

**PENGARUH VARIASI SUHU LARUTAN ASAM SITRAT TERHADAP
KARAKTERISTIK SILIKA DAUN BAMBU
DENGAN METODE *LEACHING***

(Skripsi)

Oleh

Yusuf Aditya Rendra

1517041060



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2021**

ABSTRAK

PENGARUH VARIASI SUHU LARUTAN ASAM SITRAT TERHADAP KARAKTERISTIK SILIKA DAUN BAMBUR DENGAN METODE *LEACHING*

Oleh

Yusuf Aditya Rendra

Telah dilakukan penelitian pengaruh variasi suhu larutan asam sitrat terhadap karakteristik silika daun bambu dengan metode *leaching*. Suhu larutan yang digunakan yaitu 30°C, 60°C, 70°C, 80°C, 90°C, dan 100°C. Metode yang dilakukan ialah preparasi daun bambu, sintesis silika daun bambu menggunakan metode *leaching* dengan asam sitrat, dan pembakaran daun bambu hasil *leaching* asam sitrat. Pengujian dilakukan untuk memperoleh silika murni. Tujuan dilakukan penelitian yaitu untuk mengetahui komposisi unsur pada silika, mengetahui struktur fasa yang terbentuk pada silika, mengetahui gugus fungsi yang terbentuk pada silika, mengetahui struktur mikro yang terbentuk pada silika, dan mengetahui sifat termal pada silika. Hasil penelitian diperoleh 5 analisis yaitu untuk analisis XRF menunjukkan hasil silika tertinggi pada suhu 100°C yaitu sebesar 95,294%. Analisis XRD menunjukkan didapatnya hasil struktur silika yang masih amorf. Analisis FTIR menunjukkan gugus fungsi yang terbentuk yaitu -OH, Si-O-Si dan Si-O. Analisis SEM menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu *leaching* yang diberikan terhadap sampel maka ukuran butir semakin merata. Kemudian yang terakhir yaitu analisis TGA pada DB30 mengalami penyusutan sebesar 32,26% dan DB80 mengalami penyusutan sebesar 25,95%. Analisis DTA pada DB30 dan DB80 masing-masing memiliki puncak eksotermik dan puncak endotermik.

Kata kunci: Daun bambu, *Leaching*, Silika

ABSTRACT

THE EFFECT OF VARIATIONS IN CITRIC ACID TEMPERATURES AFFECT THE SILICA OF BAMBOO LEAVES BY LEACHING METHODS

by

Yusuf Aditya Rendra

Studies have been carried out that variations in citric acid temperatures affect the silica of bamboo leaves by leaching methods. The temperature of solution used is 30°C, 60°C, 70°C, 80°C, 90°C, dan 100°C. The methods of preparing bamboo leaves, silica synthesis using leaching methods with citric acid, and the burning of the bamboo leaves from citric acid. Testing is done to acquire pure silica. The purpose of research is to know the composition of elements in silica, to know the fasa structures that form in silica, to know the functionary clusters that form in silica, to know the microstructures that form in silica, and to know the thermal properties of silica. Research results from five analysis analysis for XRF analysis show the highest silica at 100°C temperatures of 95.294%. XRD analysis shows he's got amorous silica structure. FTIR analysis shows a functioning cluster of -OH, Si-O-Si and Si-O. SEM analysis shows that the higher the leaching temperature given to the sample, the more evenly distributed the grain size. Then the last is the TGA analysis on DB30 experienced a depreciation of 32.26% and DB80 experienced a depreciation of 25.95%. DTA analysis on DB30 and DB80 has an exothermic peak and an endothermic peak, respectively.

Keywords: *Bamboo Leaf, Leaching, Silica*

**PENGARUH VARIASI SUHU LARUTAN ASAM SITRAT TERHADAP
KARAKTERISTIK SILIKA DAUN BAMBU
DENGAN METODE *LEACHING***

Oleh

Yusuf Aditya Rendra

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
2021**

Judul Skripsi

: **PENGARUH VARIASI SUHU LARUTAN
ASAM SITRAT TERHADAP
KARAKTERISTIK SILIKA DAUN BAMBU
DENGAN METODE *LEACHING***

Nama Mahasiswa

: **Yusuf Aditya Rendra**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1517041060

Program Studi

: Fisika

KBK

: Material

Fakultas

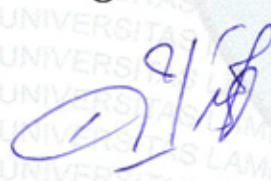
: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

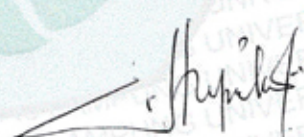
MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II


Dra. Dwi Asmi, M.Si., Ph.D.
NIP 19631228 198610 2 001


Suprihatin, S.Si., M.Si.
NIP 19730414 199702 2 001

2. Ketua Jurusan Fisika

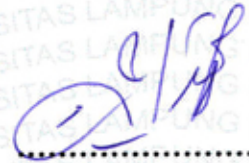

Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T.
NIP 19801010 200501 1 002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

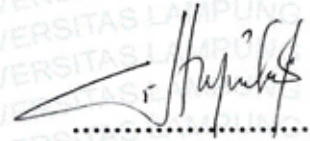
Ketua

: **Dra. Dwi Asmi, M.Si., Ph.D.**



Sekretaris

: **Suprihatin, S.Si., M.Si.**



Penguji

Bukan Pembimbing : **Dr. Yanti Yulianti, S.Si., M.Si.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Suripto Dwi Yuwono, S.Si., M.T.

NIP 19740705 200003 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **15 November 2021**

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang sama persis dengan yang pernah dilakukan oleh orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis dan diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

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

Bandar Lampung, 15 November 2021



Yusuf Aditya Rendra
NPM. 1517041060

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Yusuf Aditya Rendra, dilahirkan di Sumberjaya pada tanggal 27 Februari 1997. Penulis merupakan anak terakhir dari empat bersaudara pasangan Bapak Gunawan R. dan Ibu A. Haryani .

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 1 Sumberjaya pada tahun 2009, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Padang Cermin pada tahun 2012, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Padang Cermin pada tahun 2015. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung melalui SNMPTN 2015.

Penulis memilih bidang keilmuan material sebagai bidang yang terdapat di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di kegiatan kampus yaitu menjadi kepala bidang minat dan bakat Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI) pada periode 2017-2018. Penulis juga aktif pada kegiatan mahasiswa futsal. Penulis melakukan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Pusat Penelitian Metalurgi dan Material Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (P2MM-LIPI) dengan judul “Pengamatan Struktur Mikro pada Baja Tahan Karat CA6NM”. Pada tahun 2019 penulis melaksanakan Kuliah Kerja

Nyata (KKN) di Desa Tanjung Raja Giham, Kecamatan Blambangan Umpu, Kabupaten Way Kanan. Kemudian penulis melakukan penelitian di Laboratorium Fisika Dasar dengan judul “Pengaruh Variasi Suhu Larutan Asam Sitrat Terhadap Karakteristik Silika Daun Bambu dengan Metode *Leaching*” sebagai Tugas Akhir di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

MOTTO

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum hingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri”
(Q.S. Ar Rad: 11).

“Dan Dia bersama kamu di mana saja kamu berada. Dan Allah Maha Melihat apa yang kamu kerjakan”
(Q.S. Al Hadid: 4).

“Tidak ada dua hal yang digabungkan lebih baik daripada pengetahuan dan kesabaran”
(Nabi Muhammad Shallallahu'alaihi wassalam).

“Bagian dari perjalanan, adalah di akhir”
(Kapten Amerika).

Alhamdulillah, sembah sujud syukurku kepada Allah Subhanahu wa ta'ala atas segala rahmat, nikmat dan kasih sayang-Nya, serta segala bantuan dan kemudahan-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Shalawat serta salam selalu selalu tercurahkan kepada Baginda Nabi Muhammad Shallallahu'alaihi wassalam.

Sebagai tanda hormat dan terimakasih, ku persembahkan karya ini kepada

“Bapak Gunawan R. dan Ibu A. Haryani”

Semoga karya ini bisa jadi suatu kebanggaan kecil untuk bapak dan ibu

“Kakak-Kakakku”

Terima kasih atas segala doa, semangat, dukungan, tawa, dan keceriaannya

“Bapak-Ibu dosenku”

Terima kasih atas segala ilmu pengetahuan yang telah diberikan dan motivasi semoga menjadi bekal untuk keberhasilanku

“Sahabat-Sahabatku”

Terima kasih telah memberikan warna, tawa, keceriaan, dan kebersamaan selama ini baik dalam senang maupun susah

“Fisika 2015”

Universitas Lampung

Almamater Tercinta

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabaraktuh

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan kesehatan dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Variasi Suhu Larutan Asam Sitrat Terhadap Karakteristik Silika Daun Bambu dengan Metode *Leaching*”**. Tujuan penulisan skripsi ini adalah sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar S1 dan melatih mahasiswa untuk berpikir cerdas dan kreatif dalam menulis karya ilmiah. Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam skripsi ini. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua. Aamiin.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabaraktuh

Bandar Lampung, 15 November 2021

Yusuf Aditya Rendra

SANWACANA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, karena atas kuasa-Nya penulis diberikan kesempatan untuk mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah banyak membantu dalam penyelesaian penelitian dan skripsi ini, terutama kepada:

1. Kedua orangtuaku, Bapak Gunawan R. dan Ibu A. Haryani beserta keluarga besar yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, terimakasih untuk kehadirannya dalam hidupku, yang senantiasa memberi dukungan, do'a dan semangat yang tiada hentinya.
2. Ibu Dra. Dwi Asmi, M.Si., Ph.D., sebagai Pembimbing I yang senantiasa memberikan bimbingan, saran, dan motivasi dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.
3. Ibu Suprihatin, S.Si., M .Si., sebagai pembimbing II yang selalu memberikan bantuan, saran, dan semangat bagi penulisan dalam melaksanakan penelitian dan menyelesaikan skripsi ini.
4. Ibu Dr. Yanti Yulianti, S.Si. M.Si., sebagai penguji dalam skripsi, terima kasih atas saran dan kritik yang membangun.
5. Bapak Prof. Drs. Simon Sembiring, Ph.D., sebagai dosen pembimbing akademik yang senantiasa memberikan bimbingan dari awal kuliah sampai selesai.

6. Bapak Gurum Ahmad Pauzi, S.Si., M.T., selaku Ketua Jurusan Fisika dan para dosen serta karyawan di Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
7. Bapak Dr. Eng. Suropto Dwi Yuwono, S.Si., M.T., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
8. Kakak-kakakku tercinta Hari Kurniawan, Ryan Riawan Widiyanto, dan M. Rifki Nurhuda yang telah memberikan do'a, semangat dan keceriaannya.
9. Dini Safitri yang selalu memberikan dukungan dan do'a.
10. Sahabat-Sahabatku M. Heksar Jadid Adani, Eki Yusmana, Denny Irfan, Endarmoko, Nanda Efbriyansyah, Mahardika Setiawan, Imam Prayogi, Ronal Pradana, Wahyu Hermawan, Romi Gunaevy, Rio Orlando terima kasih untuk tawa, canda dan kebersamaan selama ini.
11. Keluarga Besar Fisika FMIPA Universitas Lampung dan Almamater tercinta Universitas Lampung.
12. Seluruh pihak yang telah membantu yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Semoga Allah SWT memberikan nikmat sehat kepada kita semua dan membalas segala kebaikan dan niat baik yang telah dilakukan oleh berbagai pihak. Aamiin.

Bandar Lampung, 15 November 2021

Yusuf Aditya Rendra

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK.....	i
ABSTRACT.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
MENGESAHKAN	iv
PERNYATAAN.....	v
RIWAYAT HIDUP	vi
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xvii
 I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Batasan Masalah	5
1.5. Manfaat Penelitian.....	5

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Daun Bambu	7
2.2. Silika (SiO ₂)	9
2.3. Ekstraksi Silika dengan Metode <i>Leaching Asam</i>	10
2.4. Karakterisasi Material	
2.4.1. <i>Differential Thermal Analysis/Thermogravimetric Analysis</i> (DTA/TGA).....	12
2.4.2. <i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i>	14
2.4.3. <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	15
2.4.4. <i>Fourier Transform Infra Red (FTIR)</i>	17
2.4.5. <i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i>	18

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat	20
3.2. Alat dan Bahan	
3.2.1. Alat	20
3.2.2. Bahan	21
3.3. Prosedur Penelitian	
3.3.1. Preparasi Daun Bambu	21
3.3.2. Sintesis Silika Daun Bambu	21
3.4. Karakterisasi Sampel	
3.4.1. <i>Differential Thermal Analysis/Thermogravimetric Analysis</i> (DTA/TGA)	23
3.4.2. <i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i>	23
3.4.3. <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	24
3.4.4. <i>Fourier Transform Infra Red (FTIR)</i>	25
3.4.5. <i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i>	26
3.5. Diagram Alir	27

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Karakterisasi <i>Thermogravimetric Analysis/Differential Thermal</i> <i>Analysis (TGA/DTA)</i>	
4.1.1. Hasil <i>Thermogravimetric Analysis (TGA)</i>	28
4.1.2. Hasil <i>Differential Thermal Analysis (DTA)</i>	30
4.2. Hasil Karakterisasi <i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i>	31
4.3. Hasil Karakterisasi <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	32
4.4. Hasil Karakterisasi <i>Fourier Transform Infra Red (FTIR)</i>	35
4.5. Hasil Karakterisasi <i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i>	37

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	39
5.2. Saran	40

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Daun Bambu	8
Gambar 2.2. Skema TGA	12
Gambar 2.3. Skema DTA	14
Gambar 2.4. Prinsip Kerja XRF	15
Gambar 2.5. Skema XRD	16
Gambar 2.6. Skema SEM	18
Gambar 3.1. Diagram Alir	27
Gambar 4.1. Kurva TGA dari DB30 dan DB80	29
Gambar 4.2. Kurva DTA dari DB30 dan DB80	30
Gambar 4.3. Grafik Hasil XRD Seluruh Sampel	32
Gambar 4.4. Gabungan Spektrum FTIR Seluruh Sampel	36
Gambar 4.5. Struktur Mikro Silika Daun Bambu	37

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1. Hasil Karakterisasi XRF Silika Daun Bambu	31
Tabel 4.2. Data Hasil Pencocokan Sampel DB30	33
Tabel 4.3. Data Hasil Pencocokan Sampel DB60	34
Tabel 4.4. Data Hasil Pencocokan Sampel DB70	34
Tabel 4.5. Data Hasil Pencocokan Sampel DB80	34
Tabel 4.6. Data Hasil Pencocokan Sampel DB90	34
Tabel 4.7. Data Hasil Pencocokan Sampel DB100	34
Tabel 4.8. Puncak Spektrum Gugus Fungsi Seluruh Sampel	37

I. PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Bambu merupakan tanaman hutan non kayu yang termasuk ke dalam rumpun tanaman rumput-rumputan yang banyak tersebar di wilayah Asia seperti India, China, Jepang, dan negara-negara di wilayah Asia Tenggara termasuk Indonesia (Wong, 2004). Bambu tersebar secara merata di seluruh pulau yang ada di Indonesia. Produksi bambu terbesar di Indonesia terdapat di pulau Jawa dengan jumlah produksi 8.947.825,67 batang, disusul oleh Bali dan Nusa Tenggara dengan jumlah produksi 5.675.488,40 batang, Sumatera 196.515,07 batang, dan secara keseluruhan produksi bambu di Indonesia mencapai 14.832.605,41 batang (BPS, 2017).

Produksi bambu yang tinggi tentu saja akan menghasilkan limbah produksi bambu yang tinggi juga. Limbah dari produksi bambu yaitu berupa ranting, kulit batang, dan daun bambu. Sejauh ini limbah sisa produksi bambu yang berupa daun bambu telah banyak dimanfaatkan oleh masyarakat luas sebagai pupuk (Nugraha *et al.*, 2017), dan pakan ternak (Handayanta *et al.*, 2015). Selain dapat dimanfaatkan sebagai pupuk dan pakan ternak daun bambu juga memiliki potensi untuk dimanfaatkan dalam bidang material karena kandungan silika pada daun bambu yang mencapai 89,72% berat dalam bentuk abu (Rossello *et al.*, 2015).

Silika merupakan senyawa yang paling banyak digunakan dalam pembuatan keramik (Donald *et al.*, 2010). Penggunaan silika tidak terbatas sebagai bahan keramik, silika juga dapat digunakan dalam berbagai bidang seperti bidang elektronik (Laskowski *et al.*, 2019), biomaterial (El-Hamid and Ridwan, 2019), dan optik (Xiao *et al.*, 2019). Manfaat silika yang begitu banyak tersebut menyebabkan penelitian terkait silika menjadi menarik dan banyak diminati terutama dalam upaya mencari sumber alternatif penghasil silika, serta memproduksi silika berkemurnian tinggi dengan metode sederhana dengan biaya yang rendah (Rangaraj and Venkatachalam, 2017).

Silika dapat diperoleh dari mineral, sintesis, dan bahan organik. Silika dalam mineral biasanya diperoleh dengan cara penambangan. Adapun silika dari sumber sintesis didapatkan dengan menggunakan bahan silika TEOS dan TMOS menggunakan metode pelelehan. Silika dari bahan organik diperoleh dengan cara sintesis dengan berbagai metode diantaranya metode sol gel (Agustini and Asmi, 2015) dan pengendapan (*precipitation*) (Thuadaj and Nuntiya, 2008; Sharafudeen *et al.*, 2017). Sintesis silika dari bahan organik seperti sekam padi (Mahmud *et al.*, 2018), dan daun bambu (Agustini and Asmi, 2015) diketahui masih banyak diikuti oleh logam pengotor. Untuk menghilangkan logam pengotor dan meningkatkan kemurnian kandungan silika dari bahan organik tersebut maka dilakukan beberapa perlakuan sebelum dilakukan sintesis. Perlakuan ini dalam ilmu material sering disebut dengan *pretreatment*. Ada beberapa jenis *pretreatment* yang sering digunakan dalam meningkatkan kemurnian silika diantaranya yaitu metode *leaching* asam (Umeda and Kondoh, 2010) dan pembakaran (Villar-Cociña *et al.*, 2011).

Metode *leaching* asam adalah metode yang memanfaatkan pencucian bahan dasar dengan asam untuk mengikat logam-logam pengotor. Ada beberapa jenis asam yang dapat digunakan dalam metode ini diantaranya asam kuat seperti, HCL (Juliani *et al.*, 2018), H₂SO₄ (Ismail *et al.*, 2013) dan asam lemah seperti asam sitrat (Sinaga and Asmi, 2015). Pada metode *leaching* ada beberapa perlakuan yang dapat divariasikan yang bertujuan untuk melihat pengaruh perlakuan yang diberikan terhadap peningkatan kemurnian dari kandungan silika yang dihasilkan. Variasi yang dapat dilakukan dalam metode *leaching* asam ini yaitu variasi jenis asam (Ayu *et al.*, 2017; Juliani *et al.*, 2018), variasi konsentrasi asam (Aminullah *et al.*, 2015), dan variasi suhu larutan asam (Umeda and Kondoh, 2010).

Metode pembakaran atau sering disebut pengabuan adalah metode yang berfungsi menghilangkan kadar air dan garam-garam organik dari bahan dasar silika (Rangaraj and Venkatachalam, 2017). Hasil dari metode ini berupa abu dengan kandungan silika tinggi. Metode ini juga sering dikombinasikan dengan metode *leaching*, dengan urutan pembakaran lalu *leaching* asam (Aminullah *et al.*, 2015) atau sebaliknya yaitu *leaching* asam terlebih dahulu lalu dilanjutkan dengan pembakaran (Abidin, 2019). Variasi yang dapat dilakukan pada metode pembakaran yaitu suhu pembakaran (Sinaga and Asmi, 2015).

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan di atas maka penulis telah melakukan penelitian mengenai pengaruh variasi suhu larutan asam sitrat terhadap karakteristik silika daun bambu menggunakan metode *leaching* dan dilanjutkan dengan proses pembakaran untuk menghasilkan abu silika daun bambu. Hasil dari abu silika daun bambu dikarakterisasi menggunakan *Differential Thermal Analysis/*

Thermogravimetric Analysis (DTA/TGA) untuk mengetahui sifat termal, *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk melihat jumlah kandungan silika serta unsur lain yang terkandung dalam daun bambu, *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui struktur kristal, *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsional, dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui struktur mikro.

1.2. RUMUSAN MASALAH

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana sifat termal pada silika daun bambu akibat variasi suhu larutan asam sitrat menggunakan metode *leaching*?
2. Bagaimana komposisi unsur pada silika daun bambu akibat variasi suhu larutan asam sitrat menggunakan metode *leaching*?
3. Bagaimana struktur fasa yang terbentuk pada silika daun bambu akibat variasi suhu larutan asam sitrat menggunakan metode *leaching*?
4. Bagaimana gugus fungsi yang terbentuk pada silika daun bambu akibat variasi suhu larutan asam sitrat menggunakan metode *leaching*?
5. Bagaimana struktur mikro yang terbentuk pada silika daun bambu akibat variasi suhu larutan asam sitrat menggunakan metode *leaching*?

1.3. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dilakukannya penelitian ini, yaitu:

1. Mengetahui sifat termal pada silika daun bambu akibat variasi suhu larutan asam sitrat menggunakan metode *leaching*.

2. Mengetahui komposisi unsur pada silika daun bambu akibat variasi suhu larutan asam sitrat menggunakan metode *leaching*.
3. Mengetahui struktur fasa yang terbentuk pada silika daun bambu akibat variasi suhu larutan asam sitrat menggunakan metode *leaching*.
4. Mengetahui gugus fungsi yang terbentuk pada silika daun bambu akibat variasi suhu larutan asam sitrat menggunakan metode *leaching*.
5. Mengetahui struktur mikro yang terbentuk pada silika daun bambu akibat variasi suhu larutan asam sitrat menggunakan metode *leaching*.

1.4. BATASAN MASALAH

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Daun bambu diekstraksi dengan asam sitrat 10% menggunakan metode *leaching*.
2. Variasi suhu larutan asam sitrat yang digunakan adalah 30°C, 60°C, 70°C, 80°C, 90°C dan 100°C.
3. Karakterisasi yang dilakukan menggunakan DTA/TGA, XRF, XRD, FTIR, dan SEM.

1.5. MANFAAT PENELITIAN

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui sifat termal, komposisi unsur, struktur fasa, gugus fungsi, dan struktur mikro yang terdapat pada silika daun bambu akibat variasi suhu larutan asam sitrat menggunakan metode *leaching*.

2. Menjadi bahan acuan untuk penelitian selanjutnya tentang silika berbahan daun bambu menggunakan metode *leaching*.
3. Menambah referensi di Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung, terutama bidang fisika material.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Daun Bambu

Bambu banyak tumbuh di daerah tropis dan subtropis Asia, lebih dari 200 jenis bambu ditemukan di Asia Tenggara (Wespal and Jansen, 1989). Tanaman bambu juga banyak tumbuh di Indonesia, terutama di dataran rendah dan pegunungan dengan ketinggian sekitar 3000 m dari permukaan laut dan pada umumnya bambu tumbuh di tempat terbuka yang bebas dari genangan air (Wong, 2004). Menurut Cronquist (1988) bambu secara umum diklasifikasikan ke dalam *kingdom planteae*, *divisio spermatophyta*, sub divisi *angiospermae*, kelas *monokotiledoneae*, sub kelas *comenliniade*, ordo *poales*, *family bambusideae*, dan *genus bambusasp*. Morfologi bambu terdiri dari akar, batang, pelepah buluh, daun, kuping pelepah buluh dan ligula. Akar bambu berbentuk rimpang yang tumbuh dan membentuk sistem percabangan di bawah tanah. Batang bambu berupa buluh yang terdiri atas buku-buku dan pelepah buluh menempel pada setiap ruas batang. Helaian daun bambu mempunyai urat daun yang sejajar dan dihubungkan dengan pelepah oleh tangkai daun. Pelepah daun bambu dilengkapi dengan kuping pelepah dan ligula (Farrelly, 1984).

Daun bambu merupakan daun sempurna yang terdiri dari pelepah daun (*vagina*), tangkai daun (*petiolus*), dan helaian daun (*lamina*). Daun bambu memiliki ujung

daun yang runcing (*acutus*), pangkal daunnya membulat, memiliki tepi daun yang rata, daging daun seperti perkamen, pertulangan daun sejajar, permukaan atas dan bawah daun kasap, warna daun bagian atas hijau tua, sedangkan warna bagian bawah daun hijau muda. Bangun atau bentuk dari daun bambu adalah berbentuk pita dengan ujung berbentuk runcing. Pangkal daun membulat karena pada pangkal daunnya tidak terdapat sama sekali sudut pangkal daun, daun bambu memiliki tepi yang rata tidak bergerigi dan bertoreh. Daging daun bambu bertipe perkamen yaitu tipis namun cukup kaku. Pertulangan daun bambu sejajar dari pangkal daun ke arah ujung daun. Permukaan atas dan bawah daun bambu cukup kasar karena disebabkan pertulangan daun yang cukup terasa dan adanya semacam bulu-bulu halus (Wong, 2004). Daun bambu ditunjukkan pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1. Daun bambu (Romansyah *et al.*, 2019).

Daun bambu yang merupakan limbah ini belum banyak digunakan dan sering dibakar ditempat terbuka sehingga dapat berdampak negatif untuk lingkungan (Cocina *et al.*, 2011). Berdasarkan hasil penelitian yang pernah dilakukan bambu memiliki kadar selulosa berkisar 42,4%-53,6% kadar lignin berkisar antara 19,8%-26,6%, kadar pentosan 1,24%-3,77%, kadar abu 1,24%-3,77%, kadar silika 0,10%-1,28%, kadar ekstratif 0,9%-6,9% dan bambu mengandung holoselulosa (selulosa dan hemiselulosa) berkisar antara 73,32%-83,80% (Tausiyah and Ana, 2018). Adapun kandungan silika dari bambu banyak terkumpul dibagian daun dengan kadar 75,90%-82,86% (Aminullah *et al.*, 2015).

Daun bambu merupakan salah satu bahan organik yang memiliki kandungan silika yang tinggi, yang mana pada setiap 1 gram daun bambu mengandung 0,03 gram silika (Voort *et al.*, 2019). Berdasarkan beberapa penelitian terkait silika daun bambu yang telah dilakukan, diperoleh hasil bahwa komposisi silika dari daun bambu cukup tinggi namun masih diikuti oleh berbagai macam logam pengotor dalam jumlah yang relatif sangat sedikit seperti pada penelitian Rosello *et al.*, (2015) yang mana diperoleh kandungan silika daun bambu sebesar 89,72% yang diikuti zat pengotor berupa K_2O , Cl , CaO , MgO , P_2O_5 , dan SO_3 dalam persentase yang sangat kecil.

2.2. Silika (SiO_2)

Silikon adalah salah satu unsur yang ketersediaannya melimpah di bumi, terutama dalam bentuk silikat teroksidasi (SiO_2) (Basu, 2011). Mineral silika yang tersebar di alam hampir mencapai 90% dengan komposisi 28% silikon dan sisanya merupakan oksigen (Voort *et al.*, 2019). Di alam bebas silika banyak di temukan dalam pasir (Sumarno *et al.*, 2015), batu apung (Trianasari, 2017), dan pada tumbuhan seperti sekam padi (Umeda and Kondoh, 2010), daun bambu (Rosello *et al.*, 2015), batang padi (Khorsand *et al.*, 2012), tongkol jagung (Shim *et al.*, 2015) dan ampas tebu (Vaibhav *et al.*, 2015). Silika sebagai senyawa yang terdapat di alam berstruktur kristalin, sedangkan sebagai senyawa sintesis silika berstruktur *amorf* (Sulastri and Kristianingrum, 2010). Silika dalam fasa kristal memiliki tiga jenis struktur kristal yaitu kuarsa, tridimit, dan kristobalit. Struktur kristal kuarsa terbentuk pada pembakaran pada rentang suhu $570^{\circ}C$ - $870^{\circ}C$, tridimit terbentuk pada rentang suhu $870^{\circ}C$ - $1470^{\circ}C$, dan kristobalit terbentuk pada pembakaran pada rentang suhu $1470^{\circ}C$ - $1723^{\circ}C$. Sedangkan untuk silika dengan fasa *amorf* banyak dihasilkan dari

sintesis bahan organik seperti sekam padi dengan suhu pembakaran kurang dari 1000°C (Umeda and Kondoh, 2008).

Silika merupakan salah satu bahan keramik yang ringan dan memiliki daya tahan terhadap temperatur tinggi, pemuaian termal rendah dan bersifat isolator (Vaibhav *et al.*, 2015). Silika disebut juga kuarsa oksida, silikat oksida atau silikon (IV) oksida. Silika berbentuk padat dan mempunyai massa molar 60,08 gr/mol (Carmona *et al.*, 2013) dan mempunyai pori-pori sekitar 2-50 nm (Beck *et al.*, 1992). Melalui metode sol gel, silika dihasilkan dengan ukuran partikel yang halus yaitu sekitar 15-91 nm (Adam *et al.*, 2011), sedangkan dengan metode pengendapan dihasilkan silika dengan ukuran butir 50 nm (Jal *et al.*, 2004).

Silika banyak digunakan dalam aplikasi yang berkaitan dengan isolasi termal, refraktori, bahan abrasif, dan sebagai bahan kaca laboratorium (Donlad *et al.*, 2010). Silika memiliki kelebihan dibanding bahan lain yaitu secara kimia bersifat inert, hidrofobik, dan transparan. Selain itu silika juga memiliki kekuatan mekanik dan stabilitas termal yang tinggi dan tidak mengembang dalam pelarut organik (Bhatia and Brinker, 2000).

2.3. Ekstraksi Silika dengan Metode *Leaching* Asam

Leaching adalah peristiwa pelarutan terarah dari satu atau lebih senyawa dari suatu campuran padatan dengan cara mengontakkan dengan pelarut cair. Pelarut akan melarutkan sebagian bahan padatan sehingga bahan terlarut yang diinginkan dapat diperoleh. Metode ini memiliki 3 variabel penting, yaitu temperatur, area kontak dan

jenis pelarut. Istilah *leaching* sering juga disebut dengan sebutan ekstraksi, demikian pula alatnya sering disebut sebagai ekstraktor.

Teknologi *leaching* biasanya digunakan oleh industri logam untuk memisahkan mineral dari bijih dan batuan (*ores*). Pelarut asam akan membuat garam logam terlarut seperti *leaching* Cu dengan medium H_2SO_4 atau NH_3 . Contoh operasi ini adalah pemisahan emas dari bentuk padatan berongga dengan menggunakan larutan HCN atau H_2SO_4 . Industri gula juga menggunakan prinsip *leaching* saat memisahkan gula dari bit dengan menggunakan air sebagai pelarut. Industri minyak goreng menggunakan prinsip operasi ini saat memisahkan minyak dari kedelai, kacang, biji matahari dan lain-lain dengan menggunakan pelarut organik seperti heksana, aseton atau eter. Industri farmasi pun menggunakan teknologi ini untuk mengambil kandungan obat dari dedaunan, akar dan batang tumbuhan.

Penggunaan *leaching* asam dalam proses ekstraksi silika biasanya dilakukan sebelum tahap sintesis dengan metode sol gel (Ghorbani *et al.*, 2015) ataupun presipitasi (Abidin, 2019). Ekstraksi silika menggunakan *leaching* mampu meningkatkan kemurnian silika (Chen *et al.*, 2017).

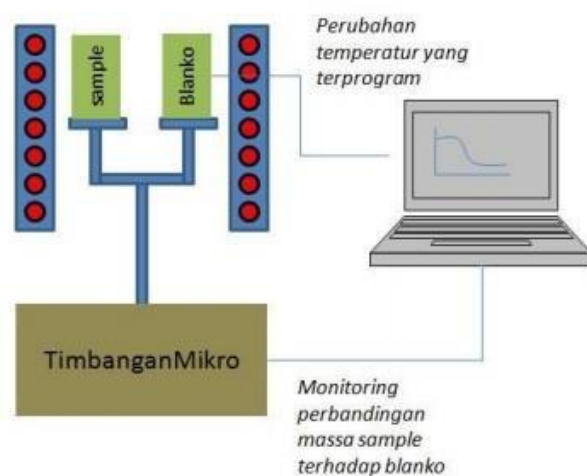
Dalam proses *leaching* asam ada banyak jenis asam yang dapat dipakai mulai dari asam lemah seperti asam sitrat (Umeda and Kondoh, 2010; Sinaga and Asmi, 2015; Rosalia and Asmi, 2016) dan asam kuat seperti HCl (Chandrasekhar *et al.*, 2003; Chandrasekhar *et al.*, 2005; Aminullah *et al.*, 2015; Irzaman *et al.*, 2018), H_2SO_4 (Ismail *et al.*, 2013; Juliani *et al.*, 2018) dan HNO_3 . Dari jenis asam yang digunakan menghasilkan tingkat kemurnian serta penghilangan logam pengotor yang berbeda yang mana *leaching* dengan asam kuat lebih efektif (Ayu *et al.*, 2017).

Penggunaan asam sitrat cukup efektif dalam menghiangkan logam pengotor karena penggunaan asam sitrat mengandung gugus asam karboksilat yang akan menyebabkan reaksi kimia kompleks dengan senyawa logam pengotor yang terkandung pada bahan (Umeda and Kondoh, 2008).

2.4. Karakterisasi Material

2.4.1. *Differential Thermal Analysis/Thermogravimetric Analysis (DTA/TGA)*

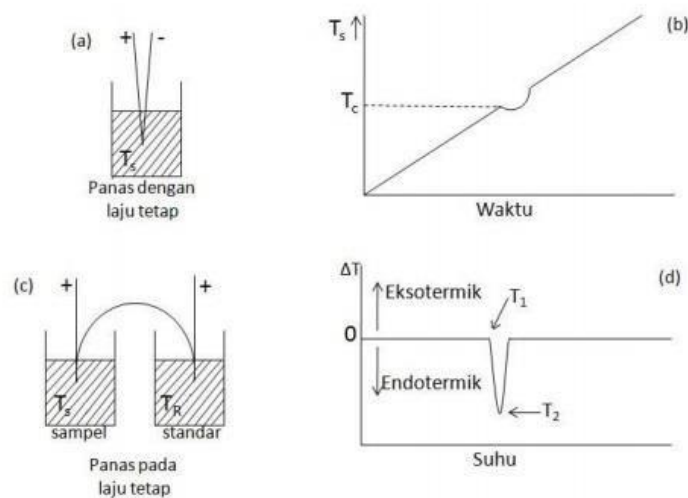
Analisis termal merupakan suatu analisis yang melibatkan pengukuran sifat fisik dan sifat kimia sebagai sebuah fungsi temperatur. Teknik-teknik yang dicakup dalam metode analisis termal ini adalah analisis termometri (*thermomegravimetric analysis* = TGA) dan analisis diferensial termal (*differential thermal analysis* = DTA). Pada TGA, massa sampel yang berubah karena proses dekomposisi, adsorpsi, atau reaksi, dimonitor sebagai fungsi temperatur. Untuk tujuan ini, di dalam peralatan TGA terdapat komponen utama yang mengukur massa sampel, biasa disebut dengan *micro balance*, dan beberapa sensor suhu. Kelengkapan lain di dalam peralatan TGA adalah wadah sampel, pengatur program temperatur, dan tungku pemanas. Secara skematis peralatan TGA diperlihatkan pada **Gambar 2.2**.



Gambar 2.2. Skema TGA (Brown, 2001).

Dari skema pada **Gambar 2.2** dapat dilihat bahwa dalam sebuah tungku yang dihubungkan dengan pemrogram temperatur terdapat dua wadah yang identik yaitu wadah sampel dan wadah rujukan (blanko). Kedua wadah ini terhubung dengan *micro balance* yang akan memantau perubahan massa sampel dan massa blanko selama proses perubahan temperatur. Selisih massa sampel dan massa blanko (dikondisikan nol) direkam dan hasilnya diplot dalam sebetuk grafik fungsi massa terhadap temperatur, hasil rekamannya dinamakan thermogram. Berbagai proses dapat dilakukan dengan mengubah-ubah variabel sesuai kebutuhan, seperti kenaikan dengan laju pemanasan yang tetap, mengkondisikan sampel pada temperatur tetap tertentu, atau penurunan temperatur. Perubahan masa sampel dapat terjadi karena adanya dekomposisi, evaporasi, adsorpsi, atau reaksi dengan atmosfer (gas) yang digunakan.

Analisis DTA merupakan teknik analisis yang digunakan untuk mengukur perubahan kandungan panas dengan cara merekam secara terus-menerus perbedaan temperatur antara sampel yang di uji materi pembanding yang inert sebagai suatu fungsi dari perubahan temperatur (Khopkar, 1990). Adapun komponen peralatan utama dari DTA yaitu: pemegang sampel yang dilengkapi dengan termokopel, wadah sampel, *furnace*, program temperatur dan sistem perekam. Pada setiap pemegang sampel yaitu sampel uji dan sampel pembanding terdiri dari sebuah termokopel untuk menjamin sebuah distribusi panas yang rata. Skematis metode dan hasil pengukuran menggunakan DTA ditunjukkan oleh **Gambar 2.3**.



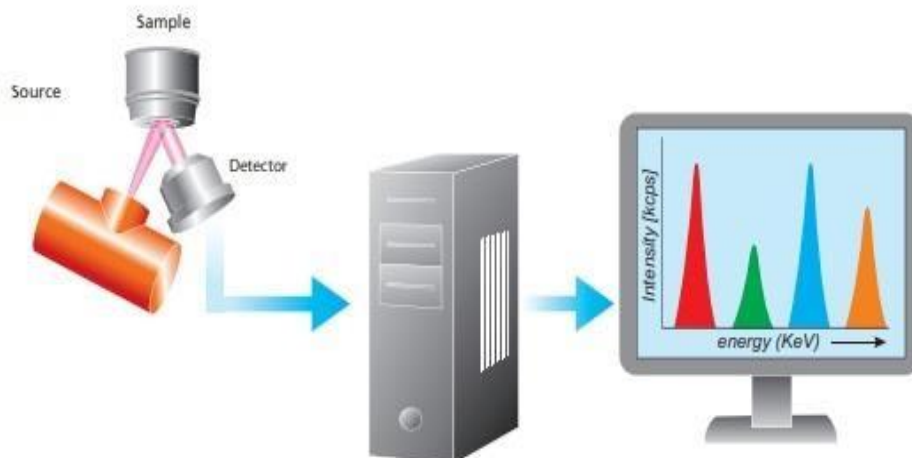
Gambar 2.3. Skema DTA (Brown, 2001).

2.4.2. X-Ray Fluorescence (XRF)

XRF adalah salah satu instrumen karakterisasi material yang memanfaatkan sinar-X sebagai sumber energi yang ditembakkan pada sampel material. Unsur yang dari sampel yang terkena radiasi sinar-X akan memancarkan cahaya diskrit yang sesuai dengan warna-warna dalam cahaya optik yang merupakan karakteristik dari elemen-elemen yang terkandung pada sebuah sampel material. Warna yang ditampilkan setara dengan energi yang dihasilkan merupakan hasil dari radiasi yang dipancarkan oleh sampel material yang mana hal ini menunjukkan elemen yang hadir pada sebuah sampel. Langkah ini disebut analisis kualitatif. Pengukuran intensitas energi yang dipancarkan oleh sampel untuk menentukan berapa banyak setiap elemen yang terkandung dalam sampel merupakan analisis secara kuantitatif (Brouwer, 2003).

Analisis menggunakan XRF dilakukan berdasarkan identifikasi dan pencacahan sinar-X karakteristik yang terjadi dari peristiwa efek fotolistrik. Efek fotolistrik terjadi karena elektron dalam atom target (sampel) terkena sinar berenergi tinggi (radiasi gamma, sinar-X). Bila energi sinar tersebut lebih tinggi daripada energi ikat elektron

dalam orbit K, L atau M atom target, maka elektron atom target akan keluar dari orbitnya. Dengan demikian atom target akan mengalami kekosongan elektron. Kekosongan elektron ini akan diisi oleh elektron dari orbital yang lebih luar diikuti pelepasan energi yang berupa sinar-X (Jamaludin and Adiantoro, 2012). Jika elektron kulit yang diganti adalah elektron kulit K, maka emisi sinar-X dikenal sebagai sinar-X deret K. Demikian pula, transisi kulit L menghasilkan sinar-X deret L. Garis-garis spektrum sinar-X dikelompokkan secara seri (K, L, M). Semua garis dalam rangkaian hasil transisi elektron dari berbagai tingkatan ke kulit yang sama. Spektrum sinar-X dihasilkan oleh semua elemen dalam sampel. Setiap elemen akan memiliki banyak garis karakteristik dalam spektrum, karena sinar-X yang berbeda akan dipancarkan untuk setiap jenis transisi orbital (Bertin, 1975). Secara sederhana prinsip kerja XRF ditunjukkan oleh **Gambar 2.4**.

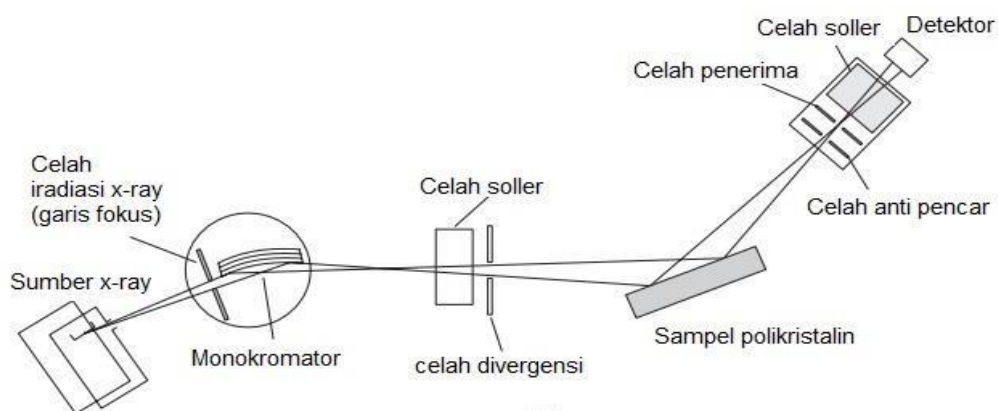


Gambar 2.4.Prinsip kerja XRF (Brouwer, 2003).

2.4.3 X-Ray Diffraction (XRD)

XRD merupakan singkatan dari *X-Ray Diffraction* yang secara harfiah berarti difraksi sinar-X. XRD adalah metode analisis yang memanfaatkan interaksi antara sinar-X dengan atom yang tersusun dalam sebuah sistem kristal untuk mengetahui fasa

kristal dari suatu sampel. Teknik XRD dapat digunakan untuk menganalisis struktur kristal karena setiap unsur atau senyawa memiliki pola yang unik yang membedakannya dengan senyawa lain. Apabila dalam analisis ini pola difraksi unsur diketahui, maka unsur tersebut dapat ditentukan. Metode difraksi sinar-X merupakan metode analisis kualitatif yang sangat penting karena kristalinitas dari material pola difraksi serbuk yang karakteristik, oleh karena itu metode ini disebut juga metode sidik jari serbuk (*powder fingerprint method*). Penyebab utama yang menghasilkan bentuk pola-pola difraksi serbuk tersebut, yaitu ukuran dan bentuk dari setiap selnya serta nomor atom dan posisi atom-atom di dalam sel (Smallman and Bishop, 2000). Skema difraksi sinar-X ditunjukkan pada **Gambar 2.5**.



Gambar 2.5. Skema XRD (Ernrich and Opper, 2011).

Peristiwa pembentukan sinar-X dapat dijelaskan yaitu pada saat menumbuk logam, elektron yang berasal dari katoda (elektron datang) menembus kulit atom dan mendekati kulit inti atom. Pada waktu mendekati inti atom, elektron ditarik mendekati inti atom yang bermuatan positif, sehingga lintasan elektron berbelok dan kecepatan elektron berkurang atau diperlambat. Karena perlambatan ini, maka energi elektron berkurang. Energi yang hilang ini dipancarkan dalam bentuk sinar-X (Beiser, 1999).

2.4.4. *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

FTIR merupakan teknik pengukuran untuk mengumpulkan spektrum infra merah, yang merupakan pengganti dari pencatatan jumlah energi yang diserap menyebabkan kenaikan dalam amplitudo getaran atom-atom yang terikat sehingga molekul berada dalam keadaan vibrasi tereksitasi. Spektrum infra merah telah banyak digunakan pada penelitian dan industri sebagai teknik yang mudah untuk uji kualitas dan pengukuran dinamik sebuah sampel.

FTIR terdiri dari 5 bagian utama yaitu:

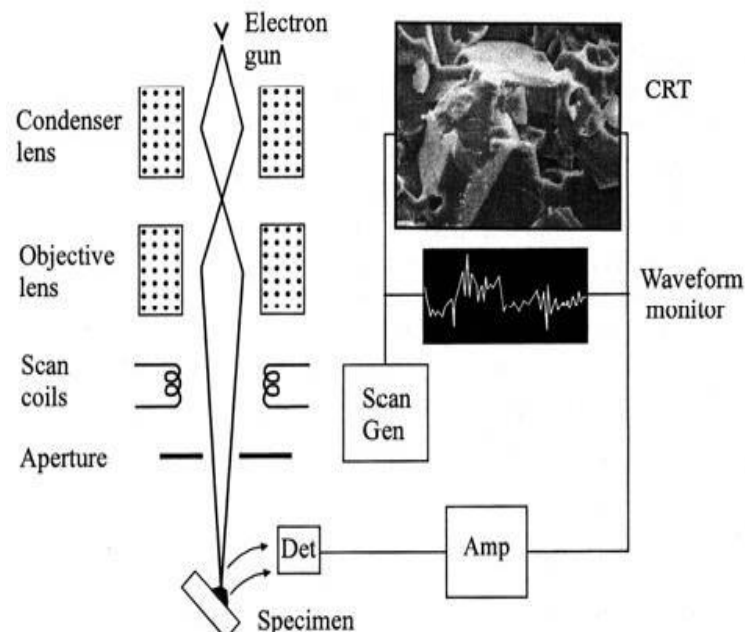
1. Sumber sinar, terbuat dari filamen Nernst atau globar yang dipanaskan menggunakan listrik hingga temperatur 1000°C-1800°C.
2. *Beam splitter*, berupa material transparan dengan indeks relative sehingga menghasilkan 50% radiasi yang direfleksikan dan 50% radiasi diteruskan.
3. Interferometer, merupakan bagian utama dari FTIR. Interferometer berfungsi untuk membentuk interferogram yang akan diteruskan menuju detektor.
4. Daerah sampel, dimana berkas acuan dan sampel masuk ke dalam daerah sampel dan masing-masing menembus sel acuan dan sampel secara bersesuaian.
5. Detektor, yang merupakan piranti untuk mengukur energi pancaran yang lewat akibat panas yang dihasilkan. Detektor yang sering digunakan pada FTIR adalah *Tetra Glycerine Sulphate (TGS)* atau *Mercury Cadmium Telluride (MCT)*.

Cara kerja FTIR adalah dengan mengemisikan sinar infra merah dari sumber bergerak melalui celah sempit untuk mengontrol jumlah energi yang akan diberikan ke sampel. Saat berkas laser dipancarkan memasuki ruang sampel, maka berkas akan diteruskan atau dipantulkan oleh permukaan sampel tergantung dari besarnya energi yang diserap, sampai berkas akhirnya sampai ke detektor. Pada FTIR, sering digunakan

detector *Mercury Cadmium Telluride* (MCT) atau *Tetra Glycerine Sulphate* (TGS) (Griffiths, 1975).

2.4.5. Scanning Electron Microscopy (SEM)

SEM merupakan bagian dari seperangkat alat instrumen yang digunakan untuk mempelajari struktur mikro permukaan secara langsung dari bahan atau sampel padat seperti keramik, logam dan komposit yang diamati secara tiga dimensi (Wikipedia, 2011). SEM memiliki resolusi (daya pisah) sekitar 0,5 nm dan ketajaman gambar hingga 50.000 kali, selain itu cara analisis SEM tidak merusak bahan (Brendon *et al*, 1991). Kemampuan daya pisah ini disebabkan karena SEM menggunakan elektron sebagai sumber radiasinya. Daya pisah setiap instrumen optik dibatasi oleh difraksi sehingga besarnya berbanding lurus dengan panjang gelombang yang dipakai untuk menyinari benda yang diselidiki (Beiser, 1999). Diagram skematik dari SEM dapat ditunjukkan pada **Gambar 2.6**.



Gambar 2.6. Skema SEM (Beiser, 1999).

SEM menggunakan elektron sebagai pengganti cahaya untuk menghasilkan bayangan. Berkas elektron dihasilkan dengan memanaskan filamen melalui tegangan tinggi, kemudian dikumpulkan melalui lensa kondensor elektromagnetik dan difokuskan oleh lensa objektif. Ketika arus dialirkan pada filamen maka terjadi perbedaan potensial antara kutub katoda dan anoda yang akhirnya akan menghasilkan elektron. Elektron yang dihasilkan selanjutnya akan melewati celah pelindung pada anoda dan lensa magnetik dan lensa objektif. Berkas elektron tersebut dipercepat oleh medan listrik dan menumbuk sampel atau *specimen* pada *stage* melalui *scanning coil* menghasilkan elektron sekunder (*secondary elektron*), elektron hambur balik (*backscattered elektron*) yang dipantulkan dari sampel kemudian dideteksi dan dikuatkan oleh tabung multiplier yang kemudian ditransmisikan ke *scanner*, sehingga bentuk dan ukuran sampel terlihat dalam bentuk sinaran (*imaging beam*). Faktor yang menentukan penampilan dan resolusi adalah arus dan berkas pemercepat (Sampson, 1996). Dalam SEM, kumparan scan (*scanning coil*) yang berarus listrik dipakai untuk menimbulkan medan magnetik yang berlaku sebagai lensa untuk memfokuskan berkas elektron pada benda yang diselidiki dan alat ini menghasilkan bayangan yang diperbesar pada layar pendar (*fluoresen*) atau alat fotografik. Untuk menghindari penghamburan bayangan yang dihasilkan dipakai lapisan yang tipis dan seluruh sistem divakumkan (Beiser, 1999).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian mulai dilakukan pada bulan Oktober 2020 sampai dengan bulan Desember 2020. Penelitian dilakukan di Laboratorium Fisika Material Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung. Kalsinasi dilakukan di Laboratorium Balai Riset dan Standarisasi Industri Bandar Lampung. Karakterisasi XRF dilakukan di Laboratorium Universitas Negeri Padang. Karakterisasi FTIR dan XRD dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Islam Indonesia. Karakterisasi SEM dilakukan di Laboratorium Biosains Universitas Brawijaya Malang. Karakterisasi DTA/TGA dilakukan di UPT Laboratorium dan Sentra Inovasi Teknologi Universitas Lampung..

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini diantaranya yaitu timbangan digital, *beaker glass* 1000 ml, termometer, saringan, baskom, kompor listrik, cawan, spatula kaca, botol sampel, *mortar* dan *pastle*, oven, *alumunium foil*, *furnance* dan alat-alat karakterisasi seperti DTA/TGA extar SII 7300, XRF *panalytical epsilon 3*, XRD XPERT PRO, FTIR shimudzu, SEM ametek.

3.2.2. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun bambu, aquades, dan asam sitrat ($C_6H_8O_7$).

3.3. Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini terdapat tiga tahap yaitu preparasi daun bambu, sintesis silika daun bambu dengan menggunakan metode *Leaching*, dan karakterisasi sampel.

3.3.1. Preparasi Daun Bambu

Langkah-langkah preparasi daun bambu adalah sebagai berikut.

1. Memetik daun bambu dari batang bambu.
2. Mencuci daun bambu dengan air hingga bersih, untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada daun bambu.
3. Daun bambu dijemur di bawah sinar matahari hingga kering dan berwarna kecoklatan.
4. Selama proses penjemuran daun bambu dipisahkan satu sama lain agar daun bambu kering secara merata.
5. Daun bambu kering kemudian dicuci agar kotoran yang menempel pada daun bambu hilang.
6. Mengeringkan daun bambu dalam oven pada suhu $100^{\circ}C$ selama 5 jam.

3.3.2. Sintesis Silika Daun Bambu

Langkah-langkah sintesis silika daun bambu menggunakan metode *leaching* dengan variasi suhu larutan asam sitrat $30^{\circ}C$, $60^{\circ}C$, $70^{\circ}C$, $80^{\circ}C$, $90^{\circ}C$ dan $100^{\circ}C$ adalah:

1. Menimbang asam sitrat sebanyak 50,25 gram dan daun bambu sebanyak 30 gram.
2. Melarutkan asam sitrat dengan menambahkan aquades sebanyak 500 ml dalam *beaker glass* 1000 ml.
3. Meletakkan larutan asam sitrat pada kompor listrik dan dipanaskan sampai suhu 30°C, 60°C, 70°C, 80°C, 90°C dan 100°C.
4. Memasukkan daun bambu ke dalam larutan asam sitrat dan diaduk perlahan pada suhu konstan selama 2 jam.
5. Mendinginkan daun bambu selama 15 menit.
6. Mencuci daun bambu sebanyak 5 kali dengan aquades masing-masing 300 ml selama 15 menit dengan pengadukan konstan pada suhu ruang untuk menghilangkan kandungan asam sitrat pada daun bambu.
7. Menyaring daun bambu hasil cucian menggunakan penyaring dan dikeringkan dalam oven pada suhu 120°C selama 3 jam.
8. Daun bambu yang dihasilkan tersebut kemudian dilakukan karakterisasi menggunakan DTA/TGA.
9. Daun bambu kering dibakar dalam *furnance* pada suhu 700°C selama 5 jam dengan laju pembakaran 5°C/menit hingga didapatkan hasil yaitu abu daun bambu.
10. Abu daun bambu yang dihasilkan tersebut kemudian dilakukan karakterisasi menggunakan XRF, XRD, FTIR, dan SEM.

3.4. Karakterisasi Sampel

Karakterisasi sampel dilakukan menggunakan beberapa alat yaitu *Differential Thermal Analysis/ Thermogravimetric Analysis* (DTA/TGA), *X-Ray Fluorescence* (XRF), *X-Ray Diffraction* (XRD), *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

3.4.1. *Differential Thermal Analysis/ Thermogravimetric Analysis* (DTA/TGA)

Karakterisasi DTA/TGA bertujuan untuk mengetahui sifat termal serta stabilitas silika, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menyiapkan cawan platina kosong dan memasukkan serbuk sampel silika daun bambu ke dalam cawan.
2. Meletakkan kedua cawan platina pada posisi vertikal di *sample holder* dengan memutar posisi *furnace* ke arah *sample holder* yang dilanjutkan dengan mengatur *setting* temperatur yaitu $T_{Start} = 30^{\circ}\text{C}$, $T_{pengukuran} = 1100^{\circ}\text{C}$ *heating read* (kenaikan suhu = $5^{\circ}\text{C}/\text{menit}$).
3. Menekan tombol *power furnace* pada posisi “ON” untuk pemanasan akan bekerja sesuai dengan program yang telah diatur.

3.4.2. *X-Ray Fluorescence* (XRF)

Karakterisasi XRF bertujuan untuk mengetahui komposisi unsur dari silika, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Meletakkan sampel di dalam *holder*. Memasukan bagian bawah *holder* yang tertutup seluruhnya oleh sampel karena akan ditembakkan oleh sinar-X.
2. Setelah sampel siap pada *sample holder*, menutup *lid* dan kemudian menghidupkan XRF menggunakan tombol *on*.

3. Analisis akan berjalan menggunakan tombol sinar-X yang akan mengenai sampel beberapa saat.
4. Sinar-X yang mengenai sampel akan diteruskan ke detektor dan melanjutkan analisis unsur-unsur yang terkandung di dalam sampel.

3.4.3. X-Ray Diffraction (XRD)

Karakterisasi XRD bertujuan untuk mengetahui fasa struktur silika, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menyiapkan sampel yang akan dianalisis, kemudian merekatkannya pada kaca dan memasangnya pada tempat yang berupa lempeng tipis berbentuk persegi panjang (*sample holder*) dengan lilitan perekat.
2. Memasang sampel yang telah disimpan pada *sample holder* kemudian meletakkannya pada *sample stand* di bagian *goniometer*.
3. Memasukkan parameter pengukuran pada *software* pengukuran melalui komputer pengontrol, yaitu meliputi penentuan *scan mode*, penentuan rentang sudut, kecepatan *scan* cuplikan, memberi nama cuplikan dan memberi nomor urut file data.
4. Mengoperasikan alat difraktometer dengan perintah “*start*” pada menu komputer, dimana sinar-X akan meradiasi sampel yang terpancar dari target Cu dengan panjang gelombang 1,5406 Å.
5. Melihat hasil difraksi pada komputer dan intensitas difraksi pada sudut 2θ tertentu dapat dicetak oleh mesin *printer*.
6. Data yang terekam berupa sudut difraksi (2θ), besarnya intensitas (I), dan waktu pencatatan perlangkah (t).

7. Setelah data diperoleh analisis kualitatif dengan menggunakan *search match analysis* yaitu membandingkan data yang diperoleh dengan data standar (*Power Diffraction File Database*).

3.4.4. Fourier Transform Infra Red (FTIR)

Karakterisasi FTIR bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi silika, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menimbang sampel yang sudah dihaluskan dan sampel padat (bebas air).
2. Menghaluskan kristal KBr murni dalam *mortar* dan *pestle* kemudian mengayak KBr tersebut.
3. Mencampurkan KBr dan sampel kedalam *mortar* kemudian diaduk rata.
4. Menyiapkan cetakan kemudian mencuci bagian sampel, *base* dan *tablet frame* dengan *chloroform*.
5. Memasukan sampel KBr yang telah dicampur ke dalam cetakan kemudian menghubungkan pompa vakum untuk meminimalkan kadar air.
6. Meletakkan cetakan pada pompa hidrolik kemudian diberi tekanan sebesar 8 *gauge* dan menghidupkan pompa vakum selama 15 menit.
7. Mematikan pompa vakum dan menurunkan tekanan dalam cetakan dengan cara membuka keran udara.
8. Menghidupkan alat agar mengalir sumber listrik, alat interferometer dan komputer.
9. Klik "*shortcut 8400*" pada layar komputer kemudian menempelkan sampel pada alat interferometer pada komputer kemudian klik FTIR 8400 kemudian mengisi data file.

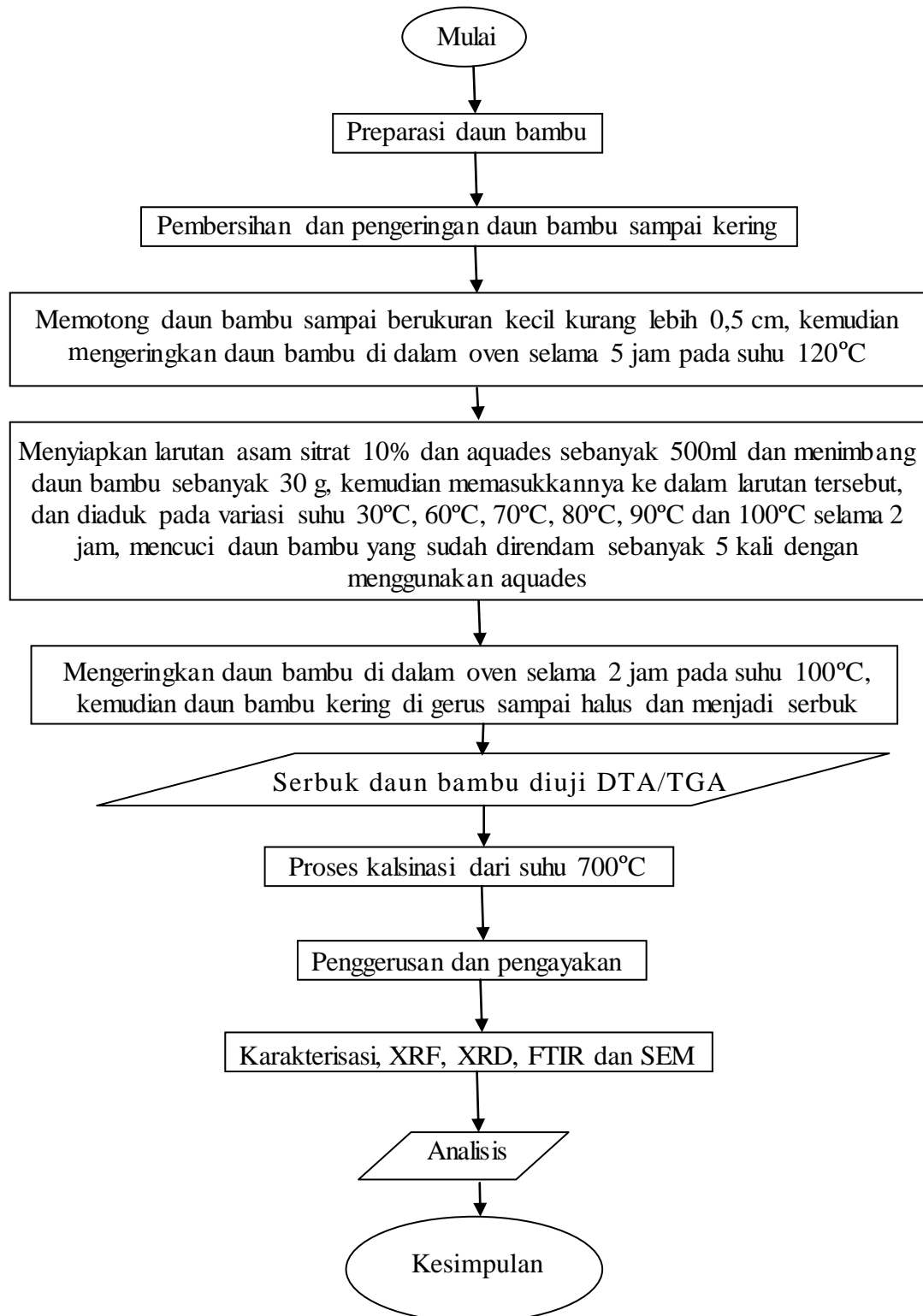
3.4.5. *Scanning Electron Microscopy (SEM)*

Karakterisasi SEM bertujuan untuk mengetahui struktur mikro silika, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Memasukan sampel ke dalam *vacum column* untuk dianalisis dengan kondisi udara dipompa keluar agar menciptakan kondisi vakum. Kondisi ini dilakukan agar tidak ada molekul gas yang mengganggu jalannya elektron selama proses berlangsung.
2. Menembakan elektron agar melewati berbagai lensa yang ada menuju ke suatu titik di sampel.
3. Sinar elektron terpantul ke detektor lalu ke *amplifier* untuk memperkuat sinyal sebelum masuk ke komputer untuk menampilkan gambar yang diinginkan.

3.5. Diagram Alir

Diagram alir preparasi daun bambu ditunjukkan pada **Gambar 3.1**.



Gambar 3.1. Diagram alir.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Analisis TGA menunjukkan adanya penurunan massa yang sangat besar dari DB30 dan DB80, sampel DB30 pada interval suhu 100°C-350°C mengalami penyusutan sebesar 35,26%, sedangkan sampel DB80 pada interval suhu 100°C-350°C mengalami penyusutan sebesar 25,95%;
2. Analisis DTA pada DB30 menunjukkan adanya puncak endotermik pada suhu 46,65°C, kemudian muncul juga adanya puncak eksotermik pada suhu 416,96°C, sedangkan pada DB80 menunjukkan adanya puncak endotermik pada suhu 47,51°C, kemudian muncul juga adanya puncak eksotermik pada suhu 358,17°C;
3. Analisis XRF menunjukkan hasil silika dengan variasi suhu *leaching* 30°C, 60°C, 70°C, 80°C, 90°C, dan 100°C masing-masing memiliki kadar silika sebesar 90,404%, 92,716%, 93,014%, 94,268%, 94,333%, dan 95,294%, selain itu sisanya hanyalah pengotor;
4. Analisis XRD menunjukkan struktur *amorf* dari sampel DB30, sedangkan untuk sampel DB60, DB70, DB80, DB90, dan DB100 mulai terbentuk fasa *tridymite* dan *crystalite*;
5. Analisis FTIR menunjukkan gugus fungsi yang terbentuk yaitu -OH, Si-O-Si dan Si-O;

6. Analisis SEM menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu *leaching* yang diberikan terhadap sampel, maka ukuran butir semakin merata dan butiran-butiran kecil pada suhu *leaching* yang lebih rendah sudah hilang menjadi semakin merata pada suhu *leaching* yang lebih tinggi.

5.2. Saran

Untuk penelitian selanjutnya disarankan agar dapat melakukan pencucian bahan lebih dari 5 kali dan menggunakan variasi suhu *leaching* lebih tinggi lagi, agar dapat memperoleh kemurnian sampel yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, A. I. 2019. Sintesis dan Karakterisasi Silika Sekam Padi dengan menggunakan Metode Pengendapan. *Skripsi*. Universitas Lampung. Lampung.
- Adam, F., Kandasamy, K., and Batakrisnani, S. 2006. Iron Incorporated Heterogeneous Catalyst from Rice Husk Ash. *Journal of Colloid and Interface Science*. Vol. 384. No. 3. Pp. 837-844.
- Adam, F., Chew, T. S., and Andas, J. 2011. A Simple Template-Free Sol-Gel Synthesis of Spherical Nanosilica from Agricultural Biomass. *Journal of Sol-Gel Science Technology*. Vol. 59. No. 3. Pp. 580–583.
- Agustini, D., and Asmi, D. 2015. Sintesis Keramik Silika Daun Bambu dengan Metode Sol-Gel dan Karakterisasi pada Suhu Kalsinasi 800°C-1000°C. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. Vol. 03. No. 1. Pp. 17–23.
- Aminullah., Rohaeti, E., and Irzaman. 2015. Reduction of High Purity Silicon from Bamboo Leaf as Basic Material in Development of Sensors Manufacture in Satellite Technology. *Procedia Environmental Sciences*. Vol. 24. No. 3. Pp. 308–316.
- Ayu, G., Kusumah, P., and Azizah, M. 2017. Silica Content and Structure from Corncob Ash with Various Acid Treatment (HCl, HBr, and Citric Acid). *Journal Molekul*. Vol. 12. No. 2. Pp. 174–181.
- Basu, S. 2011. *Crystalline Silicon*. InTech. Croatia.
- Beck, J. S., Vartul, J. C., Roth, W. J., Leonowic, M. E., Kresge, C. T., Schmit, K. D., Chu, C. T. W., Olson, D. H., Sheppard, E. W., McCullen, S. B., Higgins, J. B., and Schlenker, J. L. 1992. A New Family of Mesoporous Molecular Sieves Prepared with Liquid Crystal Templates. *Journal of American Chemistry Society*. Vol. 114. No. 27. Pp. 10834-10843.
- Beiser, A. 1999. *Konsep Fisika Modern*. Erlangga. Jakarta.
- Bertin, E.P. 1975. *Principles and Practice of X-Ray Spectrometric Analysis*, 2nd Edition. Plenum Press. New York.

- Bhatia, R. B., and Brinker, C. J. 2000. Aqueous Sol-gel Process for Protein Encapsulation. *Chemical Materials*. Vol. 12. No. 8. Pp. 2434-2441.
- Brendon, J. Griffin., and A.V. Rissen. 1991. *Scanning Electron Microscopy Course Notes*. The University of Perth. Western Australia.
- Brouwer, P. 2003. *Theory of XRF*. PANalytical BV. Almelo. Netherlands.
- Brown. 2001. *Introduction to Thermal Analysis*. Kluwer Academic Publishers. USA.
- Carmona, V., Oliveira, R. M., Silva, W. T., Mattoso, L. H., and Marconcini, J. M. 2013. Nanosilica from Rice Husk: Extraction and Characterization. *Journal of Industrial Crops and Products*. Vol. 43. No. 4. Pp. 291– 296.
- Chandrasekhar, S., Pramada, P. N., and Praveen, L. 2005. Effect of Organic Acid Treatment on The Properties of Rice Husk Silica. *Journal of Material Science*. Vol. 40. No. 34. Pp. 6535–6544.
- Chandrasekhar, S., Satyanarayana, K. G., Pramada, P. N., and Raghavan, P. 2003. Processing, Properties and Applications of Reactive Silica from Rice Husk an Overview. *Journal of Material Science*. Vol 38. No. 24. Pp. 3159–3168.
- Chen, P., Gu, W., Fang, W., Ji, X., and Bie, R. 2017. Removal of Metal Impurities in Rice Husk and Characterization of Rice Husk Ash under Simplified Acid Pretreatment Process. *Environmental Progress and Sustainable Energy*. Vol. 12. No. 04. Pp. 1–8.
- Cocina, E. V., V. M. Morales., S. F. Santos., H. Savastano., and M. Frias. 2011. Pozzolanic Behavior of Bamboo Leaf Ash: Characterization and Determination of the Kinetic Parameters. *Cement and Concrete Composites*. Vol. 33. No. 1. Pp. 68-73.
- Cronquist, A. 1988. *The Evolution and Classification of Flowering Plants*. 2nd edn. New York Botanical Garden. Bronx, New York.
- Daifullah, A. A. M., Awwad, N. S., and El Reefy. 2004. Purification of Wet Phosphoric Acid from Ferric Ions Using Modified Rice Husk. *Chemical Engineering and Procesing*. Vol. 43. No. 2. Pp. 193-201.
- Donald, R. Askeland., Pradeef P.Fulay., and Wendelin J. Wrigh. 2010. *The Science and Enginering of Materials*. 6th Edition. Global Engineering. USA.
- Ermrich, M., and D. Opper. 2011. *XRD for the Analyst: Getting Acquainted with the Principles*. PANalytical.
- El-Hamid, H.K.A., and Radwan, M.M. 2019. Influence of Nano-Silica Additions on Hydration Characteristics and Cytotoxicity of Calcium Aluminate as Biomaterial. *Journal of Heliyon*. Vol. 5. No. 02135. Pp. 1-7.

- Essien, E.R., Oluyemi, A. Olaniyi., and Adams, L.A. Shaibu. 2012. Sol-Gel Derived Porous Silica: Economic Synthesis and Characterization. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*. Vol. 11. No. 5. Pp. 976-981.
- Farok, A., Thiamseng, C., and Jeyashelly, A. 2011. A Simple Template Free Sol-Gel Synthesis of Spherical Nanosilica from Agricultural Biomass. *Jurnal Sol-Gel Sci Technology*. Vol. 59. No. 2. Pp. 580-583.
- Farrelly, D. 1984. *The Book of Bamboo: A Comprehensive Guide to this Remarkable Plant, its Uses, and its History*. Sierra Club Books. San Francisco.
- Genieva, S. D., Turmanova, S. C., Dimitrova, A. S., and Vlaev, L. T. 2008. Characterization of Rice Husks and the Products of its Thermal Degradation in Air or Nitrogen Atmosphere. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. Vol. 93. No. 2. Pp. 387-396.
- Ghorbani, F., Sanati, A. M., and Maleki, M. 2015. Production of Silica Nanoparticles from Rice Husk as Agricultural Waste by Environmental Friendly Technique. *Environmental Studies of Persian Gulf*. Vol. 2. No. 1. Pp. 56-65.
- Griffiths, P. R. 1975. *Chemical Infrared Fourier Transform*. John Wiley & SMS. Toronto.
- Gulipalli, S., Prasad, B., Wasewar, K.L. 2011. Batch Study, Equilibrium and Kinetics of Adsorption of Selenium Using Rice Husk Ash (RHA). *Journal of Engineering Science and Technology*. Vol. 6. No. 5. Pp. 586 – 605.
- Hadipramana, J., Samad, A. A. A., Zaidi, A. M. K., Mohammad, N., and Riza, F.V. 2013. Effect of Uncontrolled Burning Rice Husk Ash in Foamed Concrete. *Advance Materials Research*. Vol. 626. No. 2. Pp. 769-775.
- Handayanta, E., Rahayu, T., and Wibowo, M. A. 2015. Aksesibilitas Sumber Pakan Ternak Ruminansia pada Musim Kemarau di Daerah Pertanian Lahan Kering. *Jurnal Sains Peternakan*. Vol. 13. No. 2. Pp. 105-112.
- Hindryawati, N., and Alimuddin. 2010. Sintesis dan Karakterisasi Silika Gel dari Abu Sekam Padi dengan Menggunakan Natrium Hidroksida (NaOH). *Jurnal Kimia Mulawarman*. Vol. 7. No. 2. Pp. 75-77.
- Hwang, C.L., and Wu, D. S. 1989. Properties of Cement Paste Containing Rice Husk Ash. *American Concrete Institute*. Vol. 114. No. 3. Pp. 733-762.
- Irzaman., Oktaviani, N., and Irmansyah. 2018. Ampel Bamboo Leaves Silicon Dioxide (SiO₂) Extraction. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Vol. 141. No. 1. Pp. 1-8.

- Ismail, S., Abdullah, N. S., Hussin, H., and Saiyid Hashim, S. F. 2013. Bamboo Sawdust as a Reduction Agent in Leaching Applications: Characterization Studies. *Advanced Materials Research*. Vol. 620. No. 2. Pp. 405-411.
- Jal, P., Sudarshan, M., Saha, A., Patel, S., and Mishra, B. 2004. Synthesis and Characterization of Nanosilica Prepared by Precipitation Method. *Journal of Colloids Surfaces Physicochemical Engineering Aspect*. Vol. 204. No. 1-3. Pp. 173–178.
- Jamaludin, A., and Adiantoro, D. 2012. Analisis Kerusakan X-Ray Fluoresence (XRF). *Issn 1979-2409*, 09-10.
- Juliani, N. K. A., Purwaningsih, H., Susanti, D., and Pratiwi, V. M. 2018. Analisis Pengaruh Variasi Leaching dan Penambahan Template Terhadap Pembentukan Hollow Mesoporous Silika Nanopartikel. *Jurnal Teknik ITS*. Vol. 7. No. 1. Pp. 2337-3520.
- Khopkar, S. M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Khorsand, H., Kiayee, N., and Masoomparast, A. H. 2012. Rice Straw Ash a Novel Source of Silica Nanoparticles. *Journal of Mechanical Research and Application*. Vol. 4. No. 3. Pp. 1-9.
- Laskowski, L., Laskowska, M., Vila, N., Schabikowski, M., and Walcarius, A. 2019. Mesoporous Silica-Based Materials for Electronics-Oriented Applications. *Journal of Molecules*. Vol. 24. No. 2395. Pp. 1-31.
- Mahmud, A., Ahmad, F. and Farezzuan, A. A. 2016. Acid Leaching as Efficient Chemical Treatment for Rice Husk in Production of Amorphous Silica Nanoparticles. *Journal of Engineering and Applied Science*. Vol. 11. No. 22. Pp. 13384–13388.
- Nugraha, A.B., Wijayanti, R., and Subagiya. 2017. Potensi Abu Daun Bambu dan Kompos Jerami untuk Mengendalikan Wereng Coklat. *Jurnal Agrotech Res*. Vol 1. No 2. Pp. 7-12.
- Priyanto A. 2015. Sintesis dan Aplikasi Silika dari Abu Daun Bambu Petung (*Dendrocalamus Asper* (Schult.F.) Backer Ex Heyne) untuk Mengurangi Kadar Ammonium dan Nitrat pada Limbah Cair Tahu. *Skripsi*. Semarang: Universitas Islam Negeri Semarang.
- Rangaraj, S., and Venkatachalam, R. 2017. A Lucrative Chemical Processing of Bamboo Leaf Biomass to Synthesize Biocompatible Amorphous Silica Nanoparticles of Biomedical Importance. *Applied Nanoscience (Switzerland)*. Vol. 7. No. 5. Pp. 145–153.

- Romansyah, E., Dewi, E. S., Suhairin. and Ridho, R. 2019. Identifikasi Senyawa Kimia Daun Bambu Segar Sebagai Bahan Penetral Limbah Cair. *Jurnal Agrotek Ummat*. Vol. 6. No. 2. Pp. 77-81.
- Rosalia, R., and Asmi, D. 2016. Preparasi dan Karakterisasi Keramik Silika (SiO_2) Sekam Padi dengan Suhu Kasinasi 800°C - 1000°C . *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. Vol. 04. No. 01. Pp. 101-106.
- Roselló, J., Soriano, L., Santamarina, M. P., Akasaki, J. L., Melges, P., and Paya, J. 2015. Microscopy Characterization of Silica-Rich Agrowastes to be Used in Cement Binders: Bamboo and Sugarcane Leaves. *Microscopy and Microanalysis*. Vol. 21. No. 4. Pp. 1314–1326.
- Sampson, A. R. 1996. *Scanning Electron Microscopy*. Advanced Research System. <http://addressys.com/>. Analytical instrument service.
- Saudi, H. A., S. M. Salem., S. S. Mohammad., A. G. Mostafa., and M. Y. Hassan. 2015. Utilization of Pure Silica Extracted from Rice Husk and FTIR Structural Analysis of the Prepared Glasses. *American Journal of Physics and Application*. Vol. 3. No. 11. Pp. 97-105.
- Sharafudeen, R., Al-Hasim, J. M., and Al-Harbi, M. O. 2017. Preparation and Characterization of Precipitated Silica Sand. *Journal of Silicon*. Vol. 9. No. 2. Pp. 917–922.
- Shim, J., Velmurugan, P., and Oh, B. T. 2015. Extraction and Physical Characterization of Amorphous Silica Made from Corn Cob Ash at Variable pH Conditions via Sol Gel Processing. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. Vol. 30. No. 4. Pp. 249-253.
- Sinaga, S., and Asmi, D. 2015. Pengaruh Suhu Pembakaran terhadap Karakteristik Keramik Silika dari Daun Bambu Hasil Leaching Asam Sitrat dan Suhu Pembakaran 500°C - 700°C . *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*. Vol. 03. No. 01. Pp. 31–36.
- Smallman, R.E., and Bishop, R. J. 2000. *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*. Erlangga. Jakarta.
- Stuart, B. 2004. *Infrared Spectroscopy: Fundamental and Application*. Analytical Techniques in the Science.
- Sulastri, S., and Kristianingrum, S. 2010. Berbagai Macam Senyawa Silika: Sintesis, Karakterisasi dan Pemanfaatan. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan dan Penerapan MIPA*. Fakultas MIPA. Universitas Negeri Yogyakarta. Vol. 03. No. 01. Pp. 211-215.

- Sumarno, Novarita, P., Januarty, M. and Yuniarti, Y. 2015. Pemurnian Pasir Silika dengan Metode Leaching Asam dan Bantuan Sonikasi. *Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan*. Vol. 30. No. 4. Pp. 1–8.
- Tausiyah, A. 2018. Pengaruh Waktu Refluks dalam Konversi Biodiesel Minyak Dedak Padi (Rice Bran Oil) dengan Modifikasi Katalis ZrO_2 Tersemit pada Abu Daun Bambu. *Skripsi*. Fakultas MIPA Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Thuadaj, N., and Nuntiya, A. 2008. Preparation of Nanosilica Powder from Rice Husk Ash by Precipitation Method. *Journal Science*. Vol. 35. No. 1. Pp. 206–211.
- Trianasari. 2017. Analisis and Karakterisasi Kandungan Silika (SiO_2) sebagai Hasil Ekstraksi Batu Apung (Pumice). *Skripsi*. Universitas Lampung. Lampung.
- Umeda, J., and Kondoh, K. 2010. High-Purification of Amorphous Silica Originated from Rice Husks by Combination of Polysaccharide Hydrolysis and Metallic Impurities Removal. *Industrial Crops and Products*. Vol. 32. No. 3. Pp. 539–544.
- Umeda, J., and Kondoh, K. 2008. High-Purity Amorphous Silica Originated in Rice Husks via Carboxylic Acid Leaching Process. *Journal of Materials Science*. Vol. 43. No. 22. Pp. 7084-7090.
- Ummah, S., Prasetyo, A., and Baroroh, H. 2010. Kajian Penambahan Abu Sekam Padi dari Berbagai Suhu Pengabuan Terhadap Plastisitas Kaolin. *Jurnal Alchemy*. Vol. 1. No. 2. Pp. 53-103
- Uzunova, S.A., Uzunov, I.M., Vassilev, S.V., Alexandrova, A.K., Staykov, S.G., and Angelova, D.B. 2010. Preparation of Low Ash Content Porous Carbonaceous Material from Rice Husks. *Journal of Chemical*, Vol. 42. No. 2. Pp. 130-137.
- Vaibhav, V., Vijayalakshmi, U., and Roopan, S. M. 2015. Agricultural Waste as a Source for the Production of Silica Nanoparticles. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular And Biomolecular Spectroscopy*. Vol. 139. No. 2. Pp. 515-520.
- Villar-Cociña., E. Morales, E. V., Santos, S. F., Junior, H. S., and Frias, M. 2011. Pozzolanic Behavior of Bamboo Leaf Ash: Characterization and Determination of The Kinetic Parameters. *Cement and Concrete Composites*. Vol. 33. No. 1. Pp. 68–73.
- Voort, P., Karen, L., and Canck, D. 2019. *Introduction to Porous Materials*. 1st edn. John Wiley & Sons Ltd. West Sussex.
- Wang, Z., Yang, H., Wang, L., and Zhao, M. 1997. Preparation of Ultrafine SiO_2 with High Surface Area by the Chemical Precipitation Method. *Material Science and Engineering*. Vol. 48. No. 3. Pp. 211-214.

Wespal, E., and Jansen, P.C.M. (1989). *Plant Resources of South-East Asia*. Pudoc Wageningen. Netherlands.

Wong, K. 2004. *Bamboo The Amazing Grass*. Rimba Ilmu Botanic Garden. University of Malaya.

Xiao, W., Ding, L., He, J., and Huang, J. 2019. Preparation of Lucigenin- Doped Silica Nanoparticles and their Application in Fiber Optic Chloride Ion Sensor. *Journal of Optical Materials*. Vol. 98. No. 109467. Pp. 1-7.