

**ANALISIS STRUKTUR, GUGUS FUNGSI, DAN SIFAT FISIS PADUAN  
SILIKA SEKAM PADI DAN ASPAL**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Hana Haritsah**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2019**

## **ABSTRAK**

### **ANALISIS STRUKTUR, GUGUS FUNGSI, DAN SIFAT FISIS PADUAN SILIKA SEKAM PADI DAN ASPAL**

**Oleh**

**HANA HARITSAH**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur, gugus fungsi, dan sifat fisis yaitu kadar air dan pengembangan tebal paduan silika sekam padi dan aspal. Silika sekam padi diperoleh dari hasil ekstraksi alkalis menggunakan larutan NaOH 1,5 % b/v dan HNO<sub>3</sub> 10 % v/v. Paduan silika sekam padi dan aspal dibuat dengan mencampurkan aspal dan silika sekam padi dengan perbandingan massa 1:0,4; 1:0,5; dan 1:0,6 serta dilakukan pemanasan pada suhu 150 °C selama 3 jam. Hasil analisis XRD semua sampel menunjukkan struktur yang sama, yaitu amorf. Penambahan aspal mengakibatkan teridentifikasi adanya karbon (C<sub>60</sub>) pada  $2\theta = 20^\circ$  dan terjadi pergeseran  $2\theta$  intensitas tertinggi silika dari 22 menjadi 21°. Hasil analisis FTIR menunjukkan bahwa seiring dengan penambahan aspal menyebabkan nilai persen transmitansi terkait gugus fungsi silika, yaitu Si-OH, O-H, Si-O-Si, dan Si-O cenderung meningkat serta menyebabkan hadirnya gugus fungsi baru C-H. Penambahan aspal juga menyebabkan nilai kadar air dan pengembangan tebal semakin menurun.

Kata kunci: aspal, gugus fungsi, sifat fisis, silika sekam padi, struktur.

## ABSTRACT

### ANALYSIS STRUCTURE, FUNCTIONAL GROUPS, AND PHYSICAL PROPERTIES OF RICE HUSK SILICA AND ASPHALT ALLOYS

By

HANA HARITSAH

*This study aims to determine the structure, functional groups, and physical properties of the water content and swelling thickness of rice husk silica and asphalt alloys. Rice husk silica was obtained from the alkaline extraction using NaOH 1,5% w/v solution and HNO<sub>3</sub> 10 % v/v. Alloys of rice husk silica and asphalt were made by mixing asphalt and rice husk silica with a mass ratio of 1:0,4; 1:0,5; and 1:0,6 and heated at 150 °C for 3 hours. The XRD analysis results of all samples show the same structure, namely amorphous. The addition of asphalt results in the identification of carbon (C<sub>60</sub>) at  $2\theta = 20^\circ$  and a shift of  $2\theta$  the highest intensity of silica from 22 to 21°. FTIR analysis results show that along with the addition of asphalt causes the value of percent transmittance associated with silica functional groups, namely Si-OH, O-H, Si-O-Si, and Si-O tends to increase and causes the presence of new C-H functional groups. The addition of asphalt also causes the decreasing of water content and swelling thickness.*

*Keywords: asphalt, functional groups, physical properties, silica rice husk, structure.*

**ANALISIS STRUKTUR, GUGUS FUNGSI, DAN SIFAT FISIS PADUAN  
SILIKA SEKAM PADI DAN ASPAL**

**Oleh**

**HANA HARITSAH**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA SAINS**

**Pada**

**Jurusan Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2019**

**Judul Skripsi** : ANALISIS STRUKTUR, GUGUS FUNGSI,  
DAN SIFAT FISIS PADUAN SILIKA SEKAM  
PADI DAN ASPAL

**Nama Mahasiswa** : Hana Haritsah

**Nomor Pokok Mahasiswa** : 1517041102

**Jurusan** : Fisika

**Fakultas** : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Pembimbing I

Pembimbing II

**Prof. Drs. Simon Sembiring, Ph.D.**  
NIP. 196110031991031002

**Agus Riyanto, S.Si., M.Sc.**  
NIP. 198608222015041002

2. Ketua Jurusan Fisika FMIPA

**Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng.**  
NIP. 197109092000121001

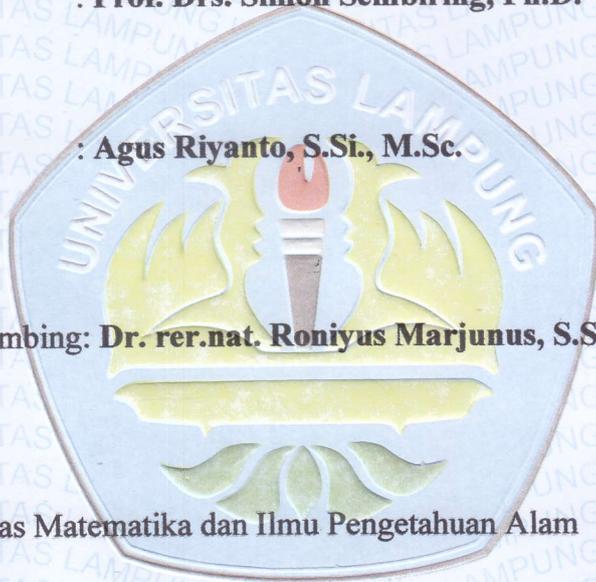
**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

**Ketua : Prof. Drs. Simon Sembiring, Ph.D.**

**Sekretaris : Agus Riyanto, S.Si., M.Sc.**

**Penguji  
Bukan Pembimbing: Dr. rer.nat. Roniyus Marjunus, S.Si., M.Si.**



*[Handwritten signatures of Prof. Drs. Simon Sembiring, Agus Riyanto, and Dr. rer.nat. Roniyus Marjunus]*

**2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**Drs. Suratman, M.Sc.  
NIP. 196406041990031002**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 16 Oktober 2019**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepengetahuan saya tidak ada karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 16 Oktober 2019



**Hana Haritsah**  
NPM. 1517041102

## RIWAYAT HIDUP

Penulis yang bernama lengkap Hana Haritsah dilahirkan di Seputih Banyak, pada tanggal 16 Juni 1997 dari pasangan Bapak Ujang Rusmaludin dan Ibu Rukmini sebagai anak ketiga dari empat bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan di TK Al-Qur'an pada tahun 2003, kemudian menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 3 Tanjung Harapan pada tahun 2009, SMP Negeri 1 Seputih Banyak pada tahun 2012, dan SMA Negeri 1 Seputih Banyak pada tahun 2015.

Pada tahun 2015, penulis diterima sebagai mahasiswa di Universitas Lampung, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) sebagai anggota bidang Sains dan Teknologi (Saintek). Penulis pernah menjadi asisten Praktikum Fisika Dasar 1, Fisika Dasar 2, Elektronika Dasar 1, Fisika Eksperimen, dan Sol Gel. Penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Pusat Penelitian Fisika-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (P2F-LIPI) dengan judul **“Efek Waktu Sonikasi Terhadap Distribusi Ukuran dan Sifat Magnetik Nanopartikel  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ +PEG”**. Selain itu, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sukawaringin, Kecamatan Bangun Rejo, Kabupaten Lampung Tengah pada bulan Juli-Agustus 2018.

## **PERSEMBAHAN**

Dengan rasa syukur kepada Allah SWT, saya persembahkan karya kecil ini kepada

**Orang tuaku (Ayah dan Ibu)** tercinta yang telah memberikan banyak nasehat, do'a, dan menjadi motivasi terbesarku selama ini.

**Kakakku** serta **Adikku** yang selalu memberi dukungan dan semangat.

**Rekan-rekan** seperjuanganku dan sahabat Fisika FMIPA UNILA angkatan 2015.

Almamater Tercinta

**UNIVERSITAS LAMPUNG**

## **MOTTO**

**“Allah SWT tidak akan membebani seorang hamba melainkan sesuai dengan kesanggupannya”**

**(Q.S. Al-Baqarah: 286)**

**“Semakin sabar dan semakin berat perjuangan, semakin manis dan semakin nikmat pula hasilnya”**

**(dr. Gamal Albinsaid)**

**“Yakinkanlah pada diri sendiri bahwa jika orang lain bisa maka akupun pasti bisa, In Syaa Allah”**

**“Yakin saja. Jika kita melibatkan Allah dalam setiap urusan kita, maka tiada hal yang tidak mungkin”**



## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur penulis ucapkan atas karunia dan kesempatan yang Allah SWT berikan hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Analisis Struktur, Gugus Fungsi, dan Sifat Fisis Paduan Silika Sekam Padi dan Aspal”**. Tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar S1 dan juga melatih mahasiswa untuk berpikir cerdas dan kreatif dalam menulis karya ilmiah.

Penulis menyadari masih adanya kekurangan dalam penelitian maupun penulisan skripsi. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak demi perbaikan dan penyempurnaan skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua. Aamiin.

Bandar Lampung, 16 Oktober 2019

Penulis,

**Hana Haritsah**

## SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan atas karunia dan kesempatan yang Allah SWT berikan hingga akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Analisis Struktur, Gugus Fungsi, dan Sifat Fisis Paduan Silika Sekam Padi dan Aspal”**. Terwujudnya skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Drs. Simon Sembiring, Ph.D. selaku Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, saran, motivasi, serta ilmunya selama melakukan penelitian dan penulisan skripsi.
2. Bapak Agus Riyanto, S.Si., M.Sc. selaku Pembimbing II yang telah memberikan masukan-masukan dan nasehat dalam penulisan skripsi.
3. Bapak Dr. rer. nat. Roniyus Marjunus, S.Si., M.Si. selaku Pembahas atas masukan yang membangun sehingga penelitian dan penulisan skripsi ini menjadi lebih baik.
4. Bapak Drs. Suratman, M.Sc. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
5. Bapak Arif Surtono, S.Si., M.Si., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

6. Ibu Suprihatin, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan serta nasehat kepada penulis.
7. Segenap dosen dan staf di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
8. Orang tuaku, Ayah dan Mamak tersayang yang selalu menyayangi, menjaga, memberi semangat, dan selalu mendo'akan penulis.
9. Tete, Abang, serta Adikku yang selalu memberi semangat, dukungan, dan selalu mendo'akan penulis.
10. Teman penelitianku Deafani Wahyu Ardaniswari, Ira Sudarsono Putri, Josalina, Reka Puspitasari, dan Reza Arsela. Terima kasih atas kerjasamanya, dukungan, bantuan, dan do'a yang telah diberikan.
11. Sahabatku Friska Tiara Desy, Reka Puspitasari, dan Rosa Melinda yang selalu menemani, membantu, dan mendo'akan penulis.
12. Teman-teman Fisika 2015 yang selama ini memberikan motivasi dan semangat.

Serta berbagai pihak yang telah ikut serta membantu penulis dalam menunjang terselesaikannya tugas akhir. Semoga Allah SWT membalas dengan berkali lipat kebaikan dan kemudah atas urusannya. Aamiin.

Bandar Lampung, 16 Oktober 2019  
Penulis

Hana Haritsah

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	v
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	vi
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	vii
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	viii
<b>MOTTO</b> .....	ix
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	x
<b>SANWACANA</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xv
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xvi
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	4
C. Batasan Masalah .....	4
D. Tujuan Penelitian .....	4
E. Manfaat Penelitian .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	5
A. Silika .....	5

1. Silika Sekam Padi .....	6
2. Struktur dan Fungsionalitas Silika Sekam Padi .....	7
B. Aspal .....	9
1. Penyusun Aspal .....	10
2. Komposit Aspal .....	10
C. Uji .....	11
1. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	11
2. <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR) .....	14
3. Kadar Air .....	17
4. Pengembangan Tebal ( <i>Swelling Thickness</i> ).....	18
<b>III. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>19</b>
A. Waktu dan Tempat Penelitian .....	19
B. Alat dan Bahan Penelitian .....	19
1. Alat Penelitian .....	19
2. Bahan Penelitian .....	20
C. Prosedur Penelitian .....	20
1. Preparasi Sekam Padi .....	20
2. Ekstraksi Silika Sekam Padi .....	20
3. Pembuatan Paduan Silika Aspal .....	22
4. Pembuatan Pelet Paduan Silika Aspal .....	22
5. Uji Sampel .....	23
D. Diagram Alir Penelitian .....	25
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>28</b>
A. Pengantar .....	28
B. Hasil Preparasi Sampel Paduan Silika Sekam Padi dan Aspal.....	28
C. Hasil Analisis XRD .....	30
D. Hasil Analisis FTIR .....	32
E. Hasil Uji Kadar Air.....	36
F. Hasil Uji Pengembangan Tebal .....	38
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>40</b>
A. Kesimpulan .....	40
B. Saran .....	41
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>42</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>47</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Pola difraksi silika sekam padi (Shinohara dan Kohyama, 2004) .....	8
2.2. Spektrum FTIR silika sekam padi (Rosalia <i>et al.</i> , 2016) .....	9
2.3. Proses pembentukan sinar-X (Setiabudi <i>et al.</i> , 2012).....	12
2.4. Skema difraksi sinar-X (Cullity, 1978).....	13
2.5. Pola XRD aspal + 4 % nanosilika (Nazari <i>et al.</i> , 2018).....	14
2.6. Spektrum FTIR nanosilika dan modifikasi aspal nanosilika (Villacorta dan Nordcbeck, 2017).....	16
3.1. Diagram alir preparasi sekam padi.....	25
3.2. Diagram alir ekstraksi silika sekam padi .....	26
3.3. Diagram alir pembuatan paduan silika aspal .....	27
4.1. Hasil tahapan ekstraksi silika (a) sol silika, (b) gel silika sebelum dicuci, (c) gel silika setelah dicuci, (d) serbuk silika sekam padi, dan (e) silika sekam padi bentuk pelet.....	29
4.2. Hasil paduan silika sekam padi dan aspal bentuk pelet. ....	30
4.3. Difraktogram sampel (a) SA0, (b) SA04, (c) SA05, dan (d) SA06 .....	31
4.4. Spektrum FTIR sampel (a) SA0, (b) SA04, (c) SA05, dan (d) SA06 .....	34
4.5. Hasil uji kadar air sampel.....	37
4.6. Hasil uji pengembangan tebal sampel.....	38

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Komposisi kimia sekam padi (Sembiring dan Karo Karo, 2007) .....	6
4.1. Nilai persen transmitansi masing-masing gugus fungsi.....	35
4.2. Puncak serapan gugus fungsi silika sekam padi serta paduan silika sekam padi dan aspal .....	36

## I. PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, menuntut ilmuwan untuk mengembangkan suatu material yang lebih baik. Salah satu material yang banyak dikembangkan saat ini adalah silika. Silika merupakan senyawa kimia dengan rumus molekul  $\text{SiO}_2$ . Silika dapat diperoleh dari tongkol jagung (Chanadee dan Chaiyarat, 2016), daun bambu (Aminullah *et al.*, 2015), ampas tebu (Norsuraya *et al.*, 2016), dan yang paling banyak digunakan adalah sekam padi (Bakar *et al.*, 2016; Simanjuntak *et al.*, 2016; Sembiring dan Karo Karo, 2007; dan Kalapathy *et al.*, 2000).

Sekam padi merupakan bahan buangan atau bahan sisa yang diperoleh dari proses penggilingan padi. Sekam padi mempunyai komposisi utama, yaitu lignin (9-20 %), selulosa (28-38 %), protein (1,9-3 %), dan silika (18,8-22,3 %) (Johnson dan Yunus, 2009). Komposisi silika yang terdapat dalam sekam padi cukup tinggi sehingga sekam padi dapat dimanfaatkan sebagai sumber silika. Silika sekam padi dapat diekstrak menggunakan metode ekstraksi alkalis (Simanjuntak *et al.*, 2016; Sembiring dan Karo Karo, 2007; Suka *et al.*, 2008) dan pengabuan (Haslinawati *et al.*, 2009). Metode ekstraksi alkalis mempunyai kelebihan dibanding dengan metode pengabuan, seperti menggunakan suhu yang rendah (Suka *et al.*, 2008),

biaya yang relatif murah, dan kemurnian silika yang cukup tinggi (Sembiring dan Karo Karo, 2007).

Sembiring dan Karo Karo (2007) telah melakukan penelitian mengenai ekstraksi silika dari sekam padi menggunakan metode ekstraksi alkalis. Larutan alkalis yang digunakan yaitu KOH 5 % untuk memperoleh sol silika dan HCl 10 % untuk pengendapan silika. Hasil penelitian tersebut diperoleh bahwa sekam padi mempunyai kemurnian silika sebesar 94,66 % dan hasil analisis *X-Ray Diffraction* (XRD) menunjukkan bahwa silika sekam mempunyai struktur amorf yang ditandai dengan adanya pola difraksi yang lebar. Selain itu, silika sekam padi juga bersifat hidrofilik (suka air) dan mempunyai stabilitas termal yang tinggi (Sulastrid dan Kristianingrum, 2010).

Berdasarkan karakteristik yang dimiliki tersebut, silika sekam padi berpotensi menjadi bahan baku untuk produksi berbagai bahan berbasis silika seperti *cordierite* (Sembiring *et al.*, 2009) dan *mullite* (Sembiring *et al.*, 2013) serta dapat dijadikan sebagai pengisi (*filler*). Chuayjuljit *et al.* (2001) telah melakukan penelitian mengenai silika abu sekam padi yang digunakan sebagai pengisi pada karet alam. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa dengan menambahkan silika abu sekam padi ke dalam karet alam akan meningkatkan sifat mekanik seperti kekerasan dan kuat tarik. Selain bahan karet alam, silika juga dapat digunakan sebagai pengisi pada aspal.

Aspal merupakan material berwarna coklat tua hingga hitam dan berbentuk padat atau semi padat. Aspal sebagai senyawa hidrokarbon mengandung karbon (82-88 %), hidrogen (8-11 %), sulfur (0-6 %), oksigen (0-1,5 %), dan nitrogen (0-1 %)

(Read dan Whiteoak, 2003). Aspal mempunyai sifat melekat (Krebs dan Walker, 1971) dan tidak suka air (hidropobik) (Hardjono, 2001). Aspal juga bersifat termoplastis, yang berarti pada suhu rendah aspal akan menjadi keras atau lebih kental dan pada suhu tinggi aspal akan mencair (Sukirman, 2003).

Berdasarkan sifat yang dimiliki silika dan aspal, kedua bahan tersebut dapat dijadikan sebagai bahan paduan. Yusoff *et al.* (2014) telah melakukan penelitian mengenai silika yang digunakan sebagai pengisi pada aspal. Penelitian tersebut disimpulkan bahwa dengan menambahkan silika ke dalam aspal dapat meningkatkan kekuatan campuran aspal. Sedangkan menurut penelitian Shi *et al.* (2017) campuran aspal silika dapat bekerja pada suhu tinggi dan lebih mudah retak pada suhu rendah. Budiawati (2019) juga melakukan penelitian mengenai paduan aspal silika menggunakan perbandingan massa 1:1,8; 1:1,9; dan 1:2 dengan massa yang tetap adalah massa aspal. Penelitian tersebut menghasilkan bahwa nilai kadar air dan daya serap air akan meningkat seiring dengan bertambahnya massa silika pada sampel.

Berdasarkan pemaparan di atas, pada penelitian ini telah dilakukan proses pembuatan paduan silika sekam padi dan aspal. Silika sekam padi diperoleh menggunakan metode ekstraksi alkalis. Silika sekam padi yang diperoleh kemudian dicampur dengan aspal. Perbandingan massa silika sekam padi dan aspal yang digunakan yaitu 1:0,4; 1:0,5; dan 1:0,6. Selanjutnya sampel dikarakterisasi dengan *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui struktur, *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsi, serta

dilakukan uji sifat fisis yaitu kadar air dan pengembangan tebal (*swelling thickness*).

### **B. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana struktur, gugus fungsi, dan sifat fisis (kadar air dan pengembangan tebal) paduan silika sekam padi dan aspal?

### **C. Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini yaitu perbandingan massa paduan silika sekam padi dan aspal yang digunakan 1:0,4; 1:0,5; dan 1:0,6.

### **D. Tujuan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur, gugus fungsi, dan sifat fisis (kadar air dan pengembangan tebal) paduan silika sekam padi dan aspal.

### **E. Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi terkait struktur, gugus fungsi, dan sifat fisis (kadar air dan pengembangan tebal) paduan silika sekam padi dan aspal. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi acuan dalam studi selanjutnya mengenai pembuatan paduan silika sekam padi dan aspal.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Silika

Silika adalah senyawa kimia dengan rumus molekul  $\text{SiO}_2$  (*silicon dioxide*). Silika mempunyai massa molar 60,1 g/mol dengan berat jenis 2,2-2,6 g/cm<sup>3</sup> dan mempunyai titik lebur serta didih yang tinggi yaitu sebesar 1610-1713 °C dan 2230 °C (Haynes, 2011). Silika dapat diperoleh dari silika mineral dan nabati. Silika mineral biasanya diperoleh dari batu apung (Mourhly *et al.*, 2015), pasir kuarsa (Munasir *et al.*, 2015), dan tanah liat (Zulfiqar *et al.*, 2016) yang masing-masing memiliki kemurnian silika sebesar 48 %; 82 %; dan 58,10 %. Silika mineral saat ini cukup sulit untuk didapatkan dan mempunyai kemurnian silika yang tidak tinggi sehingga diperlukan alternatif lain untuk memperoleh silika seperti silika nabati.

Silika nabati dapat mudah ditemukan pada tumbuhan, mempunyai kemurnian yang cukup tinggi, dan tanpa perlakuan suhu tinggi mempunyai struktur amorf (Bakar *et al.*, 2016; Sembiring dan Karo Karo, 2007). Silika nabati dengan kemurnian yang tinggi dapat diperoleh dari tongkol jagung sebesar 90,60 % (Chanadee dan Chaiyarat, 2016), daun bambu 75,90 % (Aminullah *et al.*, 2015), ampas tebu 88,13 % (Norsuraya *et al.*, 2016), dan sekam padi yang mempunyai

kemurnian silika lebih tinggi dibanding yang lain yaitu sebesar 95,77 % (Bakar *et al.*, 2016).

### 1. Silika Sekam Padi

Sekam padi adalah bagian terluar dari butir padi yang merupakan hasil samping saat proses penggilingan padi. Sekam padi memiliki beberapa unsur organik seperti karbon (39,8-41,1 %wt), hidrogen (5,7-6,1 %wt), oksigen (0,5-0,6 %wt), dan nitrogen (37,4-36,6 %wt), serta senyawa anorganik seperti silika (Korotkova *et al.*, 2016). Silika pada sekam padi mempunyai kemurnian mencapai 94,66 % (Sembiring dan Karo Karo, 2007). Selain silika, sekam padi mempunyai komposisi kimia lainnya seperti ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Komposisi kimia sekam padi (Sembiring dan Karo Karo, 2007)

Komposisi Kimia	Kemurnian (%)
SiO <sub>2</sub>	94,66
CaO	0,71
Na <sub>2</sub> O	1,50
K <sub>2</sub> O	1,01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,56
MgO	0,56

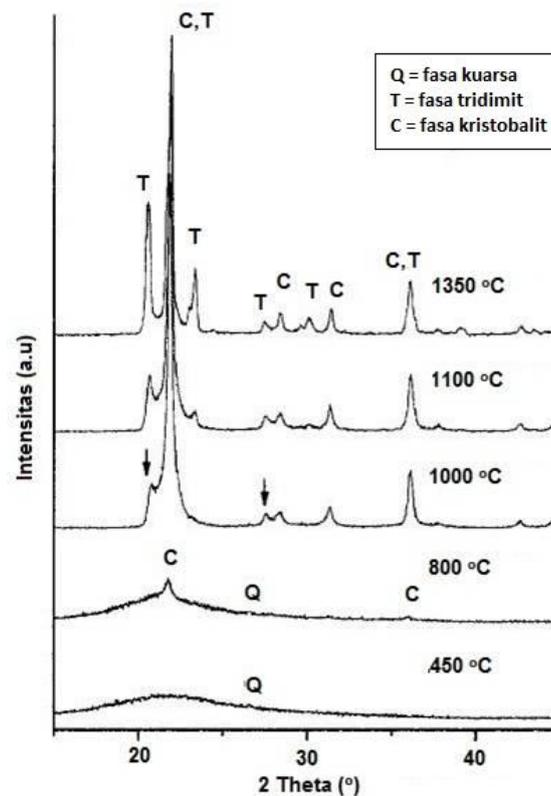
Silika dari sekam padi dapat diperoleh dengan metode ekstraksi alkalis. Metode ini menggunakan larutan alkalis seperti kalium hidroksida (KOH) dan natrium hidroksida (NaOH) untuk memperoleh sol silika dan larutan asam seperti seperti asam klorida (HCl) dan asam nitrat (HNO<sub>3</sub>) untuk pengendapan silika terlarut (Suka *et al.*, 2008; Kalapathy *et al.*, 2000; Simanjuntak *et al.*, 2016). Pandiangan *et al.* (2008) telah melakukan ekstraksi silika dari sekam padi menggunakan larutan KOH dengan berbagai variasi konsentrasi serta larutan HNO<sub>3</sub> 10 %

sebagai pengendap. Penelitian ini memperoleh hasil bahwa kondisi optimum untuk ekstraksi silika dari sekam padi adalah menggunakan KOH 1,5 % selama 30 menit. Sedangkan penelitian yang dilakukan Suka *et al.* (2008) menunjukkan bahwa kondisi optimum untuk ekstraksi silika dari sekam padi adalah menggunakan KOH 5 % selama 1 jam. Simanjuntak *et al.* (2016) juga melakukan ekstraksi silika sekam padi menggunakan metode ekstraksi alkalis. Larutan alkalis yang digunakan yaitu NaOH 5 % untuk memperoleh sol silika dan HNO<sub>3</sub> 10 % untuk pengendapan silika terlarut.

## **2. Struktur dan Fungsionalitas Silika Sekam Padi**

Silika sekam padi secara alami berstruktur amorf pada suhu di bawah 800 °C (Shinohara dan Kohyama, 2004). Silika amorf mempunyai stabilitas rendah sehingga mudah bereaksi dengan pereaksi lain. Kereaktifan silika sekam padi menurun dengan naiknya suhu di atas 800 °C akibat meningkatnya kristalinitas dalam bentuk kristobalit dan tridimit (Sembiring dan Karo Karo, 2007; Shinohara dan Kohyama, 2004). Shinohara dan Kohyama (2004) telah melakukan penelitian mengenai pengaruh suhu *sintering* terhadap struktur silika sekam padi yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. Silika sekam padi yang *disintering* pada suhu 450 °C mempunyai struktur amorf. Seiring dengan meningkatnya suhu *sintering*, struktur amorf dari silika sekam padi berubah menjadi kristal yang ditandai dengan mulai terbentuknya fasa kristobalit (C) pada suhu 800 °C dan tridimit (T) pada suhu 1000 °C. Kemudian dengan peningkatan suhu *sintering* 1100-1350 °C, intensitas yang dihasilkan dari fasa kristobalit pada  $2\theta = 21,8^\circ$  dan tridimit pada  $20,5^\circ$  semakin tinggi dibandingkan dengan suhu sintering 800 dan 1000 °C. Hal

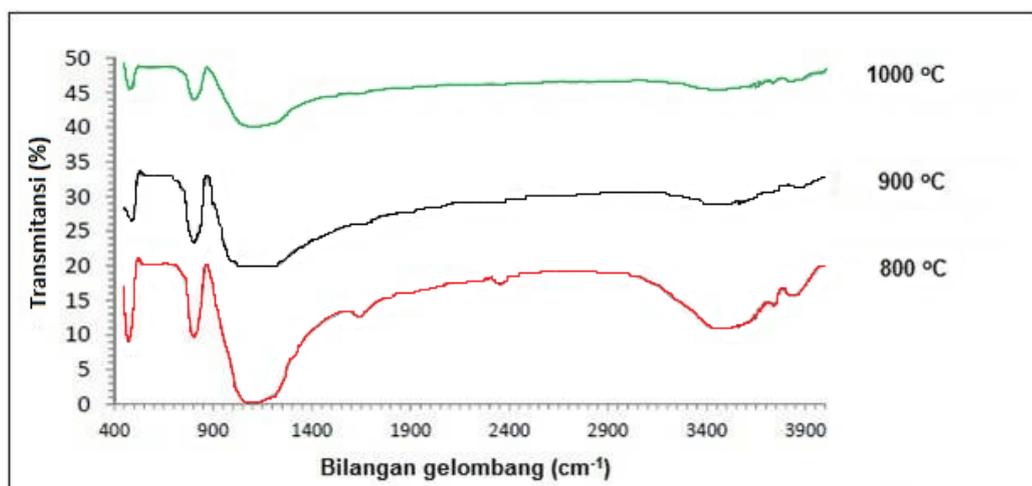
ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Haslinawati *et al.* (2009), bahwa pada suhu 1000 °C silika sekam padi sudah berstruktur kristal dengan fasa kristobalit dan tridimit. Kemudian dengan kenaikan suhu *sintering* 1300-1400 °C fasa kristobalit dan tridimit yang terbentuk semakin meningkat intensitasnya yang berada pada puncak  $2\theta = 21,9^\circ$  dan  $20,6^\circ$ .



Gambar 2.1. Pola difraksi silika sekam padi (Shinohara dan Kohyama, 2004).

Selain itu, gugus-gugus fungsi yang ada pada silika sekam padi dapat dikarakterisasi menggunakan FTIR. Rosalia *et al.* (2016) melakukan penelitian mengenai silika sekam padi yang diberi perlakuan suhu *sintering* dan menghasilkan spektrum seperti pada Gambar 2.2. Rosalia *et al.* (2016) memperoleh bahwa pada suhu *sintering* 800 °C, puncak serapan pertama yang diyakini berkaitan dengan gugus fungsi pada silika adalah puncak pada bilangan

gelombang  $3508,18 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya gugus fungsi -OH (hidroksil). Kehadiran gugus fungsi -OH, mengindikasikan adanya ikatan dengan logam Si membentuk Si-OH (silanol). Puncak serapan kedua yang diyakini menunjukkan gugus fungsi silika adalah pada puncak serapan bilangan gelombang  $1102,01 \text{ cm}^{-1}$  yang merupakan gugus fungsi Si-O-Si (siloksan). Gugus fungsi Si-O-Si diperkuat dengan adanya dua puncak serapan pada bilangan gelombang  $816,10 \text{ cm}^{-1}$  dan  $472,8 \text{ cm}^{-1}$  yang merupakan puncak serapan dari gugus fungsi Si-O (siloksi). Seiring dengan kenaikan suhu sintering  $900\text{-}1000 \text{ }^\circ\text{C}$ , intensitas serapan gugus fungsi -OH mengalami penurunan yang menyebabkan gugus fungsi lainnya seperti Si-OH, Si-O, dan Si-O-Si ikut mengalami penurunan.



Gambar 2.2. Spektrum FTIR silika sekam padi (Rosalia *et al.*, 2016).

## B. Aspal

Aspal merupakan senyawa hidrokarbon alam yang mempunyai susunan atom tidak beraturan (amorf). Aspal umumnya berwarna coklat tua hingga hitam dan pada suhu ruang akan berbentuk padat atau semi padat (Krebs dan Walker, 1971). Aspal berfungsi sebagai bahan pengikat dari campuran material. Selain itu, aspal

mempunyai sifat melekat, hidropobik, dan termoplastis. Sifat termoplastis aspal sangat dipengaruhi oleh suhu. Pada suhu rendah aspal akan berbentuk padat sedangkan pada suhu tinggi aspal akan mencair (Munsil, 2018).

### **1. Penyusun Aspal**

Aspal sebagai senyawa hidrokarbon mempunyai unsur utama yaitu karbon (82-88%) dan hidrogen (8-11%), serta sedikit sulfur (0-6%), oksigen (0-1,5%) dan nitrogen (0-1%). Aspal juga tersusun dari dua jenis senyawa yaitu aspalten dan malten. Aspalten merupakan senyawa berwarna coklat kehitaman, tidak larut dalam n-heptana, mengandung karbon dan hidrogen serta beberapa sulfur, oksigen, dan nitrogen. Aspalten umumnya dianggap sebagai bahan aromatik yang sangat polar dan kompleks dengan berat molekul cukup tinggi yaitu 1000-100000 g/mol. Sementara malten tersusun dari senyawa resin, *saturates*, dan aromatik. Resin berwarna coklat tua, larut dalam n-heptana, bersifat non polar, dan mengandung unsur yang sama seperti aspalten. Resin mempunyai berat molekul lebih rendah dari aspalten yaitu 500-50000 g/mol. *Saturates* tersusun dari hidrokarbon alifatik bercabang, lurus, alkil naften, aromatik, dan bersifat non polar. Aromatik mempunyai berat molekul 300-500 g/mol, bersifat non polar, didominasi oleh cincin tidak jenuh, dan pada umumnya terdiri dari aromatik naften (Read dan Whiteoak, 2003).

### **2. Komposit Aspal**

Komposit aspal merupakan campuran antara aspal dengan suatu bahan tambahan. Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk membuat komposit aspal yaitu salah satunya dengan menambahkan silika ke dalam aspal. Berdasarkan

penelitian yang telah dilakukan Shi *et al.* (2017), aspal yang dimodifikasi dengan nanosilika dapat bekerja pada suhu tinggi dan sedikit lebih mudah retak bila bekerja pada suhu rendah. Penambahan nanosilika juga dapat meningkatkan kekuatan campuran aspal (Yusoff *et al.*, 2014). Selain dengan menambahkan nanosilika ke dalam aspal, silika silane juga dapat digunakan sebagai bahan campuran aspal modifikasi. Guo *et al.* (2016) melakukan penelitian dengan menambahkan silika silane ke dalam aspal yang sudah dicairkan dan dipanaskan pada suhu 160 °C dan diaduk dengan kecepatan 4000 rpm selama 1 jam. Penelitian ini menghasilkan bahwa silika silane dapat meningkatkan campuran kinerja suhu tinggi dan rendah.

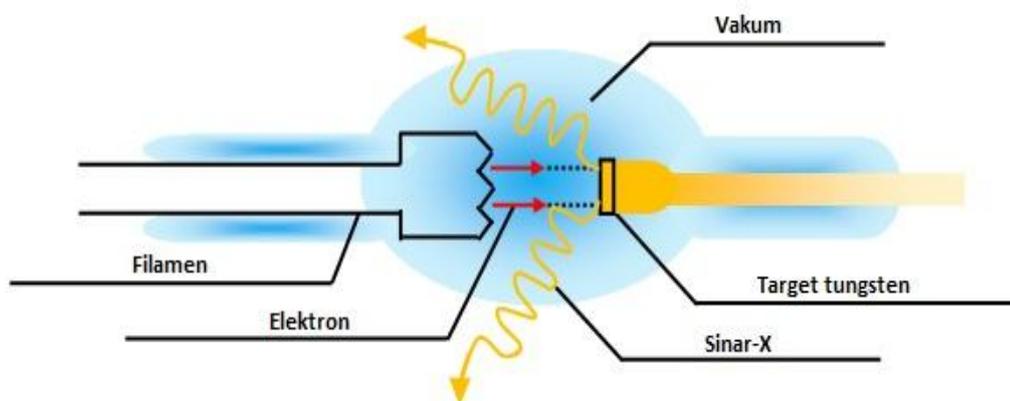
Isma *et al.* (2019) juga telah melakukan penelitian mengenai uji pengembangan tebal aspal akibat penambahan silika sekam padi. Perbandingan aspal dan silika sekam padi yang digunakan yaitu 1:1,8; 1:1,9; dan 1:2. Hasil uji pengembangan tebal menunjukkan bahwa semakin banyak massa silika sekam padi di dalam sampel, maka nilai pengembangan tebal dari sampel semakin meningkat. Nilai pengembangan tebal yang semakin meningkat disebabkan oleh adanya sifat hidrofilik dari silika sekam padi.

## **C. Uji**

### **1. X-Ray Diffraction (XRD)**

XRD merupakan alat karakterisasi yang digunakan untuk mengetahui struktur, ukuran kristal, dan fasa dari suatu bahan. Karakterisasi XRD menggunakan sinar-X sebagai sinar yang mengenai sampel yang akan diteliti. Sinar-X termasuk ke dalam radiasi elektromagnetik yang sama seperti cahaya dengan panjang

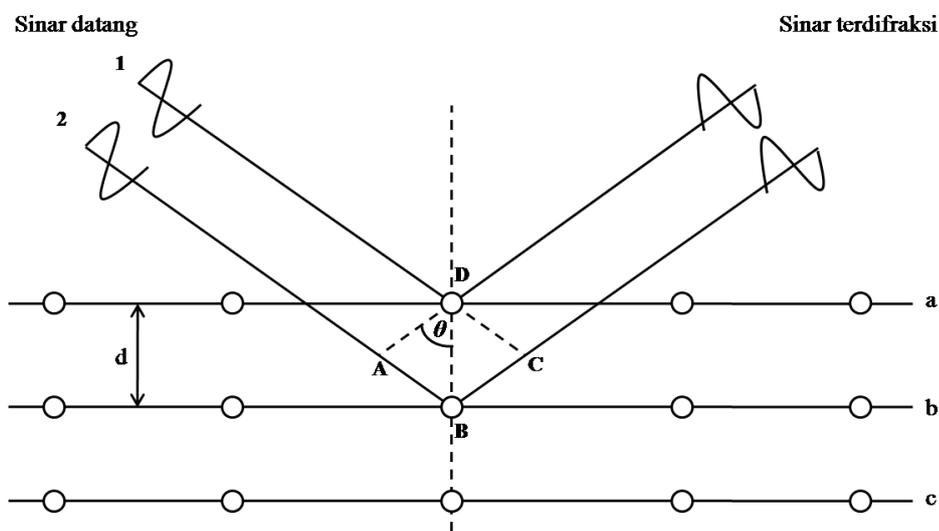
gelombang yang lebih pendek. Sinar-X yang digunakan dalam difraksi memiliki panjang gelombang berkisar antara 0,5 sampai dengan 2,5 Å. Sementara itu, panjang gelombang cahaya tampak diketahui berada dalam orde 6000 Å (Cullity dan Stock, 2014). Sinar-X dihasilkan ketika elektron berkecepatan tinggi menumbuk sebuah logam target. Sinar-X dapat diproduksi di dalam sebuah wadah (tabung) kedap udara dengan cara memanaskan filamen sehingga mengeksitasikan elektronnya yang kemudian dipercepat dengan listrik bertegangan tinggi sehingga elektron memiliki energi kinetik yang tinggi. Karena elektron bermuatan negatif, maka elektron akan bergerak menuju sebuah plat logam yang diletakkan pada bagian anoda yang bermuatan positif (Setiabudi *et al.*, 2012). Proses pembentukan sinar-X ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Proses pembentukan sinar-X (Setiabudi *et al.*, 2012).

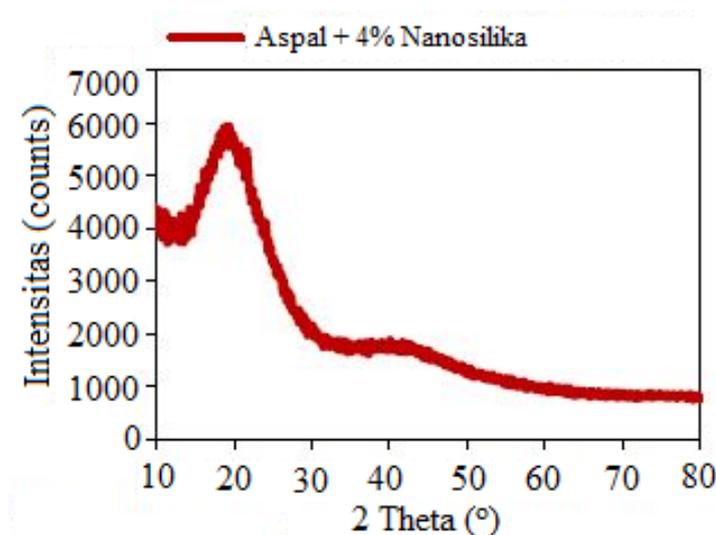
Jika seberkas sinar-X dengan panjang gelombang ( $\lambda$ ) diarahkan pada permukaan kristal dengan sudut  $\theta$ , maka sinar tersebut akan dihamburkan oleh bidang kristal. Sinar yang sefase akan saling menguatkan dan yang tidak sefase akan saling meniadakan atau melemahkan. Berkas sinar sefase tersebut yang menghasilkan puncak difraksi. Besar sudut difraksi tergantung pada panjang gelombang ( $\lambda$ )

berkas sinar-X dan jarak antar bidang penghamburan ( $d$ ). Skema difraksi sinar-X dapat dilihat pada Gambar 2.4. Gambar 2.4 menunjukkan sinar yang datang dan menumbuk pada titik bidang pertama kemudian dihamburkan oleh atom D. Sinar datang yang kedua menumbuk bidang berikutnya dan dihamburkan oleh atom B, sinar ini menempuh jarak  $AB + BC$  bila dua sinar tersebut paralel dan satu fasa (saling menguatkan).



Gambar 2.4. Skema difraksi sinar-X (Cullity, 1978).

Nazari *et al.* (2018) telah melakukan penelitian mengenai struktur dari aspal yang dicampur dengan 4 % nanosilika. Hasil analisis XRD ditunjukkan pada Gambar 2.5. Penelitian tersebut memperoleh bahwa untuk sampel aspal yang dicampur dengan 4 % nanosilika terbentuk struktur amorf dengan  $2\theta = 23^\circ$  yang teridentifikasi sebagai nanosilika dan  $2\theta$  sekitar  $18^\circ$  yang teridentifikasi sebagai aspalten.



Gambar 2.5. Pola XRD aspal + 4 % nanosilika (Nazari *et al.*, 2018).

## 2. *Fourier Transform Infrared (FTIR)*

FTIR merupakan salah satu alat yang menggunakan prinsip spektroskopi. Spektroskopi yang digunakan adalah spektroskopi inframerah yang didasarkan pada fenomena terserapnya radiasi elektromagnetik inframerah oleh vibrasi molekul. Spektrum serapan inframerah suatu material mempunyai pola yang khas, dan berguna untuk identifikasi material serta identifikasi keberadaan gugus-gugus fungsi yang ada (Setiabudi *et al.*, 2012).

Pengukuran spektrum inframerah dilakukan pada daerah sinar inframerah tengah yaitu pada panjang gelombang 2,5-50  $\mu\text{m}$  atau bilangan gelombang 4000-200  $\text{cm}^{-1}$  yang dapat mengidentifikasi senyawa organik. Energi yang dihasilkan oleh radiasi inframerah akan menyebabkan vibrasi atau getaran pada molekul. Jika suatu frekuensi tertentu dari radiasi inframerah dilewatkan pada sampel suatu senyawa organik, maka akan terjadi penyerapan frekuensi oleh senyawa tersebut. Banyaknya frekuensi yang melewati senyawa akan diukur sebagai persen

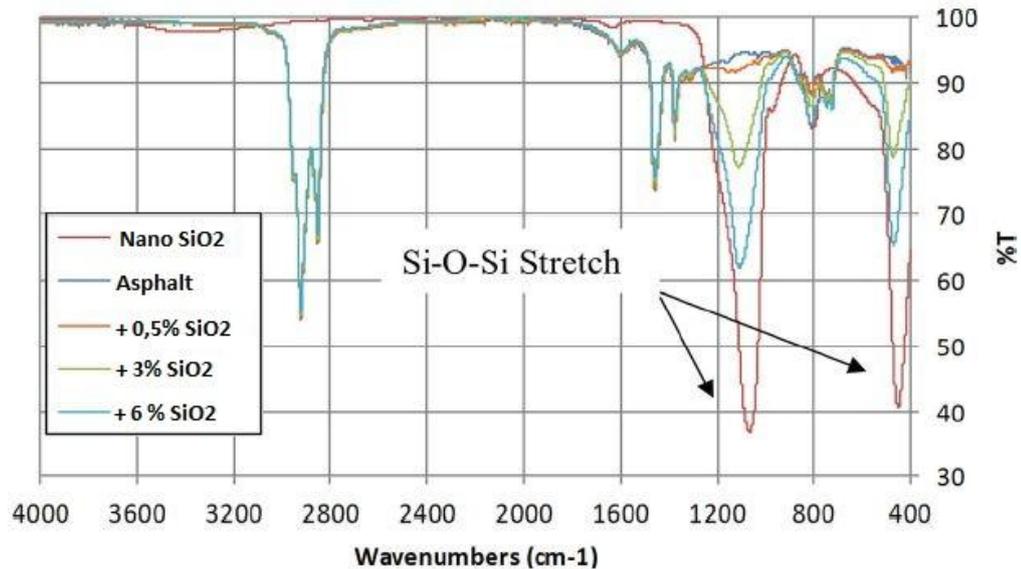
transmitan. Persen transmitan 100 berarti tidak ada frekuensi inframerah yang diserap oleh senyawa. Persen transmitan 5 berarti hampir seluruh frekuensi yang dilewatkan diserap oleh senyawa. Satuan frekuensi yang digunakan dinyatakan dalam bilangan gelombang, yang didefinisikan sebagai banyaknya gelombang dalam tiap satuan panjang (Dachriyanus, 2004).

Setiap frekuensi inframerah mempunyai energi tertentu. Apabila frekuensi yang dilewatkan diserap oleh senyawa, berarti energi tersebut ditransfer pada senyawa. Besarnya energi yang diserap dapat dihitung dengan Persamaan (2.1) dan nilai besarnya bilangan gelombang dapat diperkirakan menggunakan Persamaan (2.2).

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad (2.1)$$

$$\bar{\nu} = \frac{1}{2\pi c} \sqrt{\frac{k}{m_1 m_2 / (m_1 + m_2)}} \quad (2.2)$$

dengan  $E$  = energi yang diserap (J),  $h$  = tetapan Planck ( $6,626 \times 10^{-34}$  J.s),  $c$  = kelajuan cahaya ( $3 \times 10^{10}$  cm/s),  $\lambda$  = panjang gelombang (cm),  $\bar{\nu}$  = bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ ),  $m_1$  dan  $m_2$  = massa atom 1 dan 2 (g),  $k$  = konstanta gaya ikatan ( $\text{g/s}^2$ ) (Setiabudi *et al.*, 2012).



Gambar 2.6. Spektrum FTIR nanosilika dan modifikasi aspal nanosilika (Villacorta dan Nordbeck, 2017).

Karakterisasi FTIR untuk analisis gugus fungsi dari sampel nanosilika dan aspal yang dicampur dengan variasi penambahan nanosilika telah dilakukan oleh Villacorta dan Nordbeck (2017) yang ditunjukkan pada Gambar 2.6. Penelitian tersebut memperoleh bahwa terdapat tiga puncak karakteristik untuk sampel nanosilika yaitu pada bilangan gelombang  $1050\text{ cm}^{-1}$  dengan intensitas tinggi,  $850\text{ cm}^{-1}$  dengan intensitas rendah, dan  $450\text{ cm}^{-1}$  dengan intensitas tinggi yang menunjukkan adanya gugus fungsi Si-O-Si. Ketiga bilangan gelombang tersebut tidak terbentuk pada sampel aspal yang tidak dicampur dengan nanosilika. Semakin banyaknya persen nanosilika yang dicampur ke dalam aspal mengakibatkan intensitas dari gugus fungsi tersebut meningkat, namun tidak melebihi intensitas dari sampel nanosilika. Sedangkan pada sampel aspal dan aspal yang dicampur dengan variasi penambahan nanosilika terbentuk gugus fungsi C-H yang berada pada bilangan gelombang  $2937$  dan  $2854\text{ cm}^{-1}$ . Gugus fungsi C-H ini tidak terbentuk pada sampel nanosilika.

### 3. Kadar Air

Kadar air merupakan banyaknya air yang terkandung dalam material yang dinyatakan dalam persen. Kadar air juga salah satu karakteristik yang sangat penting pada suatu material, karena air dapat mempengaruhi penampakan serta sifat fisis dari material tersebut (Winarno, 1997). Kadar air dihitung sebagai persen berat, artinya berapa gram selisih berat dari sampel yang belum dikeringkan dengan sampel yang telah dikeringkan pada suhu 105 °C menggunakan oven. Pengujian kadar air dilakukan berdasarkan pada SNI 03-1971-1990 dengan pemanasan selama 3 jam. Untuk mendapatkan persen kadar air, dilakukan perhitungan dengan menggunakan Persamaan (2.3).

$$\text{Kadar air (\%)} = \left( \frac{m_3 - m_5}{m_5} \right) \times 100\% \quad (2.3)$$

dengan  $m_3$  adalah massa sampel sebelum dipanaskan (gram) dan  $m_5$  adalah massa sampel setelah dipanaskan (gram). Selain itu, untuk mendapatkan nilai  $m_3$  dan  $m_5$  terlebih dahulu dilakukan penimbangan massa cawan porselin ( $m_1$ ), massa cawan porselin beserta sampel yang belum dipanaskan ( $m_2$ ), dan massa cawan porselin beserta sampel yang telah dipanaskan ( $m_4$ ). Nilai  $m_3$  dan  $m_5$  dapat diperoleh menggunakan Persamaan (2.4) dan (2.5).

$$m_3 = m_2 - m_1 \quad (2.4)$$

$$m_5 = m_4 - m_1 \quad (2.5)$$

#### 4. Pengembangan Tebal (*Swelling Thickness*)

Pengembangan tebal adalah suatu perubahan ukuran rongga akibat menyerapnya air yang membuat sampel menjadi kaku. Menurut Sotannde *et al.* (2012), pengembangan tebal adalah sifat fisik terkait dengan stabilitas dimensi. Pengujian pengembangan tebal mengacu pada SNI 03-2105-2006, yang dilakukan dengan mengukur tebal sampel sebelum dan setelah direndam dengan akuades selama 24 jam. Perhitungan pengembangan tebal dilakukan menggunakan Persamaan (2.6).

$$\text{Pengembangan tebal (\%)} = \left( \frac{d_1 - d_0}{d_0} \right) \times 100\% \quad (2.6)$$

dengan  $d_0$  adalah tebal sampel sebelum direndam akuades (mm) dan  $d_1$  adalah tebal sampel setelah direndam akuades (mm).

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **A. Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni sampai dengan Agustus 2019 di Laboratorium Fisika Eksperimen, Laboratorium Fisika Material, serta Laboratorium Kimia Analitik dan Instrumentasi FMIPA Universitas Lampung. Karakterisasi XRD dilakukan di laboratorium Kimia Universitas Negeri Padang, FTIR di Laboratorium Kimia Organik Universitas Gadjah Mada, uji sifat fisis (kadar air dan pengembangan tebal) di Laboratorium Fisika Material FMIPA Universitas Lampung.

#### **B. Alat dan Bahan Penelitian**

##### **1. Alat Penelitian**

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *beaker glass*, gelas ukur, tabung *erlenmayer*, corong kimia, corong *buchner*, spatula, batang pengaduk, *hot plate stirrer*, *magnetic bar*, neraca digital, indikator pH, kertas saring, *stopwatch*, *oven*, kompor listrik, panci, cawan porselin, *aluminum foil*, plastik *wrap*, mortar dan pastel, ayakan 150 dan 250 mesh, *tissue*, plastik *cling wrap*, botol sampel, *hydraulic press*, mikrometer sekrup, XRD (X'Pert PRO PANalytical), dan FTIR (Nicolet iS10 *Spectrometer*).

## **2. Bahan Penelitian**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sekam padi, NaOH 99 %, HNO<sub>3</sub> 68 %, akuades, bensin, dan aspal.

## **C. Prosedur Penelitian**

### **1. Preparasi Sekam Padi**

Prosedur preparasi sekam padi mengacu pada penelitian yang telah dilakukan Pahlepi *et al.* (2013). Preparasi sekam padi diawali dengan mencuci sekam padi hingga bersih menggunakan air dan direndam selama 1 jam. Setelah 1 jam, sekam padi yang mengapung di permukaan air dibuang dan sekam padi yang tenggelam diambil. Sekam padi yang tenggelam kemudian direndam menggunakan air panas selama 6 jam. Sekam padi yang tenggelam diambil, kemudian ditiriskan dan dijemur selama 2 hari supaya kering secara merata. Sekam padi kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 100 °C selama 30 menit supaya sekam padi benar-benar kering. Dokumentasi preparasi sekam padi dapat dilihat pada Lampiran C.1.

### **2. Ekstraksi Silika Sekam Padi**

Sekam padi yang sudah dipreparasi selanjutnya diekstraksi untuk mendapatkan serbuk silika. Ekstraksi silika dari sekam padi mengacu pada penelitian yang telah dilakukan Simanjuntak *et al.* (2016). Sekam padi sebanyak 50 gram ditambahkan ke dalam 500 ml larutan NaOH 1,5 % b/v dengan pH 13. Perhitungan untuk membuat larutan NaOH 1,5 % b/v dapat dilihat pada Lampiran A.1. Selanjutnya sekam padi yang sudah dimasukkan ke dalam larutan NaOH 1,5 % b/v dipanaskan

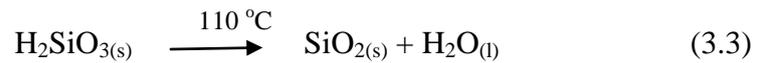
menggunakan kompor listrik selama 30 menit hingga mendidih dengan pH 12. Setelah uap panas hilang, dilakukan penutupan dengan *plastic wrap* dan didiamkan selama 24 jam, proses ini disebut *aging* (penuaan). Setelah didiamkan, ampas sekam padi dipisahkan dari ekstrak sekam padi menggunakan corong *buncher* untuk memperoleh filtrat silika terlarut (sol). Reaksi kimia yang terjadi saat pembentukan sol silika ditunjukkan pada Persamaan (3.1) (Gosh dan Bhattacharjee, 2013),



Sol silika dengan pH 12 kemudian disaring menggunakan kertas saring agar terpisah dari zat pengotor (organik). Sol silika yang telah disaring kemudian ditetesi dengan larutan HNO<sub>3</sub> 10 % v/v setetes demi setetes sambil terus diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 1000 rpm sampai pH 7 dan terbentuk gel silika. Perhitungan untuk membuat larutan HNO<sub>3</sub> 10 % v/v dapat dilihat pada Lampiran A.2 dan reaksi kimia untuk pembentukan gel silika ditunjukkan pada Persamaan (3.2) (Gosh dan Bhattacharjee, 2013),



Gel silika yang terbentuk kemudian ditutup dengan plastik *wrap* dan didiamkan selama 24 jam. Setelah itu, gel silika yang berwarna coklat pekat dicuci dengan akuades hangat dan disaring menggunakan kertas saring hingga gel silika tersebut berwarna putih. Gel silika kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 110 °C selama 3 jam hingga diperoleh silika padatan. Reaksi pemanasan untuk pembentukan silika ditunjukkan pada Persamaan (3.3) (Gosh dan Bhattacharjee, 2013),



Silika padatan selanjutnya digerus dengan menggunakan mortar dan pastel hingga menjadi serbuk silika. Serbuk silika yang sudah digerus kemudian diayak 250 mesh. Serbuk silika yang sudah diayak akan dilakukan uji XRD dan FTIR.

### 3. Pembuatan Paduan Silika Aspal

Pembuatan paduan silika aspal mengacu pada penelitian yang telah dilakukan Budiawati (2019) dan Nazari *et al.* (2018). Massa perbandingan silika dan aspal yang digunakan yaitu 1:0,4; 1:0,5; dan 1:0,6. Proses pembuatan paduan silika aspal diawali dengan menimbang aspal sebanyak 2; 2,5; dan 3 gram. Aspal kemudian dilarutkan dengan bensin sebanyak 30 ml sambil diaduk dan dipanaskan menggunakan *hot plate stirrer* pada suhu 160 °C. Aspal yang sudah cair kemudian ditambahkan serbuk silika sebanyak 5 gram sedikit demi sedikit sambil terus diaduk hingga homogen dan menjadi serbuk paduan silika aspal. Serbuk paduan silika aspal kemudian dipanaskan menggunakan oven pada suhu 150 °C selama 3 jam. Selanjutnya, serbuk paduan silika aspal digerus dengan mortar dan pastel kemudian diayak 150 mesh untuk mendapatkan serbuk paduan silika aspal yang lebih halus dan homogen. Serbuk yang sudah diayak akan dilakukan uji XRD dan FTIR.

### 4. Pembuatan Pelet Paduan Silika Aspal

Pembuatan pelet paduan silika aspal dilakukan menggunakan alat *hydraulic press*. Langkah pertama yang dilakukan yaitu, serbuk paduan silika aspal masing-masing sampel ditimbang sebanyak 2 gram. Setelah ditimbang, masing-masing sampel

dimasukkan ke dalam cetakan *press* berbentuk silinder dengan diameter 2 cm. Cetakan *press* kemudian dimasukkan ke dalam alat *pressing* dan sekrup diputar untuk menahan tuas supaya terkunci. Tuas pompaan ditekan sampai mendapatkan berat beban sebesar 10 ton. Selanjutnya sekrup diputar secara perlahan-lahan untuk melepaskan cetakan *press* dan tuas ditekan kembali untuk mengeluarkan hasil pelet.

## 5. Uji Sampel

Uji yang dilakukan pada penelitian ini yaitu, XRD, FTIR serta uji sifat fisis berupa kadar air dan pengembangan tebal.

### a. XRD

Struktur dari sampel dikarakterisasi menggunakan X'Pert PRO PANalytical dengan radiasi Cu-K $\alpha$  yang dioperasikan pada 40 kV dan 30 mA dengan sampel berbentuk serbuk. *Step size* yang digunakan adalah 0,0260 pada rentang  $2\theta$  sebesar 5 hingga 100°. Pengolahan data dianalisis menggunakan perangkat lunak Match!.

### b. FTIR

Gugus fungsi sampel dikarakterisasi menggunakan Nicolet iS10 FTIR *Spectrometer* pada rentang bilangan gelombang 4000-400 cm<sup>-1</sup> dengan sampel berbentuk serbuk. Analisis data dilakukan dengan membandingkan hasil yang diperoleh terhadap hasil penelitian-penelitian terdahulu.

**c. Kadar Air**

Pengujian kadar air dilakukan berdasarkan pada SNI: 03-1971-1990 dengan sampel berbentuk pelet. Prosedur pengujian kadar air sebagai berikut:

1. Cawan porselin ditimbang dan dicatat ( $m_1$ );
2. Sampel dimasukkan ke dalam cawan porselin dan ditimbang massanya ( $m_2$ );
3. Massa sampel sebelum dipanaskan dihitung menggunakan Persamaan (2.4)
4. Cawan porselin dipanaskan beserta sampel dalam oven dengan suhu 105 °C selama 3 jam;
5. Setelah dipanaskan ditimbang dan dicatat cawan porselin beserta sampel ( $m_4$ );
6. Massa sampel setelah dipanaskan dihitung menggunakan Persamaan (2.5)
7. Kadar air sampel dihitung dengan Persamaan (2.3).

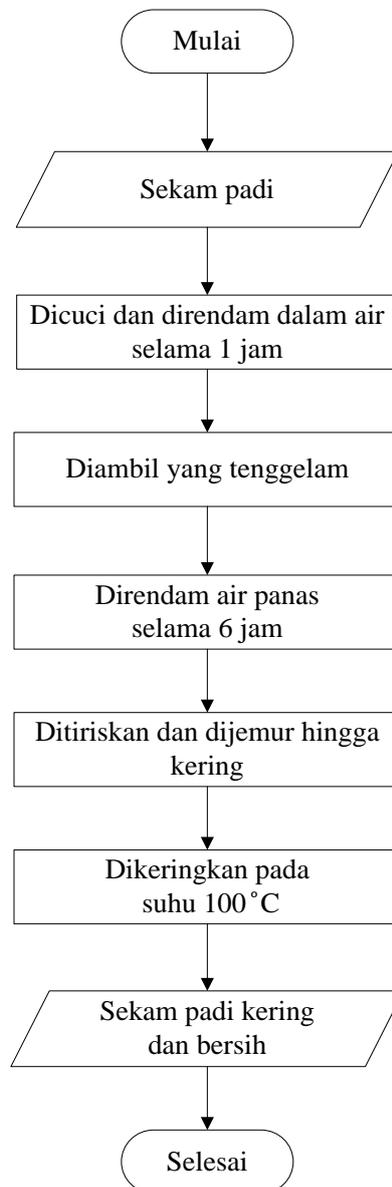
**d. Pengembangan Tebal**

Pengujian pengembangan tebal menggunakan sampel berbentuk pelet dan dilakukan berdasarkan pada SNI 03-2105-2006 sebagai berikut:

1. Sampel yang telah dipelet disiapkan terlebih dahulu;
2. Ketebalan sampel diukur menggunakan mikrometer sekrup untuk menentukan tebal sampel awal ( $d_0$ );
3. *Beaker glass* diisi dengan akuades 35 ml kemudian sampel dimasukkan ke *beaker glass* tersebut lalu didiamkan selama 24 jam;
4. Sampel dibersihkan dengan tisu kemudian diukur menggunakan mikrometer sekrup untuk mengetahui tebal sampel setelah perendaman ( $d_1$ );
5. Pengembangan tebal dihitung dengan Persamaan (2.6).

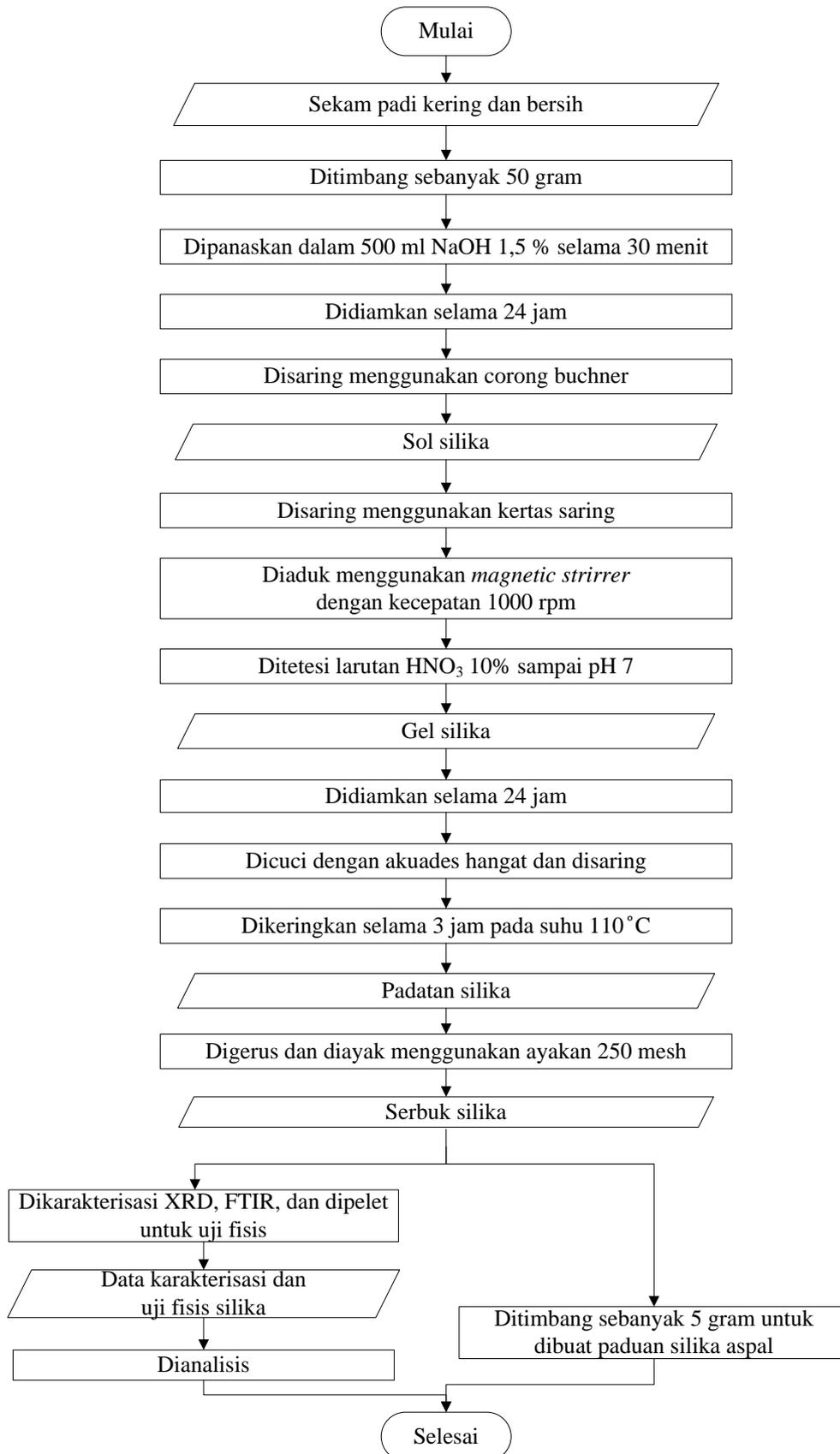
#### D. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.1, Gambar 3.2, dan Gambar 3.3.

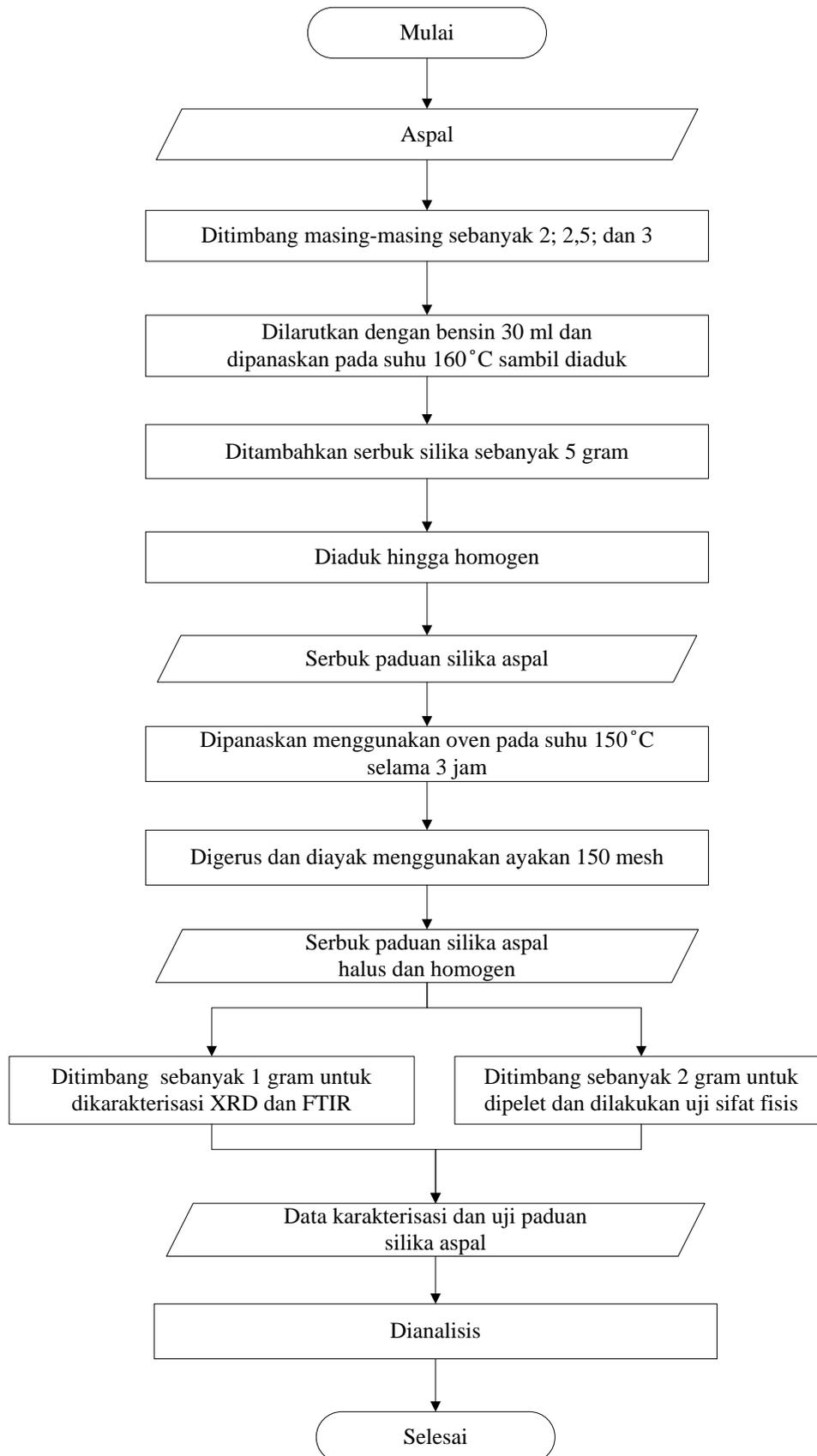


Gambar 3.1. Diagram alir preparasi sekam padi.

Untuk diagram alir ekstraksi alkalis silika sekam padi dan pembuatan sampel paduan silika aspal dengan perbandingan 1:0,4; 1:0,5; 1:0,6 dan 1:0,7 ditunjukkan seperti pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3.



Gambar 3.2. Diagram alir ekstraksi silika sekam padi.



Gambar 3.3. Diagram alir pembuatan paduan silika aspal.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis XRD sampel silika sekam padi serta paduan silika sekam padi dan aspal dengan perbandingan massa 1:0,4; 1:0,5; dan 1:0,6 menunjukkan struktur yang sama yaitu amorf. Penambahan aspal mengakibatkan teridentifikasi adanya karbon ( $C_{60}$ ) pada  $2\theta = 20^\circ$  dan terjadi pergeseran  $2\theta$  intensitas tertinggi silika dari  $22^\circ$  menjadi  $21^\circ$ ;
2. Hasil analisis FTIR menunjukkan bahwa seiring dengan penambahan aspal menyebabkan nilai persen transmitansi terkait gugus fungsi silika yaitu Si-OH, O-H, Si-O-Si, dan Si-O cenderung meningkat serta menyebabkan hadirnya gugus fungsi baru yaitu C-H. Hadirnya gugus fungsi C-H mengindikasikan sebagai gugus utama pembentukan aspal di dalam sampel. Selain itu, tidak adanya gugus fungsi baru terkait silika dan aspal mengindikasikan bahwa sampel tidak bereaksi secara kimia;
3. Hasil uji kadar air dan pengembangan tebal semakin menurun seiring dengan penambahan aspal di dalam sampel.

## **B. Saran**

Penelitian selanjutnya disarankan untuk membuat paduan silika sekam padi dan aspal dengan menggunakan perbandingan dan suhu yang berbeda agar menghasilkan sifat fisis yang lebih baik.

## **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR PUSTAKA

- Adam, F., Kandasamy, K., dan Balakrishnan, S. 2006. Iron incorporated heterogeneous catalyst from rice husk ash. *Journal of Colloid and Interface Science*. 304(1):137-143.
- Ali, S. I., Ismail, A., Karim, M. R., Yusoff, N. I., Al-Mansob, R. A., dan Aburkaba, E. 2016. Performance evaluation of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticle modified asphalt binder. *Road Materials and Pavement Design*. 18(6):1251-1268.
- Alias, N. H., Ghazali, N. A., Mohd, T. A., Manaf, S. F., Ramlee, N. A., dan Sauki, A. 2016. Modified agro waste rice husk ash as adsorbent for natural gas storage system. *International Journal of Chemical Engineering and Applications*. 7(5):348-352.
- Alizadeh, A. dan Modarres, A. 2019. Mechanical dan microstructural study of RAP–clay composites containing bitumen emulsion and lime. *Journal of Material in Civil Engineering*. 31(2):1-14.
- Aminullah, Rohaeti, E., dan Irzaman. 2015. Reduction of high purity silicon from bamboo leaf as basic material in development of sensors manufacture in satellite technology. *Procedia Environmental Sciences*. 24:308-316.
- Bakar, R. A., Yahya, R., dan Gan, S. N. 2016. Production of high purity amorphous silica from rice husk. *Procedia Chemistry*. 19:189-195.
- Budiawati, L. 2019. Pengaruh penambahan silika sekam padi terhadap sifat fisik dan struktur fasa aspal. *Skripsi*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Chanadee, T. dan Chaiyarat, S. 2016. Preparation and characterization of low cost silica powder from sweet corn cobs (*Zea mays saccharata* L.). *Journal of Materials and Environmental Science*. 7(7):2369-2374.
- Chi, F. dan Liu, Z. 2017. Qualitative analysis of SBS modifier in asphalt pavements using field samples. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 207(1):1-6.
- Chuayjuljit, S., Eiumnoh, S., dan Potiyaraj, P. 2001. Using silica from rice husk as a reinforcing filler in natural rubber. *Journal of Scientific Research Chulalongkorn University*. 26(2):127-138.

- Cullity, B. D. 1978. *Element of X-Ray Diffraction Second Edition*. Philippines: Addition-Wesley Publishing Company, Inc.
- Cullity, B. D. dan Stock, S. R. 2014. *Elements of X-Ray Diffraction Third Edition*. London: Pearson Education Limited.
- Dachriyanus. 2004. *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi*. Padang: Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LPTIK) Universitas Andalas.
- Dominic, M. dan Jose, A. 2014. Rice husk silica-efficient bio filler in high density polyethylene. *International Journal of Advanced Scientific and Technical Research*. 2(4):561-569.
- Geetha, D., Ananthiand, A., dan Ramesh, P. S. 2016. Preparation and characterization of silica material from rice husk ash-an economically viable method. *Research and Reviews: Journal of Pure and Applied Physics*. 4(3):20-26.
- Ghosh, R. dan Bhattacharjee, S. 2013. A review study on precipitated silica and activated carbon from rice husk. *Journal of Chemical Engineering and Process Technology*. 4(4): 2-7.
- Guo, X., Sun, M., Dai, W., dan Chen, S. 2016. Performance characteristics of silane silica modified asphalt. *Advances in Materials Science and Engineering*. 11:1-7.
- Hardjono, A. 2001. *Teknologi Minyak Bumi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Haslinawati, M., Matori, K., Wahab, Z., Sidek, H., dan Zainal, A. 2009. Effect of temperature on ceramic from rice husk ash. *International Journal of Basic & Applied Sciences*. 9(9):22-25.
- Haynes, W. M. 2011. *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. Boca Raton: CRC Press.
- Isma, S., Sembiring, S., dan Simanjuntak, W. 2019. Karakteristik fungsional dan sifat fisis aspal akibat penambahan silika sekam padi. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. 7(1):77-82.
- Jiang, Z., Zheng, X., dan Easa, S. 2017. Evaluation of physical, rheological, and structural properties of vulcanized EVA/SBS modified bitumen. *Journal of Applied Polymer Science*. 134(21):1-10.
- Johnson, A. C. dan Yunus, N. B. 2009. Particleboards from rice husk: a brief introduction to renewable materials of Construction. *Jurnal Umum Teknik Terapan*. 6:12-15.

- Kalapathy, U., Proctor, A., dan Shultz, J. 2000. A simple method for production of pure silica from rice hull ash. *Bioresource Technology*. 73:257-262.
- Korotkova, T. G., Ksandopulo, S. J., Donenko, A. P., Bushumov, S. A., dan Danilchenko, S. A. 2016. Physical properties and chemical composition of the rice husk and dust. *Oriental Journal of Chemistry*. 32(6):3213-3219.
- Krebs, R. D. dan Walker, R. D. 1971. *Highway Materials*. USA: McGraw Hill Book Company.
- Liang, Z. H., Man, S. M., Feng, Z. S., Ping, Z. Y., dan Ping, Z. Z. 2016. High and low temperature properties of nano-particles/polymer modified asphalt. *Construction and Building Materials*. 114(1):323-332.
- Mourhly, A., Khachani, M., Hamidi, A. E., dan Kacimi, M. 2015. The synthesis and characterization of low-cost mesoporous silica SiO<sub>2</sub> from local pumice rock. *Nanomaterials and Nanotechnology*. 5(35):1-7.
- Munasir, Triwakantoro, Zainuri, M., dan Darminto. 2015. Synthesis of SiO<sub>2</sub> nanopowders containing quartz and cristobalite phases from silica sands. *Materials Science-Poland*. 33(1):47-55.
- Munsil, D. P. 2018. *Dasar Manajemen Konstruksi Proyek Jalan (Tahapan Pre-Start)*. Yogyakarta: Deepublish.
- Musić, S., Vinceković, N. F., dan Sekovanić, L. 2011. Precipitation of amorphous SiO<sub>2</sub> particles and their properties. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*. 28(1):89-94.
- Nazari, H., Naderi, K., dan Nejad, F. M. 2018. Improving aging resistance and fatigue performance of asphalt binder using inorganic nanoparticles. *Construction and Building Materials*. 170:591-602.
- Ningtias, E.A. 2018. Pengaruh mikrostruktur aspal akibat penambahan silika sekam padi. *Skripsi*. Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Norsuraya, S., Fazlena, H., dan Norhasyimi, R. 2016. Sugarcane bagasse as a renewable source of silica to synthesize santa barbara amorphous-15 (SBA-15). *Procedia Engineering*. 148:839-846.
- Pahlepi, R., Sembiring, S., dan Pandiangan, K. D. 2013. Pengaruh penambahan MgO pada SiO<sub>2</sub> berbasis silika sekam padi terhadap karakteristik komposit MgO-SiO<sub>2</sub> dan kesesuaiannya sebagai bahan pendukung katalis. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. 1(2):161-169.
- Pandiangan, K. D., Suka, I. G., Rilyanti, M., Widiarto, S., Anggraini, D., Arief, S., dan Jamarur, N. 2008. Karakteristik keasaman katalis berbasis silika sekam padi yang diperoleh dengan teknik sol-gel. *Seminar Sains dan Teknologi (SATEK II)*. (halaman 342-353). Bandar Lampung: FMIPA Universitas Lampung.

- Putri, A. I., Sundaryono, A., dan Candra, I. N. 2018. Karakterisasi nanopartikel kitosan ekstrak daun ubi jalar (*ipomoea batatas l.*) menggunakan metode gelas ionik. *Alotrop: Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia*. 2(2):203-207.
- Rafiee, E., Shahebrahimi, S., Feyzi, M., dan Shaterzadeh, M. 2012. Optimization of synthesis and characterization of nanosilica produced from rice husk (a common waste material). *International Nano Letters*. 2(29):4-8.
- Read, J. dan Whiteoak, D. 2003. *The Shell Bitumen Hand Book Fifth Edition*. London: Thomas Telford.
- Rosalia, R., Asmi, D., dan Ginting, E. 2016. Preparasi dan karakterisasi keramik silika (SiO<sub>2</sub>) sekam padi dengan suhu kasinasi 800 °C-1000 °C. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. 04(01):101-106.
- Sembiring, S. dan Karo Karo, P. 2007. Pengaruh suhu sintering terhadap karakteristik termal dan mikrostruktur silika sekam padi. *Jurnal Sains MIPA*. 13(3): 233-239.
- Sembiring, S., Manurung, P., dan Karo Karo, P. 2009. Pengaruh suhu tinggi terhadap karakteristik keramik cordierite berbasis silika sekam padi. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*. 5(1):1-4.
- Sembiring, S., Simanjuntak, W., Manurung, P., Asmi, D., dan Low, I. M. 2013. Synthesis and characterisation of gel-derived mullite precursors from rice husk silica. *Ceramics International*. 40(5):7067-7072.
- Setiabudi, A., Hardian, R., dan Mudzakir, A. 2012. *Karakterisasi Material; Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia*. Bandung: UPI Press.
- Shi, X., Cai, L., Xu, W., Fan, J., dan Wang, X. 2017. Effects of nano-silica and rock asphalt on rheological properties of modified bitumen. *Construction and Building Materials*. 161:705-714.
- Shinohara, Y. dan Kohyama, N. 2004. Quantitative analysis of tridymite and cristobalite crystallized in rice husk ash by heating. *Industrial Health*. 42:77-285.
- Simanjuntak, W., Sembiring, S., Pandiangan, K. D., Syani, F., dan Situmeang, R. T. 2016. The use of liquid smoke as a substitute for nitric acid for extraction of amorphous silica from rice husk through sol-gel route. *Oriental Journal of Chemistry*. 32(4):2079-2085.
- Sompech, S., Dasri, T., dan Thaomola, S. 2016. Preparation and characterization of amorphous silica and calcium oxide from agricultural wastes. *Oriental Journal of Chemistry*. 32(4):1923-1928.
- Sotannde, O. A., Oluwadare, A. O., Ogedoh, O., dan Adeogun, P. F. 2012. Evaluation of cement-bonded particle board produced from *afzelia africana*

- wood residues. *Journal of Engineering Science and Technology*. 7(6):732-743.
- Suka, I. G., Simanjuntak, W., Sembiring, S., dan Trisnawati, E. 2008. Karakteristik silika sekam padi dari provinsi lampung yang diperoleh dengan metode ekstraksi. *Jurnal MIPA*. 37:47-52.
- Sukirman, S. 2003. *Beton Aspal Campuran Panas Edisi 1*. Jakarta: Granit.
- Sulastris, S. dan Kristianingrum, S. 2010. Berbagai macam senyawa silika: sintesis, karakterisasi dan pemanfaatan. *Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*. (halaman 211-215). Yogyakarta: FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta.
- Sulistiyono, A., Wahyuni, S., dan Kasmui. 2018. Sintesis dan karakterisasi TiO<sub>2</sub> (nanorod)-SiO<sub>2</sub> dan aplikasinya dalam cat akrilik. *Indonesian Journal of Chemical Science*. 7(1):56-63.
- Villacorta, F. L. dan Nordbeck, A. V. 2017. Optimum content of nano-silica to ensure proper performance of an asphalt binder. *Road Materials and Pavement Design*. 20:1-12.
- Winarno, F.G. 1997. *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Yusoff, N. I., Breem, A. A., Alattug, H. N., dan Hamim, A. 2014. The effects of moisture susceptibility and ageing conditions on nano-silica/polymer-modified asphalt mixtures. *Construction and Building Materials*. 72:139-147.
- Zulfiqar, U., Subhani, T., dan Husain, S. W. 2016. Synthesis and characterization of silica nanoparticles from clay. *Journal of Asian Ceramic Societies*. 4:91-96.