan Limbah Abu Sekam Padi Menjadi Natrium Silikat. *Fluida*. Vol.VII (1), hal. 18-22.

Suka, I.G., Simanjuntak, W., Sembiring, S., dan Trisnawati, E, 2008. Karakteristik Silika Sekam Padi dari Provinsi Lampung yang Diperoleh dengan Metode Ekstraksi. *MIPA*. Vol. 37 (1), hal. 47-52.

Sulistomo, R.H. 2012. Pengaruh Metode Ekstrusi Bertingkat dan Penambahan Asam Oleat Terhadap Karakterisasi Liposom dan Kemampuan Penjerapan Spiramisin. Depok: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Sutrisno, H. H., Jumhur, A.A., Fazalah, F.2016. Pathfinder Simulation Sebagai Dasar Pembanding Waktu Real Evacuation Melalui Tangga Darurat Gedung M Syafei Universitas Negeri Jakarta. SNMTK UNJ.



Lampiran 1.

### Perhitungan Pembuatan KOH 0,5 M

$$\text{Ar K} = 39$$

$$\text{Ar O} = 16$$

$$\text{Ar H} = 1$$

$$\text{Mr KOH} = 39 + 16 + 1 = 56$$

$$M = \frac{g}{Mr} \times \frac{1000}{ml \text{ Larutan}}$$

$$0,5 M = \frac{g}{56} \times \frac{1000}{500 ml}$$

$$0,5 M = \frac{(10) (g)}{280}$$

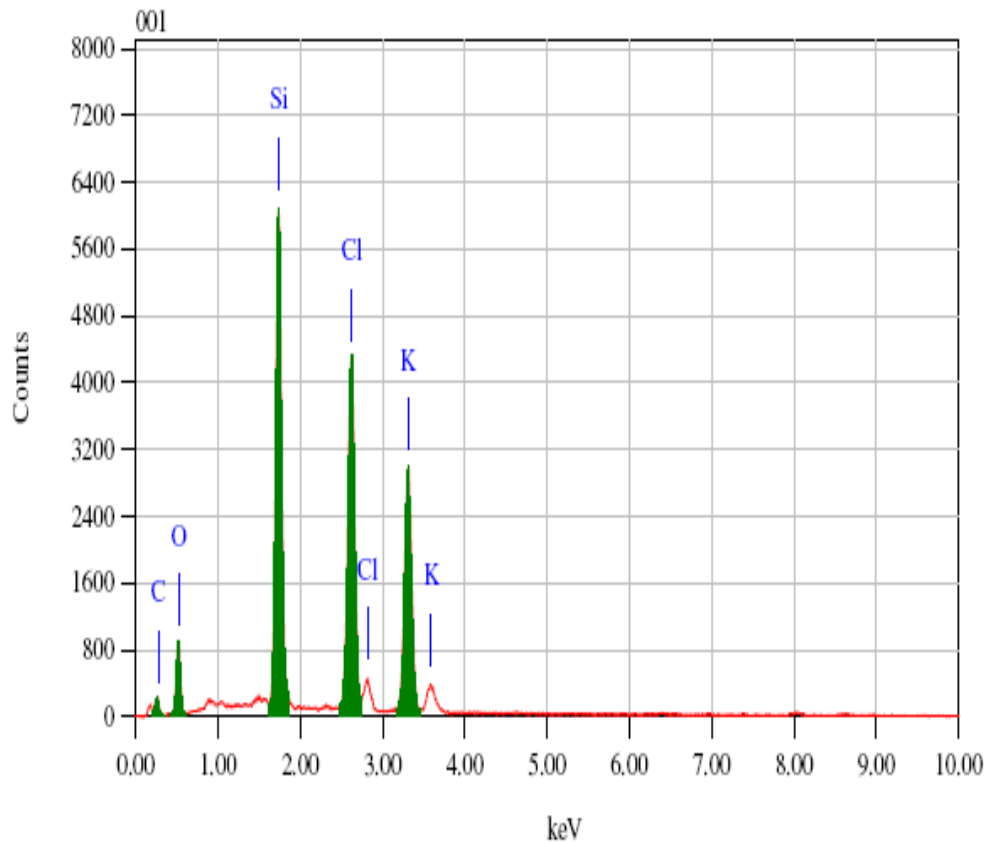
$$(0,5)(280) = 10 \text{ gr}$$

$$g = \frac{140}{10} = 14 \text{ gram}$$

Lampiran 2.

### Data Hasil Pengujian SEM

#### 1 Hasil Pengujian SEM Sampel Silika dengan Waktu Ekstraksi 15 Menit

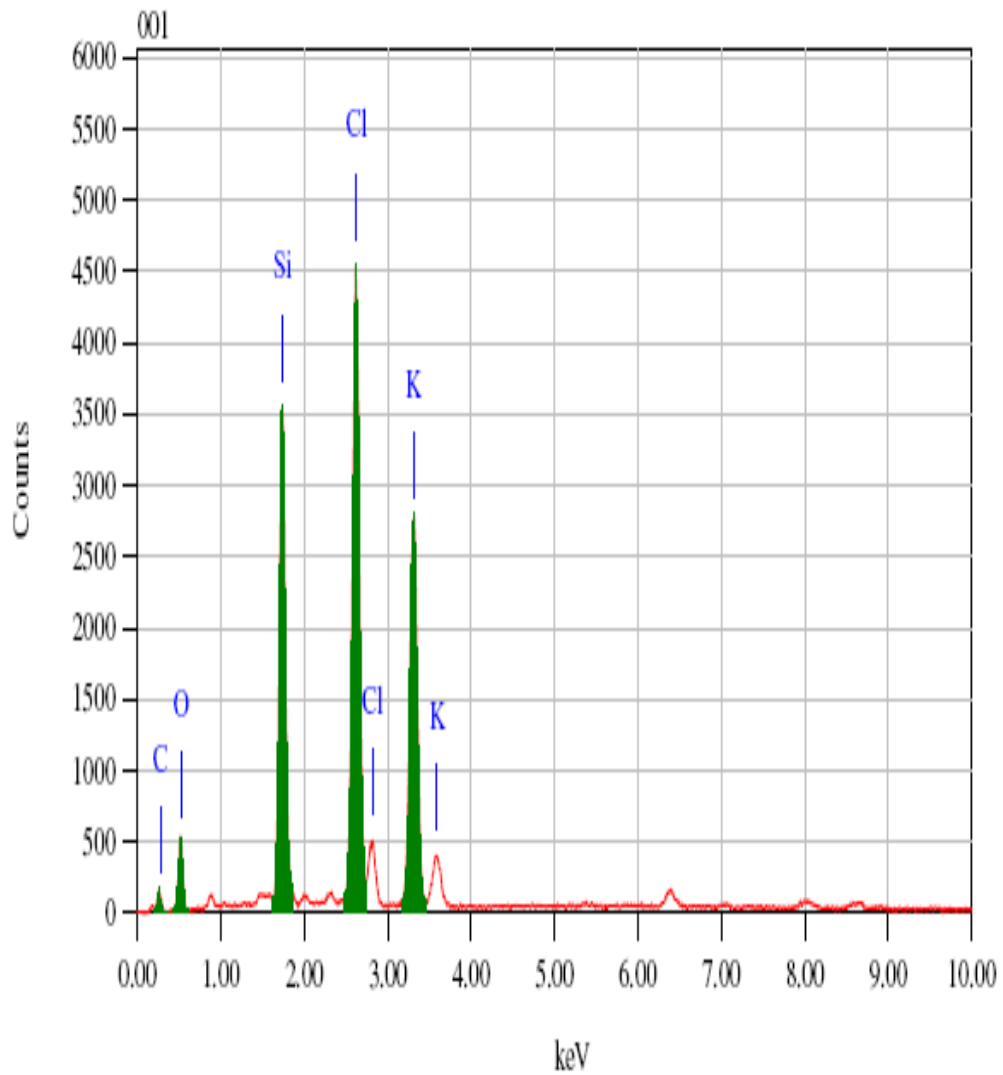


ZAF Method Standardless Quantitative Analysis

Fitting Coefficient : 0.3142

Element	(keV)	Mass%	Error%	Atom%	Compound	Mass%	Cation	K
C K	0.277	18.69	1.85	30.64				2.6807
O K	0.525	33.19	0.96	40.86				24.6402
Si K	1.739	17.20	0.14	12.06				24.2478
Cl K	2.621	16.64	0.15	9.24				26.8219
K K	3.312	14.29	0.21	7.20				21.6094
Total		100.00		100.00				

## 2 Hasil Pengujian SEM Sampel Silika dengan Waktu Ekstraksi 30 Menit

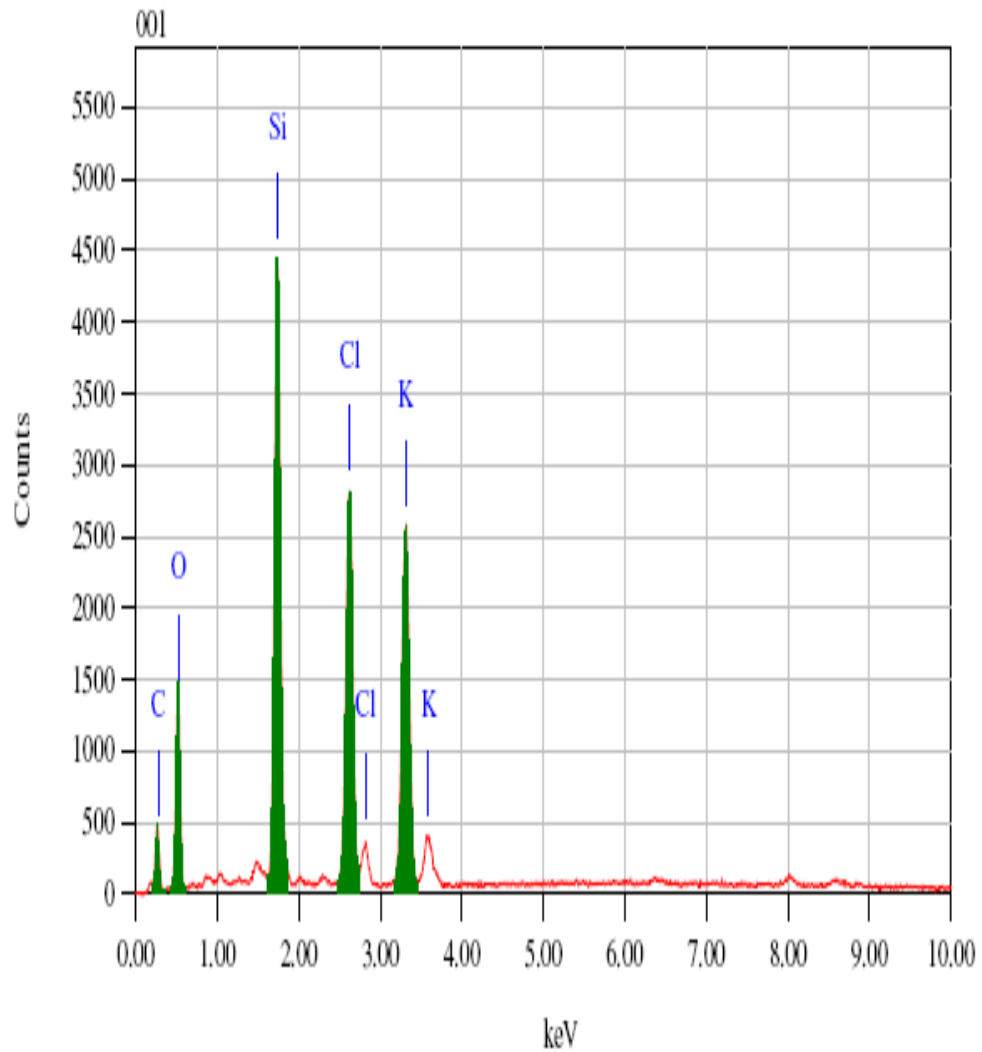


ZAF Method Standardless Quantitative Analysis

Fitting Coefficient : 0.3243

Element	(keV)	Mass%	Error%	Atom%	Compound	Mass%	Cation	K
C K	0.277	21.27	2.04	35.40				2.9152
O K	0.525	28.09	1.16	35.10				18.2491
Si K	1.739	12.52	0.15	8.91				17.7772
Cl K	2.621	20.88	0.16	11.77				35.0098
K K	3.312	17.23	0.22	8.81				26.0487
Total		100.00		100.00				

## 3 Hasil Pengujian SEM Sampel Silika dengan Waktu Ekstraksi 45 Menit



ZAF Method Standardless Quantitative Analysis

Fitting Coefficient : 0.3327

Element	(keV)	Mass%	Error%	Atom%	Compound	Mass%	Cation	K
C K	0.277	29.34	0.67	41.54				8.1550
O K	0.525	40.51	0.53	43.06				38.3691
Si K	1.739	11.02	0.09	6.67				17.5537
Cl K	2.621	9.07	0.09	4.35				17.3894
K K	3.312	10.05	0.12	4.37				18.5328
Total		100.00		100.00				

Lampiran 3.

### Data Hasil Pengujian *Flammability Test*

#### 1 Hasil Pengujian Sampel Karton Non Silika

Waktu (s)	Sisa Pembakaran (gram) pada Pengujian ke-			Jumlah (gram)	Rata-rata sisa pembakaran (gram)
	1	2	3		
1	1.7	1.7	1.7	5.1	1.70
2	1.6	1.5	1.5	4.6	1.53
3	1.4	1.4	1.4	4.2	1.40
4	1.3	1.3	1.3	3.9	1.30
5	1.1	1.1	1.1	3.3	1.10
6	1	1	1	3	1.00
7	0.9	0.9	0.9	2.7	0.90
8	0.9	0.9	0.9	2.7	0.90
9	0.9	0.9	0.9	2.7	0.90
10	0.8	0.9	0.9	2.6	0.87
11	0.8	0.9	0.9	2.6	0.87
12	0.8	0.7	0.7	2.2	0.73

#### 2 Hasil Pengujian Sampel Karton yang Direndam Selama 15 Menit dengan Gel

Silika yang dipanaskan Selama 15 Menit

Waktu (s)	Sisa Pembakaran (gram) pada Pengujian ke-			Jumlah (gram)	Rata-rata sisa pembakaran (gram)
	1	2	3		
1	2.4	2.4	2.3	7.1	2.37
2	2.3	2.3	2.2	6.8	2.27
3	2.3	2.2	2.1	6.6	2.20
4	2.2	2.1	2	6.3	2.10
5	2.1	2	1.9	6	2.00
6	2.1	1.8	1.7	5.6	1.87
7	2	1.7	1.6	5.3	1.77
8	1.9	1.5	1.5	4.9	1.63
9	1.8	1.4	1.4	4.6	1.53
10	1.7	1.3	1.4	4.4	1.47
11	1.7	1.3	1.3	4.3	1.43
12	1.7	1.3	1.3	4.3	1.43

3 Hasil Pengujian Sampel Karton yang Direndam Selama 30 Menit dengan Gel

Silika yang dipanaskan Selama 15 Menit

Waktu (s)	Sisa Pembakaran (gram) pada Pengujian ke-			Jumlah (gram)	Rata-rata sisa pembakaran (gram)
	1	2	3		
1	2.3	2.4	2.4	7.1	2.37
2	2.2	2.3	2.3	6.8	2.27
3	2.2	2.3	2.2	6.7	2.23
4	2.2	2.2	2.1	6.5	2.17
5	2.2	2.1	1.9	6.2	2.07
6	2.1	1.9	1.8	5.8	1.93
7	2	1.8	1.7	5.5	1.83
8	1.8	1.8	1.6	5.2	1.73
9	1.6	1.7	1.5	4.8	1.60
10	1.5	1.7	1.4	4.6	1.53
11	1.4	1.7	1.4	4.5	1.50
12	1.3	1.7	1.3	4.3	1.43

4 Hasil Pengujian Sampel Karton yang Direndam Selama 45 Menit dengan Gel

Silika yang dipanaskan Selama 15 Menit

Waktu (s)	Sisa Pembakaran (gram) pada Pengujian ke-			Jumlah (gram)	Rata-rata sisa pembakaran (gram)
	1	2	3		
1	2	2	2.1	6.1	2.03
2	2	2	2.1	6.1	2.03
3	1.9	1.9	2	5.8	1.93
4	1.8	1.8	2	5.6	1.87
5	1.8	1.6	1.9	5.3	1.77
6	1.6	1.4	1.9	4.9	1.63
7	1.6	1.3	1.9	4.8	1.60
8	1.5	1.2	1.9	4.6	1.53
9	1.4	1.2	1.9	4.5	1.50
10	1.4	1.2	1.9	4.5	1.50
11	1.4	1.2	1.9	4.5	1.50
12	1.4	1.1	1.9	4.4	1.47

5 Hasil Pengujian Sampel Karton yang Direndam Selama 15 Menit dengan Gel Silika yang dipanaskan Selama 30 Menit

Waktu (s)	Sisa Pembakaran (gram) pada Pengujian ke-			Jumlah (gram)	Rata-rata sisa pembakaran (gram)
	1	2	3		
1	1.9	2.2	1.8	5.9	1.97
2	1.8	2.1	1.7	5.6	1.87
3	1.8	2.1	1.7	5.6	1.87
4	1.6	2	1.6	5.2	1.73
5	1.4	1.8	1.6	4.8	1.60
6	1.2	1.7	1.3	4.2	1.40
7	1.1	1.6	1	3.7	1.23
8	0.9	1.4	1	3.3	1.10
9	0.9	1.3	1	3.2	1.07
10	0.8	1.2	1	3	1.00
11	0.8	1.2	0.9	2.9	0.97
12	0.8	1.2	0.9	2.9	0.97

6 Hasil Pengujian Sampel Karton yang Direndam Selama 30 Menit dengan Gel Silika yang dipanaskan Selama 30 Menit

Waktu (s)	Sisa Pembakaran (gram) pada Pengujian ke-			Jumlah (gram)	Rata-rata sisa pembakaran (gram)
	1	2	3		
1	2.2	2.3	2.2	6.7	2.23
2	2.2	2.3	2.2	6.7	2.23
3	2.2	2.3	2.1	6.6	2.20
4	2.1	2.1	2.1	6.3	2.10
5	2.1	2	2	6.1	2.03
6	1.9	1.7	1.8	5.4	1.80
7	1.8	1.4	1.5	4.7	1.57
8	1.6	1.2	1.2	4	1.33
9	1.4	1.1	1.1	3.6	1.20
10	1.2	1.1	1	3.3	1.10
11	1.1	1.1	1	3.2	1.07
12	1	1.1	1	3.1	1.03

7 Hasil Pengujian Sampel Karton yang Direndam Selama 45 Menit dengan Gel Silika yang dipanaskan Selama 30 Menit

Waktu (s)	Sisa Pembakaran (gram) pada Pengujian ke-			Jumlah (gram)	Rata-rata sisa pembakaran (gram)
	1	2	3		
1	2.1	2.3	2.7	7.1	2.37
2	2.1	2.3	2.6	7	2.33
3	2.1	2.2	2.6	6.9	2.30
4	2.1	2.1	2.5	6.7	2.23
5	2	2	2.4	6.4	2.13
6	1.9	1.8	2.2	5.9	1.97
7	1.8	1.7	2.1	5.6	1.87
8	1.7	1.5	1.9	5.1	1.70
9	1.5	1.4	1.7	4.6	1.53
10	1.3	1.3	1.6	4.2	1.40
11	1.2	1.2	1.4	3.8	1.27
12	1	1.2	1.3	3.5	1.17

8 Hasil Pengujian Sampel Karton yang Direndam Selama 15 Menit dengan Gel Silika yang dipanaskan Selama 45 Menit

Waktu (s)	Sisa Pembakaran (gram) pada Pengujian ke-			Jumlah (gram)	Rata-rata sisa pembakaran (gram)
	1	2	3		
1	2	2.1	1.9	6	2.00
2	2	2	1.9	5.9	1.97
3	1.9	2	1.8	5.7	1.90
4	1.8	1.9	1.7	5.4	1.80
5	1.6	1.8	1.6	5	1.67
6	1.5	1.6	1.4	4.5	1.50
7	1.4	1.5	1.2	4.1	1.37
8	1.2	1.3	1	3.5	1.17
9	1.1	1.1	0.8	3	1.00
10	1	1	0.7	2.7	0.90
11	0.9	0.9	0.6	2.4	0.80
12	0.8	0.8	0.6	2.2	0.73



## 9 Hasil Pengujian Sampel Karton yang Direndam Selama 30 Menit dengan Gel

Silika yang dipanaskan Selama 45 Menit

Waktu (s)	Sisa Pembakaran (gram) pada Pengujian ke-			Jumlah (gram)	Rata-rata sisa pembakaran (gram)
	1	2	3		
1	2.2	2.4	2.1	6.7	2.23
2	2.2	2.3	2.1	6.6	2.20
3	2.1	2.2	2	6.3	2.10
4	2	2.1	1.8	5.9	1.97
5	1.9	1.9	1.7	5.5	1.83
6	1.7	1.7	1.5	4.9	1.63
7	1.5	1.5	1.4	4.4	1.47
8	1.3	1.3	1.2	3.8	1.27
9	1.2	1.2	1.1	3.5	1.17
10	1.1	1.1	1	3.2	1.07
11	1	1.1	0.9	3	1.00
12	1	1	0.9	2.9	0.97

## 10 Hasil Pengujian Sampel Karton yang Direndam Selama 45 Menit dengan Gel

Silika yang dipanaskan Selama 45 Menit

Waktu (s)	Sisa Pembakaran (gram) pada Pengujian ke-			Jumlah (gram)	Rata-rata sisa pembakaran (gram)
	1	2	3		
1	2.6	2.5	2.4	7.5	2.50
2	2.5	2.5	2.3	7.3	2.43
3	2.4	2.4	2.3	7.1	2.37
4	2.3	2.3	2.1	6.7	2.23
5	2.1	2.2	2	6.3	2.10
6	1.9	2	1.7	5.6	1.87
7	1.6	1.8	1.5	4.9	1.63
8	1.4	1.6	1.3	4.3	1.43
9	1.2	1.4	1.2	3.8	1.27
10	1.1	1.2	1	3.3	1.10
11	1.1	1.1	1	3.2	1.07
12	1.1	1.1	1	3.2	1.07

Lampiran 4.

### **RIWAYAT HIDUP**



Desi Ambar Wati, lahir di Mojokerto pada tanggal 16 Desember 1992. Anak ke-2 dari 3 bersaudara, dari pasangan Bapak Saturi dan Ibu Sri Sumarni. Beralamat di Jalan Kayu Besar, No. 123, RT.003/RW.012, Kel. Tegal Alur, Kec. Kalideres, Jakarta Barat.

Jenjang pendidikan yang dijalani oleh penulis sebagai berikut:

Lulus Sekolah Dasar SDN Tegal Alur 15 Pagi di Jakarta pada tahun 2005, kemudian melanjutkan Sekolah Menengah Pertama di SMPN 45 Jakarta dan lulus pada tahun 2008. Selanjutnya masuk Sekolah Menengah Atas di SMAN 33 Jakarta dan lulus pada tahun 2011. Kemudian melanjutkan ke Program Studi Strata Satu (S1) Universitas Negeri Jakarta pada Fakultas Teknik dengan Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Konsentrasi Teknik Keselamatan dan Proteksi Kebakaran.