

**PENGARUH SUHU KALSINASI TERHADAP KARAKTERISTIK SILIKA
DAUN BAMBU MENGGUNAKAN METODE ASAM SITRAT *LEACHING***

(Skripsi)

Oleh

Muhammad Heksar Jadid Adani

1517041058



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

ABSTRAK

PENGARUH SUHU KALSINASI TERHADAP KARAKTERISTIK SILIKA DAUN BAMBU MENGGUNAKAN METODE ASAM SITRAT *LEACHING*

Oleh

Muhammad Heksar Jadid Adani

Telah dilakukan penelitian pengaruh suhu kalsinasi terhadap karakteristik silika daun bambu menggunakan metode asam sitrat *leaching*. Suhu kalsinasi yang digunakan yaitu 600°C, 700°C, 800°C, 900°C, dan 1000°C. Metode yang digunakan yaitu sintesis silika daun bambu menggunakan asam sitrat *leaching*, dan pembakaran daun bambu hasil *leaching* asam sitrat. Tujuan dilakukan penelitian ini yaitu mengetahui sifat termal pada silika daun bambu dengan *leaching* asam sitrat dan tanpa asam sitrat, mengetahui komposisi unsur silika daun bambu, mengetahui fase yang terbentuk pada silika daun bambu, mengetahui gugus fungsi yang terbentuk pada silika daun bambu, dan mengetahui karakteristik morfologi pada silika daun bambu. Hasil penelitian diperoleh dari 5 analisis yaitu analisis TGA pada DBSR mengalami penyusutan sebesar 49,86% dan DB80 mengalami penyusutan sebesar 52,51%. Analisis DTA pada DBSR menunjukkan 2 puncak eksotermik dan 1 puncak endotermik sedangkan DB80 menunjukkan 2 puncak eksotermik dan 1 puncak endotermik. Analisis XRF menunjukkan hasil silika tertinggi pada suhu 1000°C yaitu sebesar 96,602%. Analisis XRD menunjukkan struktur kristal terjadi pada suhu 1000°C dengan puncak tertinggi pada $2\theta=26,722^\circ$ dan memiliki fasa *tridymite*. Analisis FTIR menunjukkan gugus fungsi yang terbentuk yaitu –OH, Si-O-Si dan Si-O. Analisis SEM menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu kalsinasi yang diberikan terhadap sampel maka ukuran butir semakin merata.

Kata Kunci: Daun bambu, Silika, *Leaching*

ABSTRACT

THE EFFECT OF TEMPERATURE CALCINATION ON SILICA CHARACTERISTICS OF BAMBOO LEAVES USING CYTRIC ACID LEACHING METHOD

by

Muhammad Heksar Jadid Adani

Research has been carried out on the effect of calcination temperature on the silica characteristics of bamboo leaves using citric acid leaching method. Calcination temperatures used were 600°C, 700°C, 800°C, 900°C, and 1000°C. The method used is the synthesis of silica from bamboo leaves using citric acid leaching, and burning bamboo leaves from citric acid leaching. The purpose of this study was to determine the thermal properties of bamboo leaf silica with citric acid leaching and without citric acid, to determine the non-silica composition of bamboo leaves, to determine the phase formed in bamboo leaf silica, to determine the functional groups formed in bamboo leaf silica, and to determine the characteristics of the bamboo leaf silica morphology in bamboo leaf silica. The results obtained from 5 analyzes, namely TGA analysis on DBSR decreased by 49.86% and DB80 decreased by 52.51%. DTA analysis on DBSR showed 2 exothermic peaks and 1 endothermic peak, while DB80 showed 2 exothermic peaks and 1 endothermic peak. XRF analysis shows the highest silica yield at a temperature of 1000°C, which is 96.602%. XRD analysis shows the crystal structure that occurs at a temperature of 1000°C with the highest peak at $2\theta=26,722^\circ$. FTIR analysis showed that functional groups formed were -OH, Si-O-Si and Si-O. SEM analysis shows that the higher the calcination temperature given to the sample, the more evenly distributed the grain size.

Keywords: Bamboo Leaves, Silica, Leaching.

**PENGARUH SUHU KALSINASI TERHADAP KARAKTERISTIK SILIKA
DAUN BAMBU MENGGUNAKAN METODE ASAM SITRAT *LEACHING***

Oleh

Muhammad Heksar Jadid Adani

Skripsi

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

Pada

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



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

Judul Skripsi

**: PENGARUH SUHU KALSINASI
TERHADAP KARAKTERISTIK SILIKA
DAUN BAMBU MENGGUNAKAN
METODE ASAM SITRAT *LEACHING***

Nama Mahasiswa

: Muhammad Heksar Jadid Adani

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1517041058

Jurusan

: Fisika

KBK

: Material

Fakultas

: Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Pembimbing I

Pembimbing II

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

Agus Riyanto, S.Si., M.Sc.
NIP 19860822 201504 1 002

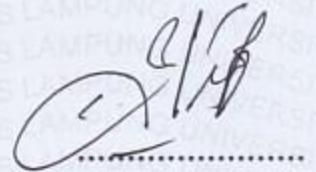
2. Ketua Jurusan Fisika

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

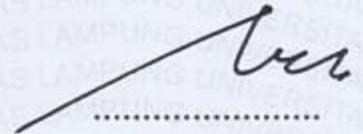
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

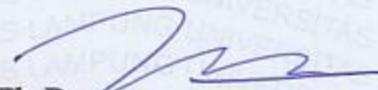
Ketua : **Dra. Dwi Asmi, M.Si., Ph.D.**



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



Penguji
Bukan Pembimbing : **Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si., Ph.D.**



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

NIP. 19740705 200003 1 001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **29 Juli 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, Juli 2021



Muhammad Heksar Jadid Adani

NPM. 1517041058

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Muhammad Heksar Jadid Adani, dilahirkan di Jakarta pada tanggal 01 Juni 1997. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara pasangan Bapak Kaisar Bunawi dan Ibu Hesti Suhardjanti.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDI Al-Azhar 15 Pamulang pada tahun 2009, Sekolah Menengah Pertama di SMPN 8 Tangerang Selatan pada tahun 2012, dan Sekolah Menengah Atas di SMAN 6 Tangerang Selatan 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 dikegiatan kampus yaitu menjadi anggota Himpunan Mahasiswa Fisika (HIMAFI). Penulis aktif pada kegiatan mahasiswa futsal. Penulis melakukan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di P2MM LIPI METALURGI Serpong dengan judul “Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Kekerasan Baja CA6NM”.

Pada tahun 2019 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Negeri Agung, Kecamatan Gunung Pelindung, Kabupaten Lampung Timur.

Kemudian penulis melakukan penelitian di Laboratorium Fisika Dasar dengan judul “Pengaruh Suhu Kalsinasi Terhadap Karakteristik Silika Daun Bambu Menggunakan Metode Asam Sitrat *Leaching*” sebagai Tugas Akhir di Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

MOTTO

“Patience is needed when you want to achieve a success.”

“Pengetahuan adalah senjata yang paling hebat untuk dapat mengubah dunia.”
(Nelson Mandela).

“Sesungguhnya keadaan-Nya apabila Dia menghendaki sesuatu hanyalah berkata kepadanya: Jadilah maka terjadilah ia.” (QS. Yasin : 82).

“Cara terbaik untuk mengalahkan seseorang adalah mengalahkannya dengan kesopanan” (Umar bin Khattab).

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 tucurahkan kepada Baginda Nabi Muhammad Shallallahu'alaihi wassalam.

Sebagai tanda hormat dan terimakasih, ku persembahkan karya ini kepada

“Bapak Kaisar dan Ibu Hesti”

Semoga karya ini bisa jadi suatu kebanggaan kecil untuk papah dan mamah

“Adikku”

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 Suhu Kalsinasi Terhadap Karakteristik Silika Daun Bambu Menggunakan 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 wabarakatuh

Bandar Lampung, Juli 2021

Muhammad Heksar Jadid Adani

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 orangtua ku, Bapak Kaisar Bunawi dan Ibu Hesti Suhardjanti 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. Bapak Agus Riyanto, S.Si., M.Sc., sebagai pembimbing II yang selalu memberikan bantuan, saran, dan semangat bagi penulisan dalam melaksanakan penelitian dan menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Prof. Drs. Posman Manurung, M.Si., Ph.D., sebagai penguji dalam skripsi, terima kasih atas saran dan kritik yang membangun.
5. Bapak Ediman Ginting Suka, M.Si., 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. Adikku tercinta Saniyya Sridarmi yang telah memberikan do'a, semangat dan motivasinya.
9. Hutami Haryaning Tyas Saputri yang selalu memberikan dukungan dan do'a.
10. Sahabat-Sahabatku Endarmoko, Eki Yusmana, Denny Irfan, Yusuf Aditya, Nanda Namek, Imam Prayogi, Ronal Pradana, 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, Juli 2021

Muhammad Heksar Jadid Adani

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN.....	v
RIWAYAT HIDUP	vi
MOTTO	viii
PERSEMBAHAN	ix
KATA PENGANTAR	x
SANWACANA	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
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.....	6

2.2. Silika (SiO ₂)	8
2.3. Metode <i>Leaching</i>	11
2.4. Instrumen Karakterisasi Material	
2.4.1. <i>Differential Thermal Analysis-Thermogravimetric Analysis (DTA/TG)</i>	12
2.4.2. <i>X-Rays Fluorescence (XRF)</i>	14
2.4.3. <i>X- Ray Diffraction (XRD)</i>	14
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 Penelitian	20
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	20
3.3. Prosedur Penelitian.....	21
3.4. Karakterisasi Sampel.....	24
3.5. Diagram Alir	28

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Karakterisasi <i>Thermogravimetric/Differential Thermal Analyzer (TG/DTA)</i>	29
4.2. Hasil Karakterisasi <i>X-Rays Fluorescence (XRF)</i>	32
4.3. Hasil Karakterisasi <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	34
4.4. Hasil Karakterisasi <i>Fourier Transform Infra-Red (FTIR)</i>	36
4.5. Hasil Karakterisasi <i>Scanning Electron Microscopy (SEM)</i>	38

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan	41
5.2. Saran.....	42

DAFTAR PUSTAKA LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Daun Bambu	7
Gambar 2.2. Struktur Kristal <i>Quartz</i> digambar kembali dengan Program Vesta	9
Gambar 2.3. Struktur Kristal <i>Cristobalite</i> digambar kembali dengan Program Vesta	9
Gambar 2.4. Struktur Kristal <i>Tridymite</i> digambar kembali dengan Program Vesta	10
Gambar 2.5. Penampang DTA-TGA	13
Gambar 2.6. Diffraktometer	16
Gambar 2.7. Skema prinsip kerja (SEM)	19
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian	28
Gambar 4.1. Kurva TGA dari DBSR dan DB80	30
Gambar 4.2. Kurva DTA dari DBSR dan DB80	31
Gambar 4.3. Gabungan Grafik XRD dari Seluruh Sampel	35
Gambar 4.4. Gabungan Spektrum FTIR dari Seluruh Sampel	37
Gambar 4.5. Struktur Mikro Silika Daun Bambu	39

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1. Hasil Karakterisasi XRF Silika Daun Bambu	33
Tabel 4.2. Puncak Spektrum Gugus Fungsi Seluruh Sampel.....	38

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara yang kaya dengan sumber daya alam yang potensial, didukung dengan keadaan geografisnya. Salah satu sumber daya alam yang ada di Indonesia adalah bambu (Dransfield dan Widjaya, 1995). Bambu termasuk kedalam tanaman ordo *Bambooidae* yang memiliki pertumbuhan yang cepat (Suhardiman, 2011). Menurut Wong (2004) bambu di Indonesia tumbuh di dataran rendah hingga pegunungan dengan ketinggian sekitar 3000 m dari permukaan laut dan pada umumnya bambu tumbuh di tempat terbuka yang bebas dari genangan air.

Menurut Widjaja (2001) terdapat 159 jenis bambu di Indonesia dimana 88 jenis diantaranya merupakan spesies endemik Indonesia. Indonesia memiliki data produksi bambu yang tersebar di beberapa pulau seperti Jawa, Bali, dan Sumatera. Data produksi bambu yang terbesar di Indonesia terdapat di pulau Jawa dengan jumlah produksi 8.947.826 batang, disusul oleh pulau Bali dengan jumlah produksi 5.675.490 batang, dan pulau Sumatera 196.516 batang, dan secara keseluruhan produksi bambu di Indonesia mencapai 14.832.607 batang (BPS, 2017). Dari jumlah bambu yang relatif banyak maka memungkinkan untuk memanfaatkan bambu lebih optimal dalam berbagai keperluan.

Dari produksi bambu yang tinggi tentu saja akan menghasilkan limbah produksi bambu yang tinggi. Limbah dari produksi bambu berupa ranting, batang, dan daun bambu. Selama ini limbah produksi bambu yang berupa daun bambu telah banyak dimanfaatkan oleh masyarakat luas sebagai pupuk (Nugraha *et al.*, 2017), dan pakan ternak (Andriarimalala *et al.*, 2019). Selain dapat dimanfaatkan sebagai pupuk dan pakan ternak, daun bambu memiliki potensi untuk dimanfaatkan dalam bidang material karena memiliki kandungan silika yang tinggi (Rosselo *et al.*, 2015).

Daun bambu memiliki kandungan silika yang cukup tinggi (Suhardiman, 2011). Hasil penelitian yang dilakukan Aminullah (2015) menjelaskan bahwa kandungan kimia dari abu daun bambu memiliki kandungan silika sebesar 75,90% yang terdapat pada bambu khususnya daun bambu. Berdasarkan hasil penelitian lainnya yang dilakukan oleh Tausiyah dan Ana (2018) daun bambu memiliki kadar selulosa berkisar antara 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 ekstraktif 0,9% - 6,9% dan bambu mengandung holoselulosa (selulosa dan hemiselulosa) berkisar antara 73,32% - 83,80%.

Untuk memperoleh silika terdapat beberapa metode, salah satunya adalah metode *leaching* asam. Metode *leaching* asam adalah metode 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). Dari penelitian yang telah dilakukan oleh Irzaman *et al.* (2018), diperoleh kemurnian silika yang tinggi hingga mencapai 99,99%

namun masih ada beberapa logam pengotor. Penelitian tersebut dilakukan dengan metode *leaching* dengan HCl dengan variasi konsentrasi 1%, 3% dan 5% pada suhu 200 °C selama 2 jam.

Kandungan silika pada daun bambu yang cukup tinggi menjadikan daun bambu sebagai bahan dasar untuk mendapatkan silika alternatif (Aminullah *et al.*, 2015). Adanya kandungan silika dalam daun bambu memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan material berbasis silika. Seperti penelitian yang telah dilakukan dengan memanfaatkan silika dari daun bambu yang digunakan dalam bidang konstruksi (Singh *et al.*, 2007). Kemudian daun bambu sebagai bahan pozzolanic seperti yang dilakukan (Cocina *et al.*, 2011).

Dari hasil penelitian tersebut maka peneliti memilih daun bambu sebagai bahan dasar untuk memperoleh silika dengan menerapkan metode *leaching* yang mana diharapkan dengan metode ini diperoleh silika dengan kemurnian yang cukup tinggi dan zat pengotor yang lebih sedikit. Metode *leaching* yang dipilih yaitu menggunakan asam sitrat dengan konsentrasi 10% pada suhu 80°C selama 2 jam. Selanjutnya kalsinasi dari bahan silika daun bambu pada suhu 600°C, 700°C, 800°C, 900°C, dan 1000°C. Kemudian analisis karakterisasi menggunakan *Differential Thermal Analysis – Thermogravimetric Analysis* (DTA-TGA) untuk mengetahui sifat termal, *X-Rays Fluorescence* (XRF) untuk mengetahui komposisi unsur, *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui struktur kristal, *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsional, dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui mikrostruktur.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana sifat termal silika daun bambu yang di *leaching* menggunakan asam sitrat dan tanpa asam sitrat?
2. Bagaimana komposisi unsur pada silika daun bambu menggunakan metode *leaching* asam sitrat dengan variasi suhu kalsinasi?
3. Bagaimana fase yang terbentuk pada silika daun bambu menggunakan metode *leaching* asam sitrat dengan variasi suhu kalsinasi?
4. Bagaimana gugus fungsi yang terbentuk pada silika daun bambu menggunakan metode *leaching* asam sitrat dengan variasi suhu kalsinasi?
5. Bagaimana karakteristik morfologi pada silika daun bambu menggunakan metode *leaching* asam sitrat dengan variasi suhu kalsinasi?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukanya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui sifat termal pada silika daun bambu yang di *leaching* menggunakan asam sitrat dan tanpa asam sitrat.
2. Mengetahui komposisi unsur pada silika daun bambu menggunakan metode *leaching* asam sitrat dengan variasi suhu kalsinasi.
3. Mengetahui fase yang terbentuk pada silika daun bambu menggunakan metode *leaching* asam sitrat dengan variasi suhu kalsinasi.

4. Mengetahui gugus fungsi yang terbentuk pada silika daun bambu menggunakan metode *leaching* asam sitrat dengan variasi suhu kalsinasi.
5. Mengetahui karakteristik morfologi pada silika daun bambu menggunakan metode *leaching* asam sitrat dengan variasi suhu kalsinasi.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Silika yang dihasilkan adalah silika berbasis daun bambu yang dilakukan menggunakan metode *leaching*.
2. Bahan yang digunakan yaitu daun bambu sebagai sumber silika.
3. Variasi suhu kalsinasi yang digunakan adalah 600°C, 700°C, 800°C, 900°C, dan 1000°C.
4. Karakterisasi yang dilakukan menggunakan DTA-TG, XRF, XRD, SEM dan FTIR.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Dapat mengetahui struktur kristal, komposisi unsur, mikrostruktur dan gugus fungsi yang terdapat pada silika daun bambu menggunakan metode *leaching* dengan suhu kalsinasi.
2. Menjadi bahan acuan untuk penelitian selanjutnya yang ingin membuat silika berbahan dasar daun bambu.
3. Menjadi alternatif dalam pembuatan silika daun bambu dengan menggunakan metode *leaching*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Daun Bambu

Bambu banyak menyebar di daerah tropis dan subtropis Asia. Dari sekitar 1.000 jenis bambu, 200 jenis ditemukan di Asia Tenggara (Westphal and Jansen,1989). Tanaman bambu juga banyak tumbuh di Indonesia. Secara keseluruhan produksi bambu di Indonesia mencapai 14.832.606 batang (BPS, 2017). Menurut Clark *et al.*, (2015) bambu merupakan subfamili Bambusoideae, salah satu dari 12 subfamili yang saat ini dikenal dalam famili rumput (Poaceae). Berbeda dengan rerumputan lainnya, bambu adalah satu-satunya garis keturunan utama yang beradaptasi dan melakukan diversifikasi di dalam habitat hutan.

Pada tanaman bambu, daunnya merupakan daun tunggal yang lengkap karena mempunyai bagian daun berupa pelepah daun (*vagina*), tangkai daun (*petiolus*), dan helaian daun (*lamina*). Daun ini mempunyai bangun daun garis (*Linearis*). Ujung daunnya 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 atau bentuk memanjang, ujung daun pada daun bambu berbentuk runcing yaitu penyempitan ke arah ujung daun dengan sedikit demi sedikit,

sedangkan untuk 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 daunnya bertipe perkamen yaitu tipis namun cukup kaku. Warna daun pada bagian atas jauh lebih gelap dibanding dengan yang di bawah dan warna yang kebanyakan ditemukan adalah warna hijau (Wong, 2004).



Gambar 2.1. Daun Bambu.

Daun bambu telah banyak digunakan dalam penelitian. Dari penelitian yang telah dilakukan oleh Tausiyah dan Ana (2018) bambu diketahui memiliki beberapa sifat kimia yang meliputi penetapan kadar selulosa, lignin, pentosan, abu, silika, serta alkohol benzen. Data hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar selulosa berkisar antara 42,4% - 53,6%, kadar lignin bambu berkisar antara 19,8% - 26,6%, sedangkan kadar pentosan 1,24% - 3,77%, kadar abu 1,24% - 3,77%, kadar silika 0,10% - 1,78%, kadar ekstraktif (kelarutan dalam alkohol benzene) 0,9% - 6,9%.

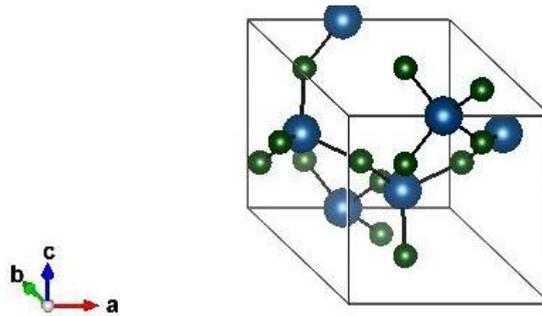
Hasil penelitian lain yang dilakukan oleh Amu dan Adetuberu (2010) menjelaskan bahwa kandungan kimia dari abu daun bambu yang memiliki kadar SiO_2 sebesar 75,90%, kadar Al_2O_3 sebesar 4,13%, kadar Fe_2O_3 sebesar 1,22%,

kadar CaO sebesar 7,47%, kadar MgO sebesar 1,85%, kadar K₂O sebesar 5,62%, kadar Na₂O sebesar 0,21%, kadar TiO₂ sebesar 0,20%, dan kadar SO₃ sebesar 1,06%.

2.2. Silika (SiO₂)

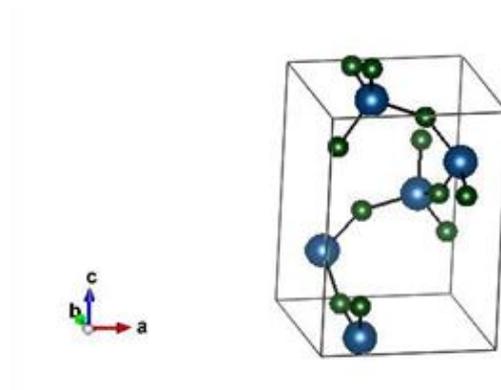
Silika adalah senyawa kimia dengan rumus molekul SiO₂ atau dengan nama lain yaitu oksida silikon (*Silicon Dioxide*) (Vlack, 1994). Silika merupakan senyawa logam oksida yang banyak terdapat di alam, namun keberadaannya di alam tidak dalam kondisi bebas, melainkan terikat dengan senyawa lain, baik secara fisik maupun secara kimia (Adam *et al.*, 2006). Silika dapat diperoleh dari silika mineral dan nabati. Silika mineral biasanya diperoleh dari batu apung (Mourhly *et al.*, 2015) dan pasir kuarsa (Munasir *et al.*, 2015). Sedangkan silika nabati dengan mudah kita temukan seperti daun bambu (Aminullah *et al.*, 2015) dan sekam padi (Kalapathy *et al.*, 2002; Chandrasekhar *et al.*, 2002).

Silika merupakan oksida logam golongan IV dengan satuan primer tetrahedron SiO₄, dimana satu atom silika dikelilingi oleh empat atom oksigen, gaya-gaya yang mengikat tetrahedral ini berasal dari ikatan ionik dan ikatan kovalen sehingga membuat ikatan tetrahedral menjadi kuat (Vlack, 1994). Silika mempunyai tiga bentuk kristal yaitu *quartz*, *crystalite* dan *tridymite*. Masing-masing kristal ini mempunyai stabilitas dan kerapatan yang berbeda menurut Brindley and Brown (1980), dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Struktur Kristal *Quartz* digambar kembali dengan Program VESTA (Momma dan Izumi, 2011).

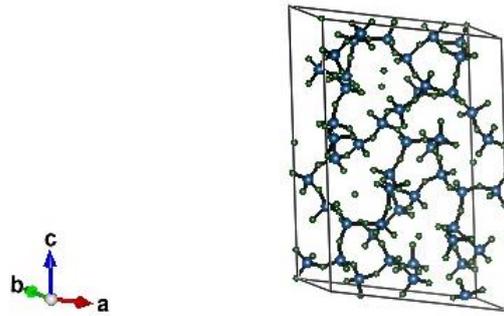
Gambar 2.2 menunjukkan struktur kristal dari silika (SiO_2) dengan bentuk kristal *quartz*. Terdiri dari atom silikon (Si) yang ditunjukkan dengan atom berwarna hijau dan oksigen (O) yang ditunjukkan dengan atom berwarna biru. Struktur kristal *quartz* memiliki sistem kristal *trigonal* dengan jari-jari atom silikon (Si) sebesar $1,18 \text{ \AA}$ kemudian untuk jari-jari atom oksigen (O) sebesar $0,72 \text{ \AA}$, serta parameter kisi $a = b = 4,8362 \text{ \AA}$ dan $c = 5,3439 \text{ \AA}$ dengan nilai sudut $\alpha = \beta = 90^\circ$ dan $\gamma = 120^\circ$ (Lieve et al., 1980). Untuk struktur kristal *cristobalite* dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Struktur Kristal *Cristobalite* digambar kembali dengan Program VESTA (Momma dan Izumi, 2011).

Gambar 2.3 menunjukkan bentuk struktur kristal *cristobalite* dari silika (SiO_2). Terdiri dari atom silikon (Si) yang berwarna hijau dan atom oksigen (O) berwarna biru. Struktur *cristobalite* memiliki sistem kristal *tetragonal* dengan jari-jari atom

Silikon (Si) sebesar 1,18 Å kemudian untuk jari-jari atom oksigen (O) sebesar 0,72 Å, serta parameter kisi $a = b = 4,9501$ Å dan $c = 6,9259$ Å dengan nilai sudut $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ (Dera *et al.*, 2011). Selanjutnya struktur kristal *tridymite* dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Struktur Kristal *Tridymite* digambar kembali dengan Program VESTA (Momma dan Izumi, 2011).

Gambar 2.4 menunjukkan struktur kristal dari silika (SiO_2) dengan bentuk kristal *tridymite*. Yang terdiri dari atom silikon (Si) berwarna hijau dan atom oksigen (O) berwarna biru. Struktur kristal *tridymite* ini memiliki sistem kristal *monoclinic* dengan jari-jari atom silikon (Si) sebesar 1,18 Å kemudian untuk jari-jari atom oksigen (O) sebesar 0,72 Å, serta parameter kisi $a = 18,52400$ Å, $b = 5,00320$ Å dan $c = 23,81000$ Å dengan nilai sudut $\alpha = \gamma = 90^\circ$ dan $\beta = 105,82^\circ$ (Dollase and Baur, 1976).

Berdasarkan perlakuan termal, pada suhu $<570^\circ\text{C}$ terbentuk *low quartz*, untuk suhu $570\text{--}870^\circ\text{C}$ terbentuk *high quartz* yang kemudian mengalami perubahan struktur menjadi *crystobalite* dan *tridymite*. Sedangkan pada suhu $870\text{--}1470^\circ\text{C}$ terbentuk *high tridymite*, pada suhu $>1470^\circ\text{C}$ terbentuk *high crystobalite*, kemudian pada suhu 1723°C terbentuk silika cair.

2.3. Metode *Leaching*

Leaching adalah ekstraksi bahan tertentu untuk menghilangkan kotoran material dengan melarutkannya (Matori *et al.*, 2009). Senyawa-senyawa pengotor anorganik dapat dihilangkan dari daun bambu melalui proses *leaching* menggunakan larutan asam untuk mendapatkan silika dengan kemurnian yang tinggi sebelum proses pembakaran. Para peneliti telah melakukan proses *leaching* sebelum melakukan proses termal dengan menggunakan HCl, H₂SO₄, HNO₃ (Matori *et al.*, 2009), asam sitrat (Umeda dan Kondoh, 2010), dan asam oksalat (Kalapathy *et al.*, 2002).

Proses pelarutan bahan terlarut yang terkandung dalam bahan padat oleh pelarut adalah definisi yang paling populer untuk *leaching*. Dalam bentuknya yang paling umum, *leaching* melaksanakan tugas melarutkan nilai mineral bijih atau konsentrat, umumnya dengan larutan cair dari zat pengikat. Istilah pencucian dapat diperluas untuk mencakup pembubaran zat sekunder (skrap, residu dan limbah). Dalam situasi ini yang ideal, *leaching* menimbulkan dua fraksi, yang pertama adalah bahan yang sebagian besar bebas dari mineral dan sebagian besar ditujukan untuk pembuangan, sementara yang lain adalah larutan sarat logam yang selalu maju untuk proses lebih lanjut. Dalam beberapa keadaan khusus, pencucian diterapkan dengan baik untuk menghilangkan kotoran yang sebaliknya tidak dapat dilepaskan dari konsentrat dan dalam kasus ini menjadi cara untuk meningkatkan konsentrat (Gupta, 2003).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mendapatkan silika dengan menggunakan metode *leaching*, salah satunya penelitian yang dilakukan oleh

Rosalia *et al.* (2016) untuk memperoleh silika dengan menggunakan metode *leaching* dengan asam sitrat ($C_6H_8O_7$) yang dikalsinasi pada suhu 800°C, 900°C, dan 1000°C. Hasilnya menunjukkan diperoleh silika bentuk amorf ketika dilakukan kalsinasi pada suhu 800°C dan fase *tridymite* pada suhu 900°C dan 1000°C.

2.4. Instrumen Karakterisasi Material

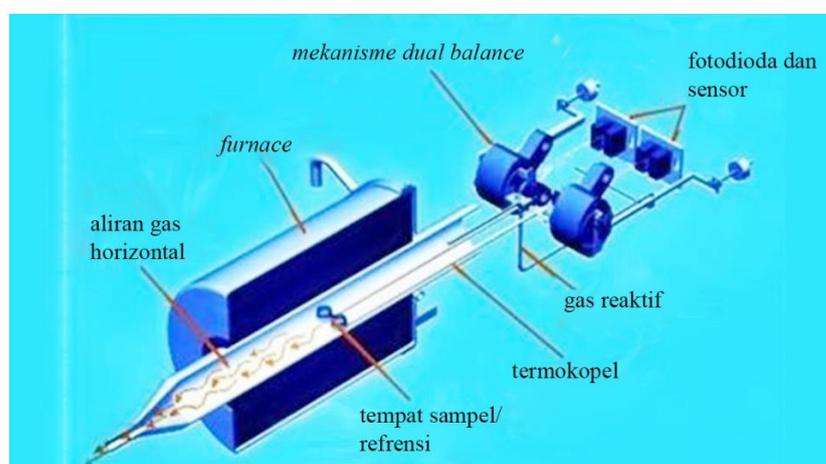
Karakterisasi merupakan uji analisis yang dilakukan terhadap suatu bahan sampel baik dengan tujuan untuk mengetahui senyawa pembentuk bahan maupun untuk mengetahui sifat fisis bahan yang dihasilkan. Karakterisasi material pada penelitian ini menggunakan *Differential Thermal Analysis – Thermogravimetric Analysis* (DTA-TGA) untuk mengetahui sifat termal, *X-Rays Fluorescence* (XRF) untuk analisis komposisi kimia, *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui struktur kristal, *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui mikrostruktur, dan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR) untuk mengetahui gugus fungsional.

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

DTA merupakan teknik analisis termal yang menggunakan perbedaan temperatur sampel dan referensi untuk menganalisis perubahan sifat kimia dan fisika (Harsanti, 2010). Analisis DTA didasari pada perubahan kandungan panas akibat perubahan temperatur dan titrasi termometrik. Dalam *Differential Thermal Analysis* (DTA), panas diserap atau diemisikan oleh sistem kimia yang dilakukan dengan pembanding yang inert (Alumina, Silikon, Karbit atau manik kaca) karena suhu keduanya ditambahkan dengan laju yang konstan. Kemudian pada TGA

didasari pada perubahan berat akibat pemanasan (Klancnik *et al.*, 2010). TGA merupakan teknik pengukuran variasi massa (kehilangan massa, emisi uap dan penambahan massa atau fraksi gas) sampel yang mengalami perubahan temperatur dalam lingkungan yang terkontrol. Teknik analisis ini dapat digunakan untuk menentukan kemurnian sampel, gejala dekomposisi, dan kinetik kimia (Suherman, 2009).

Gambar 2.5 menunjukkan 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. Termokopel ini tidak dapat ditempatkan secara langsung dengan sampel, hal ini digunakan untuk menghindari terjadinya kontaminasi dan degradasi (Bhadesia, 2002).



Gambar 2.5. Penampang DTA-TGA (Anthony, 2001).

Untuk memperoleh data, sampel dimasukkan sebuah termokopel sangat tipis, begitu juga selanjutnya, hal yang sama juga dilakukan pada tabung atau wadah yang berisi sampel. Untuk pemanasan atau pendinginan sampel dilakukan dengan

laju seragam. Untuk memperoleh hasil data yang baik, maka sampel harus halus yaitu dengan ukuran 100 mesh (Khopkar, 1990). Sedangkan hasil pengukuran fungsi T merupakan suatu petunjuk perolehan ataupun kehilangan energi dari sampel yang diuji. Bila dalam pengamatan ternyata suhu bahan acuan lebih tinggi daripada suhu sampel maka diperoleh T negatif atau terjadi perubahan endotermik dan sebaliknya jika suhu bahan acuan lebih rendah daripada suhu sampel maka diperoleh T positif atau terjadi perubahan eksotermik. Bila suhu sampel dengan suhu acuan sama berarti tidak terjadi perubahan, dalam hal ini hanya ditunjukkan berupa garis lurus (*base line*) (Robert, 1994).

2.4.2. X-Rays Fluorescence (XRF)

X-Rays Fluorescence (XRF) mengukur panjang gelombang komponen material secara individu dari emisi fluoresensi yang dihasilkan sampel saat diradiasi dengan sinar-X. Metode XRF secara luas digunakan untuk menentukan komposisi unsur suatu material. Berdasarkan karakteristik sinar yang dipancarkan, elemen kimia dapat diidentifikasi dengan menggunakan *Wavelength Dispersive XRF (WDXRF)* dan *Energy Dispersive XRF (EDXRF)*. WDXRF didapat dari difraksi dengan menggunakan analyzer yang berupa kristal, sedangkan EDXRF bekerja tanpa menggunakan kristal, namun menggunakan detektor yang mampu mengisolasi energi yang berbeda (Fatimah, 2018).

2.4.3. X-Ray Diffraction (XRD)

XRD merupakan metode analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi susunan atom dalam suatu bahan dengan memanfaatkan gelombang elektromagnetik dari

sinar-X dan struktur kisi sebagai parameternya. Difraksi sinar-X pertama kali dieksperimenkan pada tahun 1912 oleh Friedsish, Knipyng, dan Von Laue. Teknik ini memiliki kelemahan yaitu membutuhkan waktu yang cukup lama dan kurang praktis karena umumnya mesin bergerak secara bertahap melakukan pengukuran mulai dari sudut hamburan kecil sampai sudut besar. Percobaan dilakukan kembali oleh dua fisiskawan Inggris, W. H. Bragg (1862- 1942) dan putranya W. L. Bragg (1890-1971). Mereka berhasil menganalisis percobaan Laue dan mampu menampilkan kondisi yang diperlukan untuk difraksi dalam bentuk matematika jauh lebih sederhana. Percobaan dilakukan dengan cara menembakkan sinar-X pada sampel padatan kristalin, kemudian sinar tersebut akan terdifraksi. Detektor bergerak dengan kecepatan sudut yang konstan untuk mendeteksi berkas sinar-X yang didifraksi oleh sampel. Sampel serbuk memiliki bidang-bidang kisi yang tersusun secara acak dengan berbagai kemungkinan orientasi, begitu pula partikel-partikel kristal yang terdapat didalamnya. Setiap kumpulan bidang kisi tersebut memiliki beberapa sudut orientasi tertentu, sehingga memenuhi Hukum Bragg dengan persamaan berikut (Cullity, 1956).

$$n \lambda = 2 d \sin \theta \quad (2.1)$$

dengan:

n : Orde difraksi

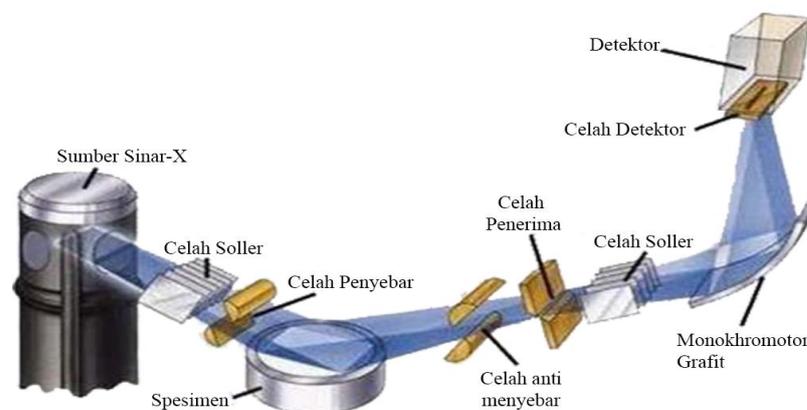
λ : Panjang gelombang sinar-X

d : Jarak antar bidang Kristal

θ : Sudut difraksi

Alat difraksi ini memiliki tiga komponen utama, yakni sumber sinar-X, material uji dan detektor sinar-X. Komponen pertama, yaitu sumber sinar-X terdapat dalam tabung sinar-X dimana di dalamnya akan terjadi percepatan elektron akibat tegangan tinggi yang diberikan sehingga terjadi tumbukan antara elektron dengan logam target (seperti Cu, Cr, Fe, Co, Mo, Ag, dan lain-lain) sehingga menghasilkan sinar-X dengan panjang gelombang $0,1^{-1} \times 10^{-8}$ m. Sedangkan untuk komponen kedua, yaitu material yang akan diujikan dalam bentuk padatan halus (serbuk) dengan berat yang biasa digunakan yaitu 1 mg. Komponen ketiga, yaitu detektor sinar-X sebagai pendeteksi sudut sinar-X yang direfleksikan pada material uji (Setiabudi *et al.*, 2012).

Gambar 2.6 menunjukkan skema difraktometer. Prinsip dasar alat ini, sebelum sinar-X sampai ke detektor, sinar-X yang memiliki panjang gelombang dengan intensitas I mengalami refleksi dan menghasilkan sudut difraksi 2θ . Jalannya sinar-X diawali dari sumber sinar-X yang akan melewati celah *soller* dan masuk ke celah penyebar. Sinar-X yang melewati celah penyebar akan mengenai material yang akan diuji dan mengalami difraksi menuju celah anti penyebar, lalu masuk ke celah penerima, celah *soller* dan sampai ke detektor.



Gambar 2.6. Difraktometer (Warren, 1969).

2.4.4. *Fourier Transform Infra-Red (FTIR)*

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

Pengukuran spektrum inframerah dilakukan pada daerah sinar inframerah tengah pada panjang gelombang 2,5-50 μm atau bilangan gelombang 4000-200 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 transmittan. Persen transmittan 100 berarti tidak ada frekuensi inframerah yang diserap oleh senyawa. Persen transmittan 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).

Analisis menggunakan FTIR memiliki beberapa kelebihan utama dibandingkan dengan metode konvensional yaitu:

1. Dapat digunakan pada semua frekuensi dari sumber cahaya secara simultan, sehingga analisis dapat dilakukan lebih cepat dari pada menggunakan cara *scanning*.
2. Sensitivitas FTIR adalah 80-200 kali lebih tinggi dari instrumentasi dispersi standar karena resolusinya lebih tinggi (Razi, 2012). Sensitivitas dari metode spektrofotometri FTIR lebih besar dari pada cara dispersi, sebab radiasi yang masuk ke sistem detektor lebih banyak karena tanpa harus melalu celah (*slitless*) (Giwangkara S, 2012).
3. Pada FTIR mekanik optik lebih sederhana dengan sedikit komponen yang bergerak dibanding spektroskopi inframerah lainnya, serta dapat menentukan kualitas dan jumlah komponen sebuah sampel (Hamdila, 2012).

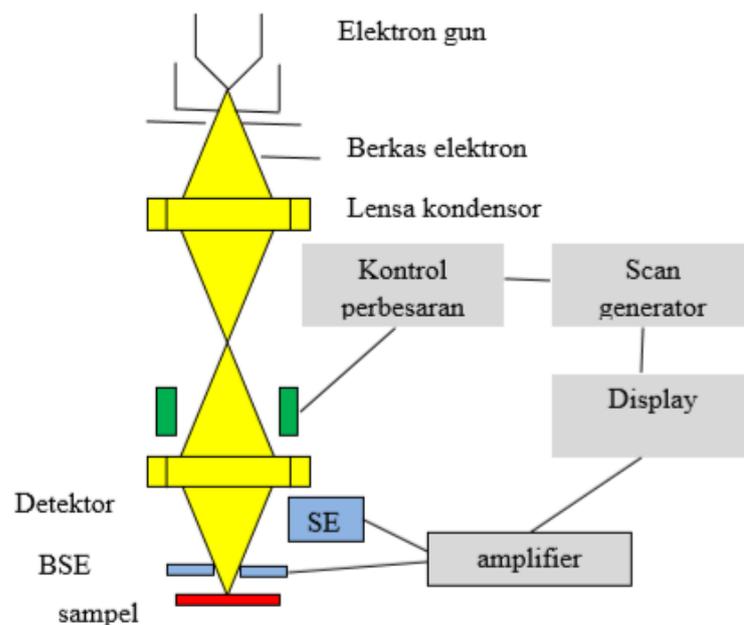
2.4.5. Scanning Electron Microscopy (SEM)

Scanning Electron Microscopy (SEM) adalah suatu karakterisasi bahan yang digunakan untuk mengetahui topografi, morfologi, komposisi dan kristalografi suatu bahan. SEM pertama kali ditemukan pada tahun 1938 oleh ilmuwan Jerman bernama Manfred Von Aedrne dengan menggunakan prinsip tumbukan berkas elektron pada permukaan bahan. Besar kecilnya volume yang berinteraksi tergantung pada nomor atom, *accelerating voltage* (pemercepat tegangan) dan sudut datang (Kroschwitz, 1990).

SEM mempunyai keunggulan dalam proses pengoperasian yaitu pengoperasian berawal dari kemudahan dalam penyiapan sampel sehingga dapat menghasilkan beragam sinyal karena adanya interaksi antara berkas elektron dengan sampel.

Elektron yang dihasilkan oleh SEM berasal dari *electron gun*, yang bersifat monokromatik, dimana pancaran dari elektron tersebut diteruskan ke anoda. Pada proses ini elektron mengalami penyerahan menuju titik fokus. Anoda berfungsi membatasi pancaran elektron yang memiliki sudut hambur yang terlalu besar. Berkas elektron yang telah melewati anoda diteruskan menuju lensa magnetik, *scanning coils*, dan menembak spesimen (Sampson, 1996).

Gambar 2.7 dibawah menunjukkan prinsip kerja SEM yaitu sumber elektron yang berasal dari filamen katoda ditembakkan menuju sampel. Berkas elektron tersebut kemudian difokuskan oleh lensa magnetik sebelum sampai pada permukaan sampel. Lensa magnetik memiliki lensa kondenser yang berfungsi memfokuskan sinar elektron. Berkas elektron kemudian menghasilkan *Backscattered Electron* (BSE) dan *Secondary Electron* (SE) menuju sampel, dimana SE akan terhubung dengan *amplifier* yang kemudian dihasilkan gambar pada monitor (Reed, 1993).



Gambar 2.7. Skema Prinsip Kerja SEM (Sampson, 1996).

III. METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan pada 20 September 2020 sampai 20 November 2020. Penelitian dilakukan di Laboratorium Fisika Material FMIPA Universitas Lampung. Kalsinasi dilakukan di Laboratorium Balai Riset dan Standardisasi Industri Bandar Lampung. Karakterisasi DTA/TGA dilakukan di UPT Laboratorium dan Sentra Inovasi Teknologi Universitas Lampung. Karakterisasi XRF dilakukan di Laboratorium Universitas Negeri Padang. Karakterisasi FTIR, XRD dilakukan di Laboratorium Terpadu Universitas Islam Indonesia. Karakterisasi SEM dilakukan di Laboratorium Biosains Universitas Brawijaya Malang.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1. Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini diantaranya yaitu timbangan digital, *beaker glass* 1000 mL, termometer, saringan, baskom, *hotplate magnetic stirrer*, cawan, spatula kaca, botol sampel, *mortar* dan *pestle*, oven, *aluminium foil*, *furnance* dan alat-alat karakterisasi seperti XRF PANalytical Epsilon 3,

DTA/TGA EXTAR SII 7300, XRD XPERT PRO, FTIR SHIMUDZU, SEM AMETEK.

3.2.2. Bahan Penelitian

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

3.3. Prosedur Penelitian

3.3.1. Preparasi Daun Bambu

Berikut ini adalah preparasi daun bambu:

- 1) Menyiapkan daun bambu.
- 2) Mencuci daun bambu dengan air mengalir hingga bersih, untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada daun bambu.
- 3) Mengeringkan daun bambu dibawah sinar matahari selama 2 sampai 3 hari hingga kering merata.
- 4) Memotong daun bambu hingga kecil dengan ukuran kira-kira 0,5cm.
- 5) Mengeringkan daun bambu yang sudah dipotong ke dalam oven pada suhu $100^{\circ}C$ selama 5 jam.
- 6) Menimbang daun bambu yang sudah dikeringkan dengan berat 30 g dan memasukkannya ke dalam plastik.

3.3.2. Sintesis Silika Daun Bambu menggunakan Metode *Leaching* dengan Asam Sitrat ($C_6H_8O_7$)

Langkah-langkah melakukan sintesis silika daun bambu menggunakan metode *leaching* dengan suhu larutan 80 °C adalah sebagai berikut:

- 1) Mengkonversi persentasi konsentrasi asam sitrat kedalam satuan gram, konsentrasi asam sitrat yang digunakan yaitu 10% atau sebesar 50,25 g.
- 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 80 °C.
- 4) Memasukan daun bambu kedalam larutan asam sitrat dan diaduk perlahan pada suhu konstan selama 2 jam.
- 5) Dinginkan 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 dengan menggunakan penyaring dan dikeringkan dalam oven pada suhu 120 °C selama 3 jam.
- 8) Menimbang daun bambu hasil *leaching* yang sudah dikeringkan.

3.3.3. Pembakaran Daun Bambu Hasil *Leaching* Asam Sitrat

Setelah daun bambu di *leaching* kemudian dilakukan pembakaran dengan suhu kalsinasi 600°C, 700°C, 800°C, 900°C dan 1000°C agar diperoleh abu daun bambu. Berikut tahapan proses pembakaran yang dilakukan yaitu:

- 1) Daun bambu yang sudah di *leaching* diblender hingga ukurannya lebih kecil.
- 2) Daun bambu ditimbang dengan berat 50 g.
- 3) Daun bambu yang telah ditimbang dimasukkan kedalam cawan alumina.
- 4) Daun bambu kemudian dibakar dalam *furnace* dengan laju pembakaran sebesar 5 °C/menit, pembakaran dimulai dari suhu ruang menuju suhu 500°C kemudian ditahan selama 30 menit lalu dilanjutkan dengan menaikkan suhu mencapai 600°C, 700°C, 800°C, 900°C dan 1000°C dan ditahan selama 5 jam, setelah itu didiamkan hingga suhu kembali ke suhu ruang.
- 5) Menimbang abu daun bambu dan dimasukkan ke dalam plastic berlabel sesuai suhu kalsinasi yang digunakan.
- 6) Menggerus abu daun bambu menggunakan *mortar* secara konstan selama 3 jam.
- 7) Abu daun bambu yang sudah halus ditempatkan dalam botol sampel dan diberi label sesuai suhu kalsinasi yang digunakan.

3.4. Karakterisasi Sampel

3.4.1. Karakterisasi *Differential Thermal Analysis-Thermogravimetric Analysis* (DTA-TGA)

Karakterisasi DTA-TGA dilakukan untuk menganalisis sifat termal dan stabilitas bahan. Prosedur yang dilakukan dalam proses DTA-TGA adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan cawan platina kosong untuk digunakan sebagai sampel referensi dan memasukkan serbuk sampel kalsium silikat ke dalam cawan platina.
2. Meletakkan kedua cawan platina pada posisi vertikal di sample holder dengan memutar posisi furnace ke arah sampel 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. Kemudian menekan tombol power furnace pada posisi "ON" untuk pemanasan akan bekerja sesuai dengan program yang telah diatur, saat inilah grafik pada monitor komputer akan terlihat dan akan diamati sampai temperatur $T_{pengukuran}$ tercapai menurut program yang telah diatur. Apabila $T_{pengukuran}$ telah tercapai maka power furnace dapat dimatikan yaitu pada posisi "OFF" dan selanjutnya melakukan print hasil pengukuran.

3.4.2. Karakterisasi *X-Ray Fluorescence* (XRF)

Karakterisasi XRF bertujuan untuk mengetahui komposisi unsur dari silika, dengan prosedur penggunaan alat sebagai berikut:

- 1) Meletakkan sampel didalam *holder*. Memasukan bagian bawah *holder* yang tertutup seluruhnya oleh sampel karena akan ditembakkan oleh sinar-X.

- 2) Setelah sampel siap pada sampel *holder*, menutup *lid* dan kemudian menghidupkan XRF menggunakan tombol *on*.
- 3) Analisis akan berjalan dengan menggunakan tombol sinar-X yang akan mengenai sampel beberapa saat.
- 4) Sinar-X yang mengenai sampel akan meneruskan ke detektor dan melanjutkan analisa unsur-unsur yang terkandung didalam sampel.

3.4.3. Karakterisasi X-Ray Diffractometer (XRD)

Prosedur penggunaan alat XRD adalah sebagai berikut:

- 1) Menyiapkan sampel yang akan dianalisis, kemudian merekatkannya pada kaca dan memasangkan pada tempat yang berupa lempeng tipis berbentuk persegi panjang (*sample holder*) dengan lilitan perekat.
- 2) Memasang sampel yang telah disimpan pada *sample holder* kemudian meletakkan 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 matct analysis* yaitu membandingkan data yang diperoleh dengan data standar (*Power Diffraction File Database*).

3.4.4. Karakterisasi *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

Karakterisasi FTIR bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi silika, dengan prosedur 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 memcuci bagian sampel, *base* dan *tablet frame* dengan kloroform.
- 5) Memasukan sampel KBr yang telah dicampur kedalam cetakan kemudian menghubungkan pompa vakum untuk meminimalkan kadar air.
- 6) Meletakkan cetakan pada pompa hidroluk 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.

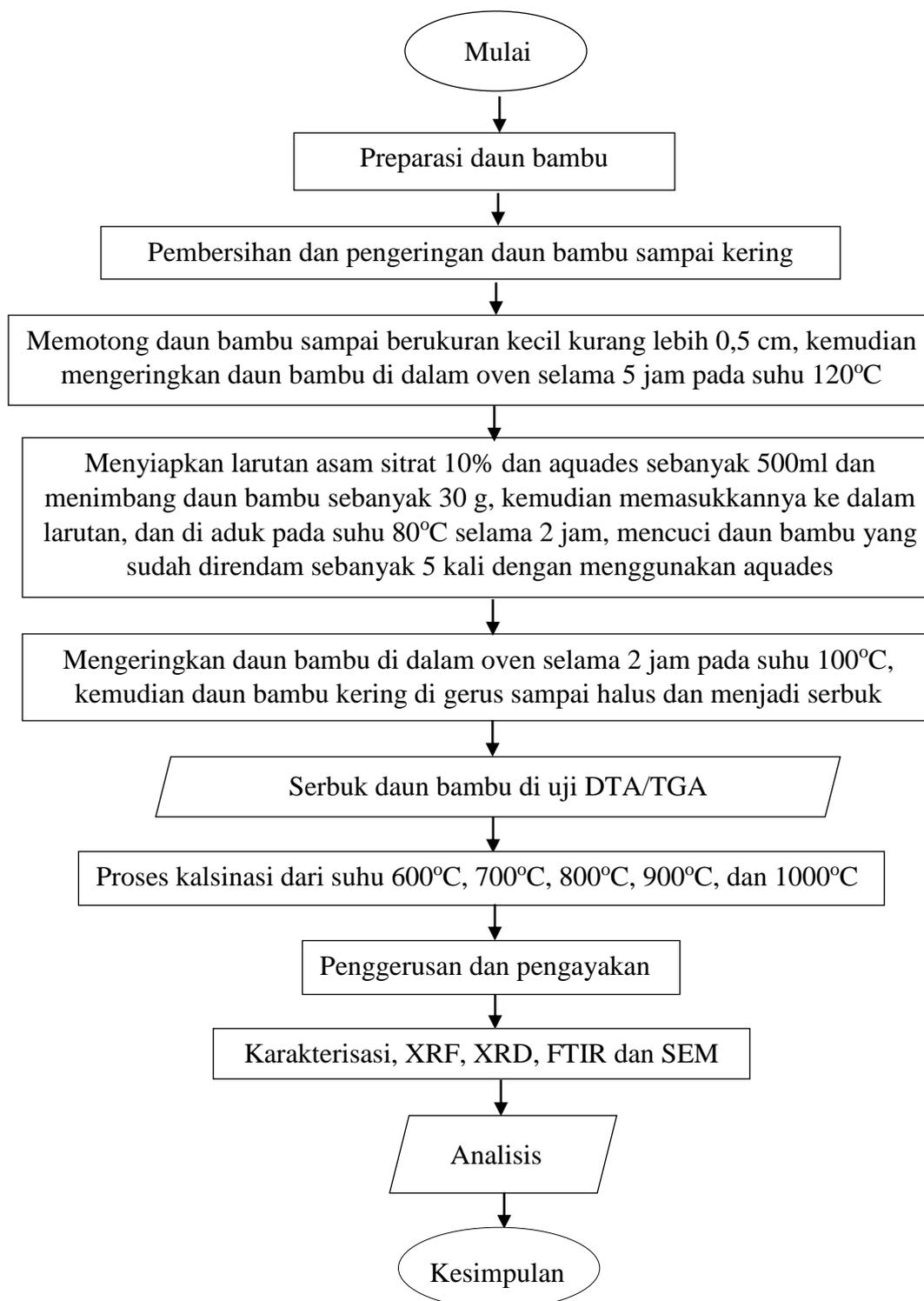
3.4.5. Karakterisasi *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Karakterisasi SEM bertujuan untuk mengetahui mikrostruktur silika, dengan prosedur sebagai berikut:

- 1) Memasukan sampel kedalam *vacum column*. untuk dianalisa dengan kondisi udara dipompa keluar agar menciptakan kondisi vakum. Kondis 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 Penelitian.

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 DBSR dan DB80, sampel DBSR pada interval suhu 100-350°C mengalami penyusutan sebesar 49,86% sedangkan sampel DB80 pada interval suhu 100-350°C mengalami penyusutan sebesar 52,51%;
2. Analisis DTA pada DBSR menunjukkan adanya 2 puncak eksotermik pada suhu 382,9°C dan 1147,8°C kemudian 1 puncak endotermik pada suhu 43,7°C dan pada DB80 menunjukkan adanya 2 puncak eksotermik pada suhu 357,7°C dan 1044,8°C, kemudian 1 puncak endotermik pada suhu 45,7°C;
3. Analisis XRF menunjukkan hasil silika yang tinggi secara berturut-turut mulai dari suhu ruang sampai suhu 1000°C yaitu sebesar 90,404%, 93,977%, 94,024%, 94,223%, 95,049%, dan 96,602%, selain silika sisanya hanyalah pengotor;
4. Analisis XRD menunjukkan struktur *amorf* dari sampel suhu ruang sampai suhu 800°C, perubahan dari struktur *amorf* menjadi kristal terlihat pada suhu 900°C dan pada suhu 1000°C sudah menjadi kristal dengan puncak tertinggi pada $2\theta=26,722^\circ$;

5. Analisis FTIR menunjukkan gugus fungsi yang terbentuk yaitu –OH, Si-O-Si dan Si-O;
6. Analisis SEM menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu kalsinasi yang diberikan terhadap sampel maka ukuran butir semakin merata dan butiran-butiran kecil pada suhu yang lebih rendah sudah hilang menjadi semakin merata pada suhu tinggi.

5.2. Saran

Untuk penelitian selanjutnya disarankan melakukan pencucian bahan dilakukan lebih dari 5 kali agar dapat memperoleh kemurnian sampel yang lebih tinggi. Serta lebih teliti dalam melakukan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, F., Kandasamy, K., and Batakrisnani, S. 2006. Iron Incorporated Heterogeneous Catalyst from Rice Husk Ash. *Journal of Colloid and Interface Science*. Vol. 384. Pp. 837-844.
- Adam, Farok., Seng, Thiam., Andas and Jeyashelly. 2011. A Simple Template-Free Sol-Gel Synthesis of Spherical Nanosilica From Agriculture Biomass. *Journal Sol-Gel Sci Technol*. University Sains Malaysia. Pp 580-583.
- Aminullah, Rohaeti, E. and Irzaman. 2015. Reduction of High Purity Silicon from Bamboo Leaf As Basic Material in Development of Sensors Manufacturer in Satellite Technology. *Procedia Environmental Science*. Vol. 24. Pp. 308-316.
- Amu, O. O and Adetuberu, A. A. 2010. Characteristics of Bamboo Leaf Ash Stabilization on Lateritic Soil in Highway Construction. *International Journal of Engineering and Technology*. Vol. 2. No. 4. 2010. Pp. 212-219.
- Andriarimalala, J. H., Kpomasse, C. C., Salgado, P., Ralisoa, N., and Durai, J. 2019. Nutritional Potential of Bamboo Leaves for Feeding Dairy Cattle. *Special Supplement Bamboo*. Vol. 49. Pp. 1-8.
- Anthony, R. 2001. *Basic Solid State Chemistry, 2nd Edition*. John Wiley and Sons, Inc. London. Pp. 203-210.
- Bhadeshia, H.K. 2002. *Thermal Analysis Techniques: Material Science and Metallurgy*. University of Cambridge. Cambridge.
- BPS. 2017. *Statistik Produksi Kehutanan*. Badan Pusat Statistik Indonesia. Indonesia.
- Brindley, G. W., and Brown, G. 1980. *Crystal Structures of Clay Minerals and Their X-Ray Identification*. Mineralogical Society, London. Pp. 312-316.
- Chandra, A., Miryanti, A., Widjaja, L., dan Andika, P. 2012. *Isolasi dan Karakterisasi Silika dari Sekam Padi* (skripsi). Bandung: Universitas Katolik Parahayangan.

- Chandrasekhar, S., Pranada, P. N., Reghavan, P. and Satyanarayana, K. G. 2002. Microsilica from Rice Husk As A Possible Substitute for Condensed Fume For High Performance Concrete. *Journal of Materials Science Letters*. Vol. 21. Pp. 1245-1247.
- Clark, L. G., Londono, X., and Sanchez, E. R. 2015. *Bamboo Taxonomy Habitat*. Springer International. Switzerland.
- Cocina, E.V., Morales, E.V., Santos, S., and Savastaro, H. Frias, M. 2011. Pozzolanic Behavior of Bamboo Leaf Ash: Characterization and Determination of the Kinetic Parameters. *Journal Cement and Concrete Composites*. Vol. 33. Pp. 68-73.
- Cullity, B. D. 1956. *Elements of X-Ray Diffraction*. Addison-Wesley. USA.
- Dachriyanus. 2004. *Analisis Struktur Senyawa Organik Secara Spektroskopi*. Padang: Lembaga Pengembangan Teknologi Informasi dan Komunikasi (LPTIK) Universitas Andalas.
- 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.
- Dera, P., Lazarz, J. D., Prakapenka, V. B., Barkley, M. and Downs, R. T. 2011. New Insights Into the High-Pressue Polymorphism of SiO₂ Cristobalite. *Physics and Chemistry of Material*. Vol. 38. Pp. 517-527.
- Dollase, W. A. and Baur, W. H. 1976. The Superstructure of Meteoritic Low Tridymite Solved by Computer Simulation. *American Mineralogist*. Vol. 61. Pp. 517-529.
- Dransfield, S and E.A, Widjaya. 1995. *Bamboos. Plant Resources of East Asia (PROSEA)* Backhugs Publisher Leiden No. 7.
- Essien, E.R. Oluyemi, A. Olaniyi. Adams, L.A. Shaibu. 2012. Sol-Gel Derived Porous Silica: Economic Synthesis and Characterization. *Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering*. Vol. 11, Pp. 976-981.
- Fatimah, S. 2018. *Identifikasi Kandungan Unsur Logam menggunakan XRF dan OES sebagai Penentu Tingkat Kekerasan Baja Paduan*. (Skripsi). Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- 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. Pp. 580-583.

- Frias, M., Savastano, H., Villar, E., Isabel, M.S.D.R., and Santos, S. 2012. Characterization and Properties of Blended Cement Matrices Containing Activated Bamboo Leaf Wastes. *Journal Cement and Concrete Composites*. Vol. 34. Pp. 1019-1023.
- Giwangkara S, E. G. 2006. *Aplikasi Logika Syaraf Fuzzy pada Analisis Sidik Jari Minyak Bumi Menggunakan FTIR*. Sekolah Tinggi Energi dan Mineral. Cepu Jawa Tengah.
- 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.
- Gupta, C. K. 2003. *Chemical Metallurgy*. Principles and Practice. Mumbai. India.
- Hamdila, J. D. 2012. *Pengaruh Variasi Massa Terhadap Karakteristik Fungsionalitas dan Termal Komposit MgO-SiO₂ Berbasis Silika Sekam Padi Sebagai Katalis*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Hindryawati, N dan 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. Pp. 733-762.
- Irzaman, Oktaviani, N., and Irmansyah. 2018. Ampel Bamboo Leaves Silicon Dioxide (SiO₂) Extraction. *Earth and Environmental Science*. Vol. 141. Pp. 012-014.
- 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. Pp. 405-411.
- Juliani, N. K. A., Purwaningsih, H., Susanti, D., dan Pratiwi., V. M. 2018. Analisa Pengaruh Variasi Leaching dan Penambahan Template Terhadap Pembentukan Hollow Mesoporous Silika Nanopartikel. *Jurnal Teknik ITS*. Vol. 7. No. 1. Pp. 2337-3520.
- Kalapathy, U., Proctor, A., dan Shultz, J. 2002. An Improved Method for Production of Silica from Rice Hull Ash. *Bioresource Technology*. Vol. 85, No. 3. Pp. 285-289.
- Khopkar, S.M. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Universitas Indonesia. Jakarta. Hal. 216-217.

- Klancnik, B., Madued, J., and Mruar, P. 2010. Differential Thermal Analysis (DTA) in DSC Kot Metoda Zz Razis Kavomaterialoz. *RMZ-Materials and Geovironment*. Vol. 51. No. 1. Pp. 127-142.
- Kroschwitz, J. 1990. *Polimer Characterization and Analysis*. John Wiley and Sons, Inc. Canada.
- Lieve, L., Prewitt, C. T. and Weidner, D. J. 1980. Structure and Elastic Properties of Quartz at Pressure. *American Mineralogist*. Vol. 65. Pp. 920-930.
- Matori, K. A., Haslinawati, M.M., Wahab, Z. A., Sidek, H. A. A., Ban, T. K., dan Ghani, W. A. W. A. K. 2009. Producing Amorphous White Silica from Rice Husk. *MASAUM Journal of Basic and Applied Sciences*. Vol. 1, No. 3. Pp. 512-515.
- Momma, K., and Izumi, F. 2011. VESTA 3 for Three-Dimensional Visualization of Crystal, Volumetric, and Morphology Data. *Journal of Application Crystallography*. Vol. 44. No. 6. Pp. 1272-1276.
- Mourhly, A., Khachani, M., Hamidi, A. E., dan Kacimi, M. 2015. The synthesis and characterization of low-cost mesoporous silica SiO₂ from local pumice rock. *Nanomaterials and Nanotechnology*. Vol. 33. No. 5. Pp. 1-7.
- Munasir, Triwakantoro, Zainuri, M., dan Darminto. 2015. Synthesis of SiO₂ nanopowders containing quartz and cristobalite phases from silica sands. *Materials Science-Poland*. Vol. 33. No. 1. Pp. 47-55.
- Nugraha, A. B., Wijayanti, R., dan Subagiya. 2017. Potensi Abu Daun Bambu dan Kompos Jerami untuk Mengendalikan Wereng Coklat. *Jurnal Agrotech Res*. Vol 1. No. 2. Pp. 7-12.
- Razi. 2012. *Prinsip FTIR*. <http://little-Razi.blogspot.com/2012/03-04-2012/Prinsip-FTIR.Html>. Diakses pada 25-01-2021. Pukul 13.00 WIB.
- Reed, S. J.B. 1993. *Electron Microprobe Analysis and Scanning Electron Microscopy in Geology Second Edition*. Zone Naylor. Cambridge University Press.
- Robert, F.S. 1994. *Thermal Analysis of Materials*. Marcell Dekker, Inc. Madison Avenue. New York.
- Rosalia, R., Asmi, D., dan Ginting, E. 2016. Preparasi dan Karakterisasi Keramik Silika (SiO₂) Sekam Padi dengan Suhu Kalsinasi 800 °C – 1000 °C. *Jurnal Teori dan Aplikasi Silika*. Vol. 4, No. 1. Pp. 101-106.
- Rosello, 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. Pp. 1314-1326.

Sampson, A.R. 1996. *Scanning Electron Microscopy: Advanced Research System*. www.sem.com. Diakses pada 25-01-2021. Pukul 13.30 WIB.

Saudi, H. A., S. M. Salem., S. S. Mohammad., A. G. Mostafa., 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. Pp. 97-105.

Setiabudi, A., Hardian, R., dan Mudzakir, A. 2012. *Karakterisasi Material; Prinsip dan Aplikasinya dalam Penelitian Kimia*. Bandung: UPI Press.

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.

Singh, N. B., Singh, N. P., and Divendi, U.N. 2007. Hydration of Bamboo Leaf Ash Blended Portland Cement. *Indian Jurnal of Engineering dan Methods Science*. Vol 14. Pp. 69-76.

Stuart, B. 2004. Infrared Spectroscopy: Fundamental and Application. *Analytical Technicues in the Science*.

Suhardiman M. 2011. Kajian Pengaruh Disposals Serat Bambu Ori Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Beton. *Jurnal Tehnik*. Vol. 1. No. 2. Pp. 10-20.

Suherman. 2009. *Karakteristik Fungsionalitas dan Termal Bahan Keramik Cordierite (Mg₂Al₄Si₅O₁₈) Berbasis Silika Sekam Padi Akibat Perlakuan Kalsinasi*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung.

Tausiyah, Ana. 2018. *Pengaruh Waktu Refluks dalam Konversi Biodiesel Minyak Dedak Padi (Rice Bran Oi) dengan Modifikasi Katalis ZrO₂ Teremban pada Abu Daun Bambu*. (Skripsi). Fakultas MIPA Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Umeda, J. dan 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.

Umeda, J. dan Kondoh, K., 2010. High-purification of Amorphous Silica Originated from Rice Husk by Combination of Polysaccharide Hydrolysis and Metallic Impurities Removal. *Industrial Crops and Products*. Vol. 32, No. 3. Pp. 539-544.

- Ummah, S., Prasetyo, A., dan 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 Carbon Material from Rice Husks. *Bulgarian Chemical Communications*. Vol. 42. No. 2. Pp. 130-137.
- Vlack, V. 1994. *Ilmu dan Teknologi bahan (Ilmu Logam dan Non Logam)*. Edisi Kelima. Ahli bahasa Sriati Djaprie. Fakultas Teknik Metarlugi. Universitas Indonesia. Erlangga. Jakarta.
- Warren, B. E. 1969. *X-Ray Diffraction*. Addison-Wesley Publishing Company, Inc. Massachusetts.
- Westpal, E. and Jansen, P.C.M. 1989. *Plant Resources of South-East Asia*. Pudoc Wageningen. Netherlands.
- Widjaja, E.A. 2001. *Identikit Jenis-jenis bambu di Jawa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Bilologi. LIPI. Bogor.
- Woh Kow, K., Yusoff, R., Abdul Aziz, A., Abdullah, E. 2014. From Bamboo Leaf to Aerogel: Preparation of Water Glass as a Precursor. *Journal of Non-Crystalline Solids*. Vol. 386. Pp. 76-84.
- Wong, K. 2004. *Bamboo The Amazing Grass*. Rimba Ilmu Botanic Garden. University of Malaya.