

SKRIPSI

**OPTIMASI EKSTRAKSI SILIKA DAN SINTESIS SILIKON DARI *FLY*
ASH BATUBARA DENGAN METODE SONIKASI SEBAGAI
MATERIAL ANODA BATERAI LITHIUM-ION**



**Diajukan Sebagai Persyaratan Mata Kuliah
Skripsi Program Sarjana Terapan (DIV)
Pada Jurusan Teknik Kimia Program Studi DIV Teknologi Kimia Industri**

Oleh :

**Ridho Rizki Ananda
062240422492**

**POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG
2026**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**OPTIMASI EKSTRAKSI SILIKA DAN SINTESIS SILIKON DARI *FLY*
ASH BATUBARA DENGAN METODE SONIKASI SEBAGAI
MATERIAL ANODA BATERAI LITHIUM-ION**

OLEH :

**Ridho Rizki Ananda
062240422492**

Palembang, Juli 2026

Menyetujui,

**Menyetujui,
Pembimbing I**

**Prof. Dr. Ir. Rusdianasari, M.Si.
NUPTK 9451745646231073**

Pembimbing II

**Akbar Ismi Aziz Pramito, M.T.
NUPTK 4837771672130452**

Mengetahui,

**Ketua Jurusan
Teknik Kimia**



**Tahdid, S.T., M.T.
NIP 197201131997021001**

**Koordinator Program Studi
D-IV Teknologi Kimia Industri**

**Dr. Yuniar, S.T., M.Si.
NIP 197306211999032001**



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
JURUSAN TEKNIK KIMIA

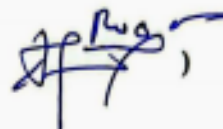
Jalan Sriwijaya Negara Bukit Besar – Palembang, 30139 Telepon (0711) 353414
Laman : <http://polsri.ac.id>, Pos El : kimia@polsri.ac.id

Telah diseminarkan dihadapan Tim Penguji
di Program Diploma IV – Teknologi Kimia Industri Jurusan Teknik Kimia
Politeknik Negeri Sriwijaya
Pada tanggal 29 Juni 2026

Tim Penguji:

Tanda Tangan

1. Ir. Robert Junaidi, M.T.
NUPTK. 7044744645131083
2. Dilia Puspa, S.ST., M.Tr.T.
NUPTK. 5548772673230242
3. Ir. Iriani Reka Septiana, S.S.T., M.T.
NUPTK. 5254769670230293
4. Wahyu Triaji Rahadiano, S.Tr.T., M.T.
NUPTK. 9139775676130173

()
()
()
()

Palembang, Juli 2026

Mengetahui,
Koordinator Program Studi
D-IV Teknologi Kimia Industri



Dr. Yuniar, S.T., M.Si.
NIP. 197306211999032001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
JURUSAN TEKNIK KIMIA

Jalan Srijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139
Telp. 0711-353414 Fax. 0711-355918 E-mail : kimia@polnri.ac.id

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Ridho Rizki Ananda
NPM : 062240422492
Jurusan/Program Studi : Teknik Kimia / D-IV Teknologi Kimia Industri

Menyatakan bahwa dalam penelitian laporan akhir dengan judul **"Optimasi Ekstraksi Silika dan Sintesis Silikon dari Fly Ash Batubara dengan Metode Sonikasi sebagai Material Anoda Baterai Lithium-Ion"** tidak mengandung unsur **"PLAGIAT"** sesuai dengan PERMENDIKNAS No. 17 Tahun 2010.

Bila pada kemudian hari terdapat unsur-unsur plagiat dalam penelitian ini, saya bersedia diberikan sanksi peraturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan tidak ada paksaan dari pihak manapun.

Palembang, Juni 2026

Pembimbing I,

Prof. Dr. Ir. Rusdianasari, M.Si.
NUPTK. 9451745646231073

Pengulis

Ridho Rizki Ananda
NPM 062240422492

Pembimbing II,

Akbar Ismi Aziz Pramito, M.T.
NUPTK. 4837771672130452

MOTTO

“Bukan kita yang hebat, tapi Allah yang memudahkan, bukan kita yang mampu, tapi Allah mampukan”

-RinaMutia

“Laporan selesai lebih berarti daripada laporan sempurna yang tak pernah jadi”

-RadityaDika

ABSTRAK

Optimasi Ekstraksi Silika dan Sintesis Silikon dari *Fly Ash* Batubara dengan Metode Sonikasi Sebagai Material Anoda Baterai Lithium-Ion

(Ridho Rizki Ananda, 63 halaman, 15 tabel, 29 gambar)

Penggunaan batubara sebagai sumber energi yang menghasilkan limbah padat dari proses pembakaran. *Fly ash* sebagai salah satu bentuk limbah padat hasil proses pembakaran batubara mengandung silika (SiO_2) yang berpotensi untuk diekstraksi dan direduksi menjadi silikon (Si) sebagai bahan aditif anoda baterai lithium-ion. Silika dari limbah *fly ash* batubara diekstraksi menggunakan metode *Sequential Acid-Alkaline Leaching* (SAAL) dengan variasi konsentrasi HCl 1; 1,5; 2; 2,5; dan 3 M. Silika hasil ekstraksi kemudian direduksi menjadi silikon menggunakan metode magnesiotermal dan dilanjutkan dengan metode sonikasi menggunakan *ultrasonic bath* selama 90, 120, dan 150 menit. Hasil penelitian berupa silika dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Fluorescence* (XRF) menunjukkan kemurnian silika tertinggi diperoleh pada penggunaan HCl 1 M sebesar 97,86% serta hasil berupa nanosilikon yang dikarakterisasi dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) didapati ukuran partikel nanosilikon paling optimum pada penggunaan waktu sonikasi 150 menit yaitu sebesar 6,26 nm. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *fly ash* batubara berpotensi dimanfaatkan dalam pengembangan teknologi industri berkelanjutan dan ekonomi sirkular di Indonesia.

Kata Kunci : *Fly ash* Batubara, Ekstraksi, Silika, Silikon, Nanosilikon, Sonikasi.

ABSTRACT

Optimization of Silica and Synthetic Silicon Extraction from Coal Fly Ash Using Sonication as Lithium-Ion Battery Anode Material

(Ridho Rizki Ananda, 63 pages, 15 tables, 29 figures)

The use of coal as an energy source produces solid waste from the combustion process. Fly ash as a form of solid waste resulting from the coal combustion process contains silica (SiO_2) which has the potential to be extracted and reduced to silicon (Si) as an additive for lithium-ion battery anodes. Silica from coal fly ash waste was extracted using the Sequential Acid-Alkaline Leaching (SAAL) method with variations in HCl concentrations of 1; 1.5; 2; 2.5; and 3 M. The extracted silica was then reduced to silicon using the magnesiothermal method and continued with the sonication method using an ultrasonic bath for 90, 120, and 150 minutes. The results of the study in the form of silica characterized using X-Ray Fluorescence (XRF) showed the highest purity of silica obtained by using 1 M HCl of 97.86% and the results in the form of nanosilicon characterized by Scanning Electron Microscopy (SEM) found the most optimum nanosilicon particle size at the use of 150 minutes of sonication time, namely 6.26 nm. The results of this study indicate that coal fly ash has the potential to be utilized in the development of sustainable industrial technology and a circular economy in Indonesia.

Keywords: Coal fly ash, Extraction, Silica, Silicon, Nanosilicon, Sonication.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan baik. Skripsi yang berjudul “Optimasi Ekstraksi Silika dan Sintetis Silikon dari *Fly Ash* Batubara dengan Metode Sonikasi Sebagai Material Anoda Baterai Lithium-Ion” disusun untuk memenuhi persyaratan mata kuliah Skripsi Jurusan Teknik Kimia Program Studi D-IV Teknologi Kimia Industri Politeknik Negeri Sriwijaya. Penulis menyadari bahwa dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan Laporan ini tidak terlepas dari bantuan, arahan dan bimbingan berbagai pihak. Maka pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada pihak – pihak yang telah membantu pelaksanaan Penelitian ini, antara lain:

1. Ir. Irawan Rusnadi, M.T., selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
2. Dr. Yusri, S.Pd., M.Pd., selaku Wakil Direktur Bidang Akademik Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Tahdid, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Isnandar Yunanto, S.ST., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia.
5. Dr. Yuniar, S.T., M.Si. selaku Koordinator Program Studi D-IV Teknologi Kimia Industri.
6. Prof. Dr. Ir. Rusdianasari, M.Si. selaku Dosen Pembimbing I Skripsi Program Studi D-IV Teknologi Kimia Industri Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
7. Akbar Ismi Aziz Pramito, M.T. selaku Dosen Pembimbing II Skripsi Program Studi D-IV Teknologi Kimia Industri Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
8. Keluarga terhebat, terkhususnya mama dan papa yang senantiasa memberikan doa, semangat serta dukungan moral dan material yang tiada henti kepada penulis dalam menyelesaikan proses penelitian dan pelaporan.
9. Nursilvia Syahnaz, selaku partner penulis yang senantiasa mendampingi, memberikan dukungan, motivasi, bantuan serta semangat selama proses penelitian dan penyusunan skripsi, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

10. Teman – teman GTT (Goes To Trip) Cindi, Depus, Epan, Ghazzi, Nadhir, Rasyid dan Sonia, yang telah menjadi bagian dari perjalanan penulis selama menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih atas setiap dukungan, doa, motivasi, kebersamaan serta tawa yang mengiringi setiap proses penulis. Semoga persahabatan yang telah terjalin tidak hanya menjadi bagian dari perjalanan akademik ini, tetapi juga terus terjaga dalam setiap langkah kehidupan yang akan datang.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa senantiasa melimpahkan rahmat-Nya kepada Bapak/ibu serta rekan-rekan semua. Penulis menyadari bahwa laporan penelitian ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membutuhkannya.

Palembang, Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
MOTTO	1
ABSTRAK	2
ABSTRACT	3
KATA PENGANTAR.....	4
DAFTAR ISI.....	6
DAFTAR TABEL.....	8
DAFTAR GAMBAR.....	9
DAFTAR LAMPIRAN	10
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Luaran Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Sejarah Penelitian.....	4
2.2 Landasan Teori.....	6
2.2.1 Fly ash batubara	6
2.2.2 Ekstraksi Silika dan Pemurnian Silikon	7
2.2.3 Sintesis Silikon Nanopartikel	9
2.2.4 Metode Sonikasi Sintesis Silikon Nanopartikel.....	11
2.2.5 Baterai Lithium-Ion.....	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	14
3.1 Waktu dan Tempat.....	14
3.2 Bahan dan Alat	14
3.2.1 Bahan baku yang digunakan	14
3.2.2 Alat yang digunakan	14
3.3 Objek dan Variabel Penelitian	15
3.3.1 Objek Penelitian	15
3.3.2 Variabel Penelitian	15
3.4 Prosedur Penelitian	16
3.4.1 Preparasi Bahan <i>Fly Ash</i> Batubara	16
3.4.2 Ekstraksi Silika.....	16
3.4.3 Isolasi dan Pemurnian Silikon.....	17
3.4.4 Sonikasi	18
3.4.5 Analisis Sampel.....	18
3.5 Diagram Alir Penelitian	18
3.5.1 Diagram Alir Preparasi Bahan <i>Fly Ash</i> Batubara	18
3.5.2 Diagram Alir Ekstraksi Silika	19
3.5.3 Diagram Alir Isolasi dan Pemurnian Silikon	20
3.5.4 Diagram Alir Sonikasi.....	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	22
4.1 Data Hasil Penelitian	22
4.1.1 Analisis XRF dan SEM.....	22

4.1.2 Analisis Hasil Proses Ekstraksi Silika.....	22
4.2 Pembahasan	23
4.2.1 Proses Ekstraksi Silika	23
4.2.2 Pengaruh Variasi Konsentrasi HCl terhadap Kemurnian Silika .	25
4.2.3 Pengaruh Waktu Sonikasi terhadap Ukuran Partikel Silikon	30
4.2.4 Analisis Ukuran Partikel Silikon Berdasarkan Hasil SEM	32
4.2.5 Penentuan Kondisi Optimum Sintesis Nanosilikon	34
BAB V KESIMPULAN.....	37
5.1 Kesimpulan.....	37
5.2 Saran.....	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN.....	41

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 <i>State of the Art</i>	5
2.2 Komposisi kimia <i>fly ash</i> batubara.....	7
2.3 Parameter dasar silikon	9
3.1 Bahan Baku yang Digunakan untuk Penelitian.....	14
3.2 Alat yang Digunakan untuk Penelitian	14
4.1 Hasil Analisis XRF Silika (SiO ₂).....	22
4.2 Hasil Analisis SEM Silikon (Si)	22
4.3 Analisis Sampel setelah proses Ekstraksi Silika	22
A.1 Hasil Analisis XRF Silika (SiO ₂).....	40
A.2 Hasil Analisis SEM Silikon (Si).....	40
A.3 Analisis Sampel setelah proses Ekstraksi Silika	40
B.1 Hasil Perhitungan Kadar Air	52
B.2 Data Hasil Analisa Diameter menggunakan <i>Software</i> Fiji.....	52
B.3 Data Hasil Perhitungan Diameter Ukuran Partikel	56
B.4 Hasil Ukuran Partikel Nanosilikon.....	59

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 <i>Fly ash</i> dan <i>bottom ash</i> batubara.....	6
2.2 Hasil XRD Silikon Nanopartikel	11
2.3 Alat Sonikasi <i>Ultrasonic Bath</i>	12
2.4 Struktur baterai lithium-ion.....	13
3.1 Diagram Alir Preparasi Bahan <i>Fly Ash</i> Batubara	18
3.2 Diagram Alir Ekstraksi Silika	19
3.3 Diagram Alir Isolasi dan Pemurnian Silikon	20
3.4 Diagram Alir Sonikasi.....	21
4.1 Difraktogram XRF variasi HCl 1 M	21
4.2 Difraktogram XRF variasi HCl 1,5 M	21
4.3 Difraktogram XRF variasi HCl 2 M	21
4.4 Difraktogram XRF variasi HCl 2,5 M	21
4.5 Difraktogram XRF variasi HCl 3 M	21
4.6 Grafik Pengaruh Konsentrasi HCl terhadap Kemurnian Silika	29
4.7 Grafik Pengaruh Waktu Sonikasi terhadap Ukuran Partikel.....	30
4.8 Histogram distribusi partikel waktu sonikasi 90, 120 dan 150 menit.....	33
A.1 Difraktogram XRF variasi HCl 1 M	41
A.2 Difraktogram XRF variasi HCl 1,5 M	41
A.3 Difraktogram XRF variasi HCl 2 M	42
A.4 Difraktogram XRF variasi HCl 2,5 M	42
A.5 Difraktogram XRF variasi HCl 3 M	43
A.6 Mikrograf dan Histogram distribusi partikel sonikasi 90 menit	44
A.7 Mikrograf dan Histogram distribusi partikel sonikasi 120 menit	45
A.8 Mikrograf dan Histogram distribusi partikel sonikasi 150 menit	46
B.1 Mikrograf SEM	52
B.2 Hasil Ukuran Partikel Nanosilikon Variasi Sonikasi 90 Menit.....	59
C.1 Ekstraksi Silika.....	60
C.2 Isolasi Silikon.....	61
C.3 Sonikasi	62

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN	Halaman
A DATA PENGAMATAN	41
B PERHITUNGAN	48
C DOKUMENTASI PENELITIAN	61
D BERKAS-BERKAS SURAT	64