SINTESIS SILIKA (SiO_2) DARI BAHAN DASAR ABU *BOILER* BERBASIS BIOMASSA SAWIT

CHERLLIN EVANIA
H1031201066

SKRIPSI

PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

SINTESIS SILIKA (SiO_2) DARI BAHAN DASAR ABU *BOILER* BERBASIS BIOMASSA SAWIT

CHERLLIN EVANIA
H1031201066

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains pada Program Studi Kimia

PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Tugas Akhir	: Sintesis Silika (SiO_2) dari Bahan Dasar Abu *Boiler* Berbasis Biomassa Sawit
Nama Mahasiswa	: Cherllin Evania
NIM	: H1031201066
Jurusan/Program Studi	: Kimia
Tanggal Lulus	: 16 Januari 2025
SK Pembimbing	: No. 4315/UN22.8/TD.06/2023/Tanggal 10 November 2023
SK Penguji	: No. 5538/UN22.8/TD.06/2024/Tanggal 31 Desember 2024

Dosen Pembimbing

Pembimbing I	Pembimbing II
Dr. Anis Shofiyani, S.Si., M.Si	Hj. Puji Ardiningsih, S.Si., M.Si
NIP. 197311152000112001	NIP. 197201271998022001

Dosen Penguji

Ketua Penguji	Anggota Penguji
Adhitiyawarman, S.Si., M.Si., Ph.D	Prof. Hj. Risa Nofiani, S.Si., M.Si., Ph.D
NIP. 198409192008121001	NIP. 197411152000122001

Pimpinan Sidang (merangkap anggota penguji)	Sekretaris Sidang (merangkap anggota penguji)
Dr. Anis Shofiyani, S.Si., M.Si	Hj. Puji Ardiningsih, S.Si., M.Si
NIP. 197311152000112001	NIP. 197201271998022001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Tanjungpura

Prof. Dr. Gusrizal, S.Si., M.Si
NIP. 197108022000031001

PERNYATAAN INTEGRITAS AKADEMIK

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	:	Cherllin Evania
NIM	:	H1031201066
Program Studi/Jurusan	:	Kimia
Fakultas	:	Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

dengan ini menyatakan bahwa dokumen ilmiah Tugas Akhir yang disajikan ini tidak mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia Nomor 39 Tahun 2021. Apabila di kemudian hari dokumen ilmiah Tugas Akhir ini mengandung unsur pelanggaran integritas akademik sesuai ketentuan perundangan tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum yang berlaku.

Demikian pernyataan ini untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pontianak, 04 Maret 2025



Cherllin Evania
H1031201066

SINTESIS SILIKA (SiO_2) DARI BAHAN DASAR ABU *BOILER* BERBASIS BIOMASSA SAWIT

Abstrak

Pabrik kelapa sawit menggunakan limbah biomassa sawit sebagai bahan bakar *boiler*. Pembakaran limbah biomassa di *boiler* ini menghasilkan abu yang pemanfaatannya belum maksimal. Berdasarkan hasil EDX, abu *boiler* mengandung komposisi utama senyawa karbon yaitu sebesar 79,98%. Selain karbon, abu *boiler* juga mengandung komposisi silika yang cukup tinggi yaitu sebesar 12,37%. Pemanfataan abu *boiler* berbasis biomassa sawit sebagai sumber silika relatif belum banyak dieksplorasi dibandingkan abu terbang dari biomassa batu bara. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan rendemen dan karakteristik silika hasil sintesis dari abu *boiler* berdasarkan variabel penelitian suhu kalsinasi dan ukuran partikel. Preparasi abu *boiler* dilakukan dengan variasi suhu dekomposisi (500°C, 700°C, dan 900°C) serta variasi ukuran partikel sampel awal (80 *mesh* dan 200 *mesh*). Sintesis silika dilakukan dengan metode refluks. Filtrat hasil refluks dari setiap variasi ditambahkan dengan HCl 1,6 M dan dilakukan *aging* selama 18 jam. Gel silika dari setiap variasi yang diperoleh kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 110°C selama 12 jam sehingga terbentuk xerogel silika berwarna putih. Silika hasil sintesis dari setiap variasi dikarakterisasi dengan XRF, XRD, dan SEM. Hasil penelitian menunjukkan rendemen silika tertinggi diperoleh pada variasi suhu kalsinasi 900°C dan ukuran partikel 80 *mesh* yaitu sebesar 15,32%. Suhu kalsinasi abu *boiler* pada suhu 500°C - 900°C relatif tidak berpengaruh terhadap kemurnian dari silika hasil sintesis yaitu dengan nilai kemurnian pada variasi suhu kalsinasi 500°C dan ukuran partikel 80 *mesh*; 500°C dan 200 *mesh*; 700°C dan 80 *mesh*; 700°C dan 200 *mesh*; 900°C dan 80 *mesh*; serta 900°C dan 200 *mesh* secara berturut-turut sebesar 86,977%; 93,731%; 91,059%, 92,314%; 92,028% dan 93,248%. Hasil XRD menunjukkan bahwa silika hasil sintesis pada setiap variasi mempunyai struktur amorf dan memiliki rentang derajat kristalinitas sebesar 30,82%-44,36%. Hasil SEM menunjukkan bahwa morfologi permukaan dari silika hasil sintesis pada setiap variasi memiliki struktur berpori (*porous*) yang membentuk aglomerasi dengan rata-rata ukuran pori pada rentang makropori (>50 nm).

Kata Kunci: Abu *boiler*, Silika, Sintesis, Suhu Kalsinasi

SYNTHESIS OF SILICA (SiO_2) FROM PALM BIOMASS BASED BOILER ASH

Abstract

The palm oil mill utilizes palm biomass waste as boiler fuel. The combustion of biomass waste in the boiler produces ash, the utilization of which has not been maximized. Based on EDX results, the boiler ash primarily contains carbon compounds, with a composition of 79,98%. In addition to carbon, the boiler ash also contains a relatively high silica composition of 12,37%. The utilization of biomass-based boiler ash as a silica source has been relatively underexplored compared to fly ash from coal-based biomass. This study aims to determine the yield and characteristics of synthesized silica from boiler ash based on the research variables of calcination temperature and particle size. The preparation of boiler ash was carried out with variations in calcination temperatures of 500°C, 700°C, and 900°C and particle sizes of 80 mesh and 200 mesh. Silica synthesis was conducted using the reflux method. The reflux filtrate from each variation was treated with 1.6 M HCl and subjected to aging for 18 hours. The silica gel obtained from each variation was then dried in an oven at 110°C for 12 hours, forming white silica xerogel. The synthesized silica from each variation was characterized using XRF, XRD, and SEM. The results showed that the highest silica yield was achieved with a calcination temperature of 900°C and a particle size of 80 mesh, amounting to 15,32%. The calcination temperature of the boiler ash at 500°C–900°C did not significantly affect the purity of the synthesized silica, with purity levels for the variations of 500°C and 80 mesh; 500°C and 200 mesh; 700°C and 80 mesh; 700°C and 200 mesh; 900°C and 80 mesh; and 900°C and 200 mesh being 86,977%, 93,731%, 91,059%, 92,314%, 92,028%, and 93,248%, respectively. XRD results indicated that the synthesized silica from each variation was amorphous silica with a crystallinity degree range of 30,82%–44,36%. SEM results showed that the surface morphology of the synthesized silica in each variation exhibited a porous structure forming agglomerations, with an average pore size in the macropore range (>50 nm).

Keyword: Boiler ash, Calcination Temperature, Silica, Synthesis

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul "Sintesis Silika (SiO_2) dari Bahan Dasar Abu *Boiler* Berbasis Biomassa Sawit" dengan baik. Skripsi ini ditulis dan diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura. Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik atas dedikasi, dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura.
2. Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura.
3. Koordinator Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura.
4. Dosen pembimbing pertama, Ibu Dr. Anis Shofiyani, S.Si., M.Si yang telah memberikan banyak bantuan, bimbingan, saran dan motivasi, baik selama proses penelitian hingga penulisan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan lancar.
5. Dosen pembimbing kedua sekaligus pembimbing akademik, Ibu Hj. Puji Ardiningsih, S.Si., M.Si yang telah memberikan banyak arahan akademik, bimbingan, dan motivasi selama proses perkuliahan hingga penulisan skripsi.
6. Dosen penguji pertama serta kedua, Bapak Adhitiyawarman, S.Si., M.Si., Ph.D dan Ibu Prof. Hj. Risa Nofiani, S.Si., M.Si., Ph.D yang telah memberikan masukan dan saran sehingga penulisan skripsi ini menjadi lebih baik.

7. Seluruh dosen dan staff pengajar Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura.
8. Laboran Kimia, Bang Yoga Pratama, S.Si dan Kak Titiek Lestari, S.Si yang telah banyak membantu dalam proses penelitian di Laboratorium.
9. Kedua orang tua tercinta, Bapak Mandoi dan Ibu Jusniati serta saudara-saudara penulis, Tobby Arianto, S.Kom, Veronika Vivien Evania, S.Ked dan Erviana Evania yang senantiasa memberikan doa dan dukungan baik secara moril dan materiil sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan lancar.
10. Teman-teman Kimia 2020 (AURUMOND) yang telah membersamai perjalanan suka maupun duka selama perkuliahan hingga tahap tugas akhir.
11. Teman seperjuangan di perkuliahan, Elisabet Herlina, Elligia Tiofila, Rini Hidayani dan Rinka Carolina Putri yang selalu menemani dan memberikan dukungan, movitasi, semangat serta canda tawa dalam suka maupun duka.
12. Sahabat terdekat, Alfian Nur Huda, Ananda Rahmadanti, Jessy Selvialesti, Krisesa Nagari Aritonang dan Pangestu Haris Alwi Naja yang selalu memberikan semangat dan dukungan.

Melalui skripsi ini, penulis berharap dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca yang mempelajarinya, khususnya mahasiswa/i Jurusan Kimia FMIPA Untan.

Pontianak, Januari 2025

Penulis

Cherllin Evania

DAFTAR ISI

Halaman

ABSTRAK..... iv
ABSTRACT..... v
PRAKATA..... vi
DAFTAR ISI..... viii
DAFTAR TABEL..... x
DAFTAR GAMBAR..... xi
DAFTAR LAMPIRAN..... xiii
BAB I PENDAHULUAN..... 14
1.1 Latar Belakang..... 14
1.2 Rumusan Masalah..... 16
1.3 Tujuan Penelitian..... 17
1.4 Manfaat Penelitian..... 17
BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... 18
2.1 Abu *Boiler*..... 18
2.2 Silika..... 19
2.3 Metode Sintesis Silika..... 22
2.4 Metode Karakterisasi Material..... 23
2.4.1 *X-Ray Fluorescence* (XRF)..... 23
2.4.2 *X-Ray Diffraction* (XRD)..... 25
2.4.3 *Scanning Electron Microscope – Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX)..... 27
BAB III METODOLOGI..... 29
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian..... 29
3.2 Alat dan Bahan..... 29
3.3 Prosedur Kerja..... 30

3.3.1 Preparasi Sampel..... 30
3.3.2 Sintesis Silika..... 30
3.3.3 Analisis Rendemen Silika..... 31
3.3.4 Karakterisasi Silika Hasil Sintesis..... 31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... 32
4.1 Proses Sintesis Silika dari Abu *Boiler*..... 32
4.1.1 Penghilangan Senyawa Karbon pada Bahan Dasar Abu *Boiler*..... 36
4.1.2 Sintesis Silika dari Produk Hasil Kalsinasi Abu *Boiler*..... 36
4.2 Rendemen Silika pada Variasi Suhu Kalsinasi dan Ukuran Partikel Abu *Boiler*..... 39
4.3 Karakterisasi Silika Hasil Sintesis dari Abu *Boiler*..... 40
4.3.1 Kemurnian Silika Hasil Sintesis dari Abu *Boiler*..... 40
4.3.2 Karakterisasi Morfologi Permukaan Silika Hasil Sintesis dari Abu *Boiler*..... 45
BAB V PENUTUP..... 51
5.1 Simpulan..... 51
5.2 Saran..... 51
DAFTAR PUSTAKA..... 52
LAMPIRAN..... 59

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 2.1	Komposisi kimia abu *boiler* pabrik sawit di Bogor (Adha and Warsiki, 2023).....	19
Tabel 2.2	Karakteristik Silika (El-Kareh, 1995; Saito dan Surdia, 1999)....	21
Tabel 2.3	Analisis kandungan kimia abu *boiler* PTPN VII Cikasungka menggunakan XRF (Adha and Warsiki., 2023).....	25
Tabel 4.1	Komposisi unsur dan senyawa oksida pada abu *boiler* berdasarkan hasil EDX.....	33
Tabel 4.2	Hasil % berat produk hasil kalsinasi dari abu *boiler*.....	35
Tabel 4.3	Rendemen silika hasil sintesis dari abu *boiler*.....	40
Tabel 4.4	Hasil komposisi oksida pada serbuk silika hasil sintesis dari abu *boiler*.....	41
Tabel 4.5	Data XRD silika hasil sintesis dengan variasi suhu kalsinasi dan ukuran partikel.....	45
Tabel 4.6	Data hasil rerata ukuran pori dari silika hasil sintesis menggunakan ImageJ.....	50

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 2.1 Abu *boiler* pabrik kelapa sawit (Jusli *et al*., 2022)..... 18

Gambar 2.2 Struktur dari ikatan SiO_4 pada pembentukan SiO_2 (Luthfiah *et al*., 2021)..... 20

Gambar 2.3 Alat XRF (Meirawaty *et al*., 2022)..... 24

Gambar 2.4 Alat XRD (Meirawaty *et al*., 2022)..... 26

Gambar 2.5 Pola XRD dari abu *boiler* (Kow *et al*., 2015)..... 27

Gambar 2.6 Hasil analisis SEM-EDX silika perbesaran 30.000x (Utama *et al*., 2018)..... 28

Gambar 4.1 Padatan abu *boiler* dari PT. Pundi Lahan Khatulistiwa..... 32

Gambar 4.2 Warna padatan abu *boiler* (a) sebelum kalsinasi dan (b) sesudah kalsinasi..... 34

Gambar 4.3 Silika hasil sintesis pada setiap variasi suhu kalsinasi dan ukuran partikel: (a) 500°C; 80 *mesh* (b) 500°C; 200 *mesh* (c) 700°C; 80 *mesh* (d) 700°C; 200 *mesh* (e) 900°C; 80 *mesh* dan (f) 900°C; 200 *mesh*..... 39

Gambar 4.4 Difraktogram XRD silika yang disintesis pada variasi suhu kalsinasi dan ukuran partikel: (a) 500°C; 80 *mesh* (b) 500°C; 200 *mesh* (c) 700°C; 80 *mesh* (d) 700°C; 200 *mesh* (e) 900°C; 80 *mesh* dan (f) 900°C; 200 *mesh*..... 43

Gambar 4.5 Hasil analisis SEM abu *boiler* dengan perbesaran (a) 5.000x, (b) 10.000x, (c) 20.000x dan (d) 30.000x..... 46

Gambar 4.6 Hasil analisis SEM abu *boiler* dengan perbesaran (A) 2.000x dan (B) 5.000x (Yahya *et al*., 2013)..... 47

Gambar 4.7 Morfologi silika hasil sintesis dengan perbesaran 5.000x pada variasi (a) 500°C; 80 *mesh* (b) 500°C; 200 *mesh* (c) 700°C; 80

mesh (d) 700°C; 200 *mesh* (e) 900°C; 80 *mesh* dan (f) 900°C; 200 *mesh*..... 48
Gambar 4.8 Morfologi silika hasil ekstrasi dari abu sekam padi (Amalia *et al*., 2020)..... 49

DAFTAR LAMPIRAN

Halaman

Lampiran 1. Dokumentasi..... 59
Lampiran 2. Perhitungan..... 66
Lampiran 3. Hasil Karakterisasi Sampel..... 70

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kelapa sawit terbesar di dunia dengan luas areal kebun per tahun 2022 mencapai 15.380.981 hektar. Pabrik kelapa sawit memproduksi *Crude Palm Oil* (CPO) dan *Palm Kernel Oil* (PKO) sebagai produk utama. Produksi CPO di Indonesia mencapai 48.235.405 ton dan PKO mencapai 9.647.081 ton per tahun 2022. Tandan buah segar menghasilkan 3% berat *palm kernel cake*, 11% berat serat sawit, 6% berat cangkang, dan 21% tandan kosong sawit (TKS) untuk tiap satuan massa. Pada pabrik kelapa sawit, sekitar 85% serat sawit, 15% cangkang sawit, dan tandan kosong sawit digunakan sebagai bahan bakar *boiler* untuk menghasilkan uap (*steam*). Diperkirakan sekitar 5% dari bahan bakar *boiler* tersebut tidak terbakar sempurna dan menghasilkan abu yang pemanfaatannya belum maksimal (Oktavianty, 2022).

Abu *boiler* merupakan hasil pembakaran biomassa sawit dalam mesin *boiler* dengan suhu yang mencapai 800°C-900°C (Lada and Pombos, 2019). Abu yang dihasilkan dari proses pembakaran *boiler* terbagi menjadi dua jenis yaitu abu dasar (*bottom ash*) dan abu terbang (*fly ash*). Abu dasar merupakan abu yang dihasilkan dari sisa pembakaran biomassa yang terbentuk di bawah tungku proses pembakaran. Sedangkan abu terbang merupakan padatan yang dihasilkan dari sisa pembakaran yang terbawa bersama gas buang dan ditangkap oleh pengendali udara (*electric precipitator*) sebelum dibuang ke udara melalui cerobong (Oktavianty, 2022). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Bukit *et al*. (2022), abu *boiler* dari biomassa sawit mengandung beberapa senyawa kimia anorganik seperti K_2O (45,6%), SiO_2 (27,3%), CaO (16,1%) dan Fe_2O_3 (5,25%). Pemanfaatan limbah abu *boiler* menjadi suatu produk yang bernilai ekonomis merupakan langkah alternatif untuk mengatasi sifat polutan yang dihasilkan. Selain itu, pemanfaatan limbah abu *boiler* juga

mengurangi jumlah dan dampak buruknya terhadap lingkungan (Adha and Warsiki, 2023). Salah satu pemanfataan limbah abu *boiler* yang bernilai jual tinggi dan mengurangi dampak buruknya terhadap lingkungan adalah sebagai sumber silika.

Silika merupakan senyawa kimia dengan rumus molekul SiO_2 (silikon dioksida) yang dapat diperoleh dari bahan mineral, bahan nabati, maupun produk sintesis (Ukhtiyani *et al*., 2017). Silika digunakan sebagai prekursor untuk berbagai bahan seperti katalis, lapisan tipis atau pelapis untuk bahan elektronik dan optik (Yang *et al*., 2018; McDaniel and Kelly., 2018). Silika juga dapat diaplikasikan untuk memperkuat komposit suatu polimer sebagai agen anti korosi (Yeganeh *et al*., 2019). Keberadaan silika di alam bercampur dengan oksida dan mineral lainnya sehingga diperlukan pemisahan untuk mendapatkan silika murni. Silika dapat diperoleh melalui sintesis atau ekstraksi dari bahan alam baik bahan hayati maupun non hayati. Berdasarkan jenis sumber daya alamnya, silika dapat diperoleh dari bahan hayati seperti abu sekam padi (Dhaneswara *et al*., 2020), ampas kelapa (Anuar *et al*., 2018), dan abu ampas tebu (Megawati *et al*., 2018; Farirai *et al*., 2020). Sedangkan dari bahan non hayati silika dapat diperoleh dari limbah abu *boiler* dari pabrik kelapa sawit (Adha and Warsiki, 2023) dan limbah abu terbang dari pabrik kelapa sawit (Aman *et al*., 2017).

Silika dapat disintesis dari bahan dasar abu *boiler* dengan metode presipitasi. Metode presipitasi merupakan metode pemisahan yang dilakukan dengan suatu zat yang dilarutkan dalam suatu pelarut dan membentuk endapan. Metode ini digunakan untuk mengambil zat tertentu dalam suatu larutan (Yusuf *et al*., 2021). Metode presipitasi dilakukan dengan prinsip menambahkan suatu larutan asam yang dapat bereaksi dengan larutan sodium silikat untuk mengendapkan silika (Wurahah *et al*., 2018). Sintesis silika dipengaruhi oleh beberapa faktor pada kondisi sintesisnya, seperti suhu sintesis, waktu presipitasi, pH, penambahan surfaktan, dan pengeringan (Joni *et al*., 2019). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Hariani *et al*. (2021), sintesis silika dari ampas tebu pada variasi suhu kalsinasi 700°C, 800°C, dan 900°C menghasilkan silika amorf dengan kemurnian tertinggi diperoleh pada suhu kalsinasi

700°C. Penelitian lain yang dilakukan oleh Setyoningrum *et al*. (2021) menyatakan silika hasil sintesis dengan variasi ukuran partikel 80 *mesh*, 100 *mesh*, 150 *mesh*, dan 200 *mesh* menghasilkan rendemen tertinggi pada ukuran partikel 150 *mesh* dan 200 *mesh*.

Pada PT. Pundi Lahan Khatulistiwa, penggunaan abu *boiler* hanya dimanfaatkan sebagai pupuk sehingga pemanfaatannya belum maksimal. Penggunaan silika dengan kemurnian tinggi dalam aplikasi industri relatif mahal karena memerlukan titik leleh yang tinggi yaitu 1700°C (Omar *et al*., 2016). Dengan demikian, proses sintesis silika dengan memanfaatkan abu *boiler* merupakan salah satu cara untuk menekan biaya produksi. Kandungan silika yang cukup tinggi menjadikan abu *boiler* dari biomaasa kelapa sawit berpotensi sebagai sumber untuk mendapatkan silika dengan rendemen dan kemurnian tinggi.

Penelitian ini dilakukan dengan metode refluks menggunakan variabel penelitian variasi suhu kalsinasi dan ukuran partikel sampel awal. Karakterisasi silika hasil sintesis dilakukan dengan instrumen *X-Ray Fluorescence* (XRF) untuk menentukan komposisi dan kemurnian silika hasil sintesis. Karakterisasi fasa kristal dan kristalinitas dari silika hasil sintesis dianalisis menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD). Karakterisasi untuk mengidentifikasi morfologi permukaan dari silika hasil sintesis menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana pengaruh suhu kalsinasi dan ukuran partikel terhadap rendemen dan kemurnian silika hasil sintesis dari abu *boiler* berbasis biomassa sawit?
2. Bagaimana karakteristik silika hasil sintesis berdasarkan analisa *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dari abu *boiler* berbasis biomassa sawit?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini, yaitu:

1. Menentukan pengaruh suhu kalsinasi dan ukuran partikel terhadap rendemen dan kemurnian silika hasil sintesis dari abu *boiler* berbasis biomassa sawit.
2. Menentukan karakteristik silika hasil sintesis berdasarkan analisa *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dari abu *boiler* berbasis biomassa sawit.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi terkait pemanfaatan limbah abu *boiler* dari biomassa limbah kelapa sawit sebagai sumber material untuk memperoleh silika (SiO_2) dengan rendemen dan kemurnian tinggi.