

# **TUGAS AKHIR**

## **ANALISIS HASIL EKSTRAKSI NANOSILIKA BERBAHAN DASAR *FLY ASH* MENGGUNAKAN METODE PEMANASAN DENGAN VARIASI TEMPERATUR PERENDAMAN**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana  
Teknik Pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas  
Sriwijaya**



**NAURAH 'AFIFAH**

**03011382126127**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA  
2024**

## PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Naurah 'Afifah

NIM : 03011382126127

Judul : Analisis Hasil Ekstraksi Nanosilika Berbahan Dasar *Fly Ash*  
Menggunakan Metode Pemanasan dengan Variasi Temperatur Perendaman

Menyatakan bahwa Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, Desember 2024



**Naurah 'Afifah**  
**NIM. 03011382126127**

## HALAMAN PENGESAHAN

# ANALISIS HASIL EKSTRAKSI NANOSILIKA BERBAHAN DASAR FLY ASH MENGGUNAKAN METODE PEMANASAN DENGAN VARIASI TEMPERATUR PERENDAMAN TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelas Sarjana Teknik

Oleh:

**NAURAH 'AFIFAH**

**03011382126127**

**Palembang, Desember 2024**

**Diperiksa dan disetujui oleh,**

**Dosen Pembimbing**



**Dr. Ir. Arie Putra Usman, S.T., M.T.**

**NIP. 198605192019031007**

**Mengetahui/Menyetujui**

**Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan**



**Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.**

**NIP. 197610312002122001**


## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir ini dengan judul “Analisis Hasil Ekstraksi Nanosilika Berbahan Dasar *Fly Ash* Menggunakan Metode Pemanasan dengan Variasi Temperatur Perendaman” yang disusun oleh Naurah ‘Afifah, NIM 03011382126127 telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 21 Desember 2024.

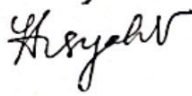
Palembang, 21 Desember 2024

Tim Penguji Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir

Ketua:

1. Dr. Ir. Arie Putra Usman, S.T., M.T. (  )  
NIP. 198605192019031007

Anggota:

2. Dr. Ir. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T., IPU. (  )  
NIP. 197705172008012039

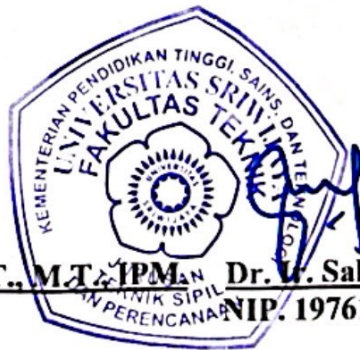
Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



~~Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM.~~ NIP. 197502112003121002

Ketua Jurusan Teknik



Dr. V. Saloma, S.T., M.T.  
NIP. 197610312002122001



## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Naurah 'Afifah

NIM : 03011382126127

Judul : Analisis Hasil Ekstraksi Nanosilika Berbahan Dasar *Fly Ash*  
Menggunakan Metode Pemanasan dengan Variasi Temperatur Perendaman

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu satu tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju menempatkan pembimbing sebagai penulis korespondensi (*corresponding author*).

Demikian, pernyataan saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Desember 2024



Naurah 'Afifah

NIM. 030113821126127

## RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Naurah 'Afifah  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Status : Belum menikah  
Agama : Islam  
Warga negara : Indonesia  
Nomor HP : 082281227094  
E-mail : naurahaffh@gmail.com

### Riwayat Pendidikan:

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Pendidikan	Masa
SDN 158 PALEMBANG	-	-	SD	2009 - 2015
SMPN 1 PALEMBANG	-	-	SMP	2015 - 2018
SMAN 17 PALEMBANG	-	IPA	SMA	2018 - 2021
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil	S1	2021- 2025

Demikian Riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan Hormat,



Naurah 'Afifah

NIM. 03011382126127

## RINGKASAN

### ANALISIS HASIL EKSTRAKSI NANOSILIKA BERBAHAN DASAR *FLYASH* MENGGUNAKAN METODE PEMANASAN DENGAN VARIASI TEMPERATUR PERENDAMAN

Karya Tulis Ilmiah Berupa Tugas Akhir,

Naurah 'Afifah; Dimbing oleh Dr. Ir. Arie Putra Usman, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xx + 73 halaman, 78 gambar, 10 tabel

Nanosilika adalah material yang mempercepat reaksi pozzolan dan mengisi pori-pori beton berukuran nanometer yang memiliki ukuran partikel sangat halus berkisar 1-100 nm dan luas permukaan spesifik. Berfungsi untuk meningkatkan kuat tekan beton. Nanosilika dapat dihasilkan dengan proses ekstraksi dari limbah *fly ash*. Material yang digunakan pada penelitian ini berupa *fly ash*, larutan NaCl, larutan NaOH, dan akuades. Penelitian ini menggunakan variasi temperatur perendaman selama 90°C, 105°C, dan 115°C. Pada penelitian ini menggunakan pengujian mikrostruktur untuk menganalisis hasil ekstraksi berupa *X-Ray Diffraction (XRD)*, *X-Ray Fluorescence (XRF)*, dan *Scanning Electron Microscope (SEM)*. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi temperatur perendaman maka akan semakin kecil ukuran dan presentase kristal serta menghasilkan jumlah silika yang paling banyak. Berdasarkan pengujian diperoleh bahwa temperatur optimum untuk perendaman pada proses ekstraksi adalah 115°C yang menghasilkan kemurnian silika ±34% serta ukuran kristal rata-rata sebesar 75,58 nm dengan kristalin sebanyak 11,53% dan amorf sebanyak 88,46%.

**Kata kunci:** Nanosilika, *Fly Ash*, Ekstraksi, Metode Pemanasan, XRF, XRD, SEM



## **SUMMARY**

### ***ANALYSIS OF NANOSILICA EXTRACTION RESULTS BASED ON FLY ASH USING A HEATING METHOD WITH SOAKING TEMPERATURES VARIATION***

*Scientific papers in form of Final Projects,*

*Naurah 'Afifah; Guide by Advisor Dr. Ir. Arie Putra Usman, S.T., M.T.*

*Civil Engineering, Faculty of Engineering, Sriwijaya University  
xx + 73 pages, 78 images, 10 tables*

*Nanosilica is a material that accelerates the pozzolanic reaction and fills the nanopores of concrete, with particle sizes ranging from 1 to 100 nm and a high specific surface area. It functions to improve the compressive strength of concrete. Nanosilica can be produced through an extraction process from fly ash waste. The materials used in this study include fly ash, NaCl solution, NaOH solution, and distilled water. This research applied variations in soaking temperatures of 90°C, 105°C, and 115°C. Microstructural testing methods such as X-Ray Diffraction (XRD), X-Ray Fluorescence (XRF), and Scanning Electron Microscope (SEM) were employed to analyze the extraction results. The findings indicate that higher soaking temperatures result in smaller sizes and lower crystal percentages while producing the highest amount of silica. Based on the tests, it can be concluded that higher soaking temperatures result in smaller crystal sizes and percentages, as well as a higher silica yield. The testing results showed that the optimum soaking temperature for the extraction process is 115°C, which produces silica with a purity of approximately 34%, an average crystal size of 75.58 nm, 11.53% crystallinity, and 88.46% amorphous content.*

***Keywords:*** *Nanosilica, Fly Ash, Extraction, Heating Method, XRF, XRD, SEM*



# ANALISIS HASIL EKSTRAKSI NANOSILIKA BERBAHAN DASAR *FLY ASH* MENGGUNAKAN METODE PEMANASAN DENGAN VARIASI TEMPERATUR PERENDAMAN

Naurah 'Afifah<sup>1)</sup>, Arie Putra Usman<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
E-mail: naurahaffh@gmail.com

<sup>2)</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
E-mail: arieputrausman@ft.unsri.ac.id

## Abstrak

Nanosilika adalah material yang mempercepat reaksi pozzolan dan mengisi pori-pori beton berukuran nanometer yang memiliki ukuran partikel sangat halus berkisar 1-100 nm dan luas permukaan spesifik. Berfungsi untuk meningkatkan kuat tekan beton. Nanosilika dapat dihasilkan dengan proses ekstraksi dari limbah *fly ash*. Material yang digunakan pada penelitian ini berupa *fly ash*, larutan NaCl, larutan NaOH, dan akuades. Penelitian ini menggunakan variasi temperatur perendaman selama 90°C, 105°C, dan 115°C. Pada penelitian ini menggunakan pengujian mikrostruktur untuk menganalisis hasil ekstraksi berupa *X-Ray Diffraction (XRD)*, *X-Ray Fluorescence (XRF)*, dan *Scanning Electron Microscope (SEM)*. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi temperatur perendaman maka akan semakin kecil ukuran dan presentase kristal serta menghasilkan jumlah silika yang paling banyak. Berdasarkan pengujian diperoleh bahwa temperatur optimum untuk perendaman pada proses ekstraksi adalah 115°C yang menghasilkan kemurnian silika ±34% serta ukuran kristal rata-rata sebesar 75,58 nm dengan kristalin sebanyak 11,53% dan amorf sebanyak 88,46%.

**Kata kunci:** Nanosilika, *Fly Ash*, Ekstraksi, Metode Pemanasan, XRF, XRD, SEM

Palembang, Desember 2024  
Diperiksa dan disetujui oleh,  
Dosen Pembimbing



Dr. Ir. Arie Putra Usman, S.T., M.T.  
NIP. 198605192019031007

Mengetahui/Menyetujui  
Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,



# **ANALYSIS OF NANOSILICA EXTRACTION RESULTS BASED ON FLY ASH USING A HEATING METHOD WITH SOAKING TEMPEARTURES VARIATION**

**Naurah 'Afifah<sup>1)</sup>, Arie Putra Usman<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
E-mail: naurahaffh@gmail.com

<sup>2)</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
E-mail: arieputrausman@ft.unsri.ac.id

## **Abstract**

*Nanosilica is a material that accelerates the pozzolanic reaction and fills the nanopores of concrete, with particle sizes ranging from 1 to 100 nm and a high specific surface area. It functions to improve the compressive strength of concrete. Nanosilica can be produced through an extraction process from fly ash waste. The materials used in this study include fly ash, NaCl solution, NaOH solution, and distilled water. This research applied variations in soaking temperatures of 90°C, 105°C, and 115°C. Microstructural testing methods such as X-Ray Diffraction (XRD), X-Ray Fluorescence (XRF), and Scanning Electron Microscope (SEM) were employed to analyze the extraction results. The findings indicate that higher soaking temperatures result in smaller sizes and lower crystal percentages while producing the highest amount of silica. Based on the tests, it can be concluded that higher soaking temperatures result in smaller crystal sizes and percentages, as well as a higher silica yield. The testing results showed that the optimum soaking temperature for the extraction process is 115°C, which produces silica with a purity of approximately 34%, an average crystal size of 75.58 nm, 11.53% crystallinity, and 88.46% amorphous content.*

**Keywords:** Nanosilica, Fly Ash, Extraction, Heating Method, XRF, XRD, SEM

**Palembang, Desember 2024  
Diperiksa dan disetujui oleh,  
Dosen Pembimbing**



**Dr. Ir. Arie Putra Usman, S.T., M.T.**  
NIP. 198605192019031007



## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan proposal tugas akhir yang berjudul “**Analisis Hasil Ekstraksi Nanosilika Berbahan Dasar *Fly Ash* Menggunakan Metode Pemanasan dengan Variasi Temperatur Perendaman**”. Pada kesempatan ini, penulis juga hendak mengucapkan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu penyelesaian tugas akhir ini, yaitu :

1. Bapak Prof. Dr. Taufiq Marwa, S.E., M.Si., selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penulisan tugas akhir.
4. Bapak Dr. Ir. Arie Putra Usman, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dalam penulisan laporan tugas akhir ini.
5. Dr. Rosidawani, S.T, M.T., selaku dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan arahan.
6. Dosen-dosen serta staf Jurusan Teknik Sipil yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini serta membantu penulis selama masa perkuliahan.
7. Teristimewa kedua orang tua tersayang, Ir. Syarifuddin Umri dan Maryani, S.Ag., yang telah memberikan do’a, dukungan, kasih sayang, semangat, dan motivasi dengan penuh cinta hingga penulis mampu menyelesaikan studi dan meraih gelar sarjana.
8. Saudara tercinta, Rifdah Jazilah, S.Farm., Najla Humaira, dan Ghina Amirah yang telah membantu dan memberikan dukungan kepada penulis dengan do’a dan semangat yang tulus dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Tuan NIM. 02011382126432, sebagai *partner* terbaik yang telah kebersamai, mendengarkan, memberikan *support*, dan berkontribusi penuh

sepanjang penulisan tugas akhir ini.

10. Seluruh keluarga besar yang telah memberikan do'a dan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Sahabat penulis, Sabrina, Ismi, Kia, Alifah, Alda, Tiara yang telah kebersamai dan membantu selama proses perkuliahan hingga proses penyelesaian tugas akhir ini.
12. Teman-teman seperjuangan tugas akhir dan rekan-rekan angkatan 2021 lainnya yang telah memberikan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Dalam menyusun tugas akhir ini, penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua, khususnya bagi penulis dan bagi Jurusan Teknik Sipil Universitas Sriwijaya.

Palembang, Desember 2024

Naurah 'Afifah



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
PERNYATAAN INTEGRITAS .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	v
RIWAYAT HIDUP .....	vi
RINGKASAN .....	vii
<i>SUMMARY</i> .....	viii
ABSTRAK .....	ix
<i>ABSTRACT</i> .....	x
KATA PENGANTAR .....	xi
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
DAFTAR TABEL .....	xix
DAFTAR NOTASI .....	xx
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Ruang Lingkup .....	4
1.5 Metode Pengumpulan Data .....	4
1.6 Rencana Sistematika Penulisan .....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 Beton .....	6
2.2 Nanoteknologi .....	6
2.1.1 Kelebihan Penggunaan Nanoteknologi .....	8
2.1.2 Kekurangan Penggunaan Nanoteknologi .....	8

2.3	Nanosilika.....	9
2.3	Proses Ekstraksi.....	11
2.4	<i>Fly Ash</i> .....	13
2.4.1	Klasifikasi .....	13
2.4.2	Kandungan Senyawa.....	14
2.5	Proses Pemanasan .....	16
2.6	Pengujian Mikrostruktur .....	17
2.6.1	<i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	17
2.6.2	<i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i> .....	18
2.6.3	<i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i> .....	19
2.7	Temperatur Perendaman.....	20
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....		22
3.1	Studi Literatur .....	22
3.2	Alur Penelitian.....	22
3.3	Material .....	24
3.3.1	<i>Fly Ash</i> .....	24
3.3.2	Larutan Asam Klorida (HCl) 1M.....	24
3.3.3	Larutan Natrium Hidroksida (NaOH) 3M .....	24
3.3.4	Akuades atau Air Suling .....	25
3.4	Peralatan .....	25
3.4.1	Timbangan Digital .....	25
3.4.2	Oven.....	26
3.4.3	Gelas Beaker .....	26
3.4.4	Corong .....	27
3.4.5	Kertas Saring.....	27
3.4.6	Saringan 200 mesh.....	27
3.4.7	Cawan .....	28
3.4.8	Termometer .....	28
3.4.9	<i>Potential of Hydrogen (pH) Meter</i> .....	29
3.4.10	<i>Hotplate</i> .....	29
3.4.11	Mortar dan Pestle.....	29

3.4.12	<i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i> .....	30
3.4.13	<i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	30
3.5	Tahapan Pengujian .....	31
3.1.1	Tahap 1 .....	32
3.1.2	Tahap 2.....	32
3.1.3	Tahap 3.....	33
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....		48
4.1	Pengujian Mikrostruktur .....	48
4.1.1	Pengujian <i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i> .....	48
4.1.2	Pengujian <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	51
4.1.3	Pengujian <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i> .....	64
BAB 5 PENUTUP .....		68
5.1	Kesimpulan.....	68
5.2	Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA.....		70

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur atom SiO <sub>2</sub> .....	10
Gambar 2.2 Proses ekstraksi silika .....	11
Gambar 2.3 Proses pembakaran <i>fly ash</i> .....	13
Gambar 2.4 Pola XRD sampel ekstraksi <i>fly ash</i> dan silika .....	18
Gambar 3.1 Diagram alur penelitian.....	23
Gambar 3.2 Fly ash.....	24
Gambar 3.3 Larutan HCl 1M.....	24
Gambar 3.4 Larutan NaOH 3M .....	25
Gambar 3.5 Akuades.....	25
Gambar 3.6 Timbangan digital .....	26
Gambar 3.7 Oven.....	26
Gambar 3.8 Gelas beaker.....	26
Gambar 3.9 Corong .....	27
Gambar 3.10 Kertas saring .....	27
Gambar 3.11 Saringan ukuran 200 mesh.....	28
Gambar 3.12 Cawan .....	28
Gambar 3.13 Termometer .....	28
Gambar 3.14 <i>Potential of hydrogen</i> (pH) meter .....	29
Gambar 3.15 <i>Hot plate</i> .....	29
Gambar 3.16 Mortar dan pestle .....	30
Gambar 3.17 <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) .....	30
Gambar 3.18 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	31
Gambar 3.19 <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF) .....	31
Gambar 3.20 Penyaringan <i>fly ash</i> .....	33
Gambar 3.21 Penimbangan <i>fly ash</i> .....	33
Gambar 3.22 <i>Fly ash</i> sebanyak 40 gram tiap sampel .....	34
Gambar 3.23 Penuangan HCL 1M sebanyak 100 mL .....	34
Gambar 3.24 Penuangan HCl ke <i>fly ash</i> .....	34
Gambar 3.25 Pengeringan sampel pada temperatur 90°C .....	35



Gambar 3.26 Penyaringan endapan .....	35
Gambar 3.27 Pencucian dengan akuades.....	35
Gambar 3.28 Pengecekan pH.....	36
Gambar 3.29 Pengeringan endapan .....	36
Gambar 3.30 Pemanasan oven suhu 110°C .....	36
Gambar 3.31 Penuangan NaOH 3M.....	37
Gambar 3.32 Pencampuran NaOH dan endapan .....	37
Gambar 3.33 Pengeringan selama 4 jam .....	37
Gambar 3.34 Penyaringan endapan .....	38
Gambar 3.35 Hasil filtrasi.....	38
Gambar 3.36 Pencampuran 1:1 HCl dan akuades .....	38
Gambar 3.37 Pendiaman filtrat campuran selama 18 jam.....	39
Gambar 3.38 Pengeringan filtrat.....	39
Gambar 3.39 Hasil pengeringan filtrat .....	39
Gambar 3.40 Pengeringan di oven suhu 110°C .....	40
Gambar 3.41 Pengalusan silika.....	40
Gambar 3.42 Hasil ekstraksi nanosilika .....	40
Gambar 3.43 <i>New project</i> pada aplikasi origin.....	41
Gambar 3.44 Memindahkan data dari excel ke aplikasi origin .....	42
Gambar 3.45 Plot data menjadi <i>stacked lines by y offsets</i> .....	42
Gambar 3.46 Klik <i>toolbox analysis</i> .....	43
Gambar 3.47 Klik <i>peaks info</i> .....	43
Gambar 3.48 Mencari nilai intensitas maksimum dari excel XRD .....	44
Gambar 3.49 Klik <i>add peaks info</i> .....	44
Gambar 3.50 Memasukkan nilai 2-theta maksimum.....	45
Gambar 3.51 Mencari nilai luasan area puncak.....	45
Gambar 3.52 Mengintergrasi grafik.....	46
Gambar 3.53 Mencari luasan area puncak.....	46
Gambar 3.54 Grafik nilai luasan area total .....	47

Gambar 4.1 Hasil uji XRD keberadaan senyawa pada sampel variasi temperatur perendaman 90°C.....	52
Gambar 4.2 Hasil uji XRD keberadaan senyawa pada sampel variasi temperatur perendaman 105°C.....	52
Gambar 4.3 Hasil uji XRD keberadaan senyawa pada sampel variasi temperatur perendaman 115°C.....	53
Gambar 4.4 Hasil XRD variasi temperatur perendaman 90°C.....	56
Gambar 4.5 Hasil XRD variasi temperatur perendaman 105°C.....	56
Gambar 4.6 Hasil XRD variasi temperatur perendaman 115°C.....	57
Gambar 4.7 Hasil perhitungan luas area titik puncak dengan variasi temperatur perendaman 90°C.....	58
Gambar 4.8 Grafik luas area titik puncak dengan variasi temperatur perendaman 90°C .....	59
Gambar 4.9 Hasil perhitungan luas area total dengan variasi temperatur perendaman 90°C.....	59
Gambar 4.10 Hasil perhitungan luas area titik puncak dengan variasi temperatur perendaman 105°C.....	60
Gambar 4.11 Grafik luas area titik puncak dengan variasi temperatur perendaman 105°C .....	60
Gambar 4.12 Hasil perhitungan luas area total dengan variasi temperatur perendaman 105°C.....	61
Gambar 4.13 Hasil perhitungan luas area titik puncak dengan variasi temperatur perendaman 115°C.....	61
Gambar 4.14 Grafik luas area titik puncak dengan variasi temperatur perendaman 115°C .....	62
Gambar 4.15 Hasil perhitungan luas area total dengan variasi temperatur perendaman 115°C.....	62
Gambar 4.16 Hasil SEM variasi temperatur perendaman 90°C.....	65
Gambar 4.17 Hasil SEM variasi temperatur perendaman 105°C .....	66
Gambar 4.18 Hasil SEM variasi temperatur perendaman 115°C .....	67

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Komposisi kimia fly ash .....	15
Tabel 2.2 Komposisi (%) fly ash batubara.....	15
Tabel 2.3 Pengaruh temperatur terhadap konversi silika yang terekstrak .....	21
Tabel 4.1 Hasil XRF temperatur perendaman 90°C .....	49
Tabel 4.2 Hasil XRF temperatur perendaman 105°C .....	49
Tabel 4.3 Hasil XRF temperatur perendaman 115°C .....	50
Tabel 4.4 Hasil ukuran kristal variasi temperatur perendaman 90°C .....	54
Tabel 4.5 Hasil ukuran kristal variasi temperatur perendaman 105°C .....	54
Tabel 4.6 Hasil ukuran kristal variasi temperatur perendaman 115°C .....	55
Tabel 4.7 Perbandingan persentase nilai kristalin dan amorf .....	63

## DAFTAR NOTASI

### Notasi :

D = ukuran kristal (nm)

K = konstanta bentuk kristal (0.9 - 1)

$\lambda$  = panjang gelombang sinar-X (0,15406 nm)

$\beta$  = lebar penuh setengah maksimum (FWHM) dari puncak difraksi (rad)

$\theta$  = sudut difraksi (derajat)



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Batubara telah menjadi sumber utama untuk produksi listrik di seluruh dunia. *Fly ash* merupakan produk sampingan utama dari pembangkit listrik tenaga uap dari batubara, diproduksi dalam jumlah besar setiap tahun dan telah menjadi limbah padat yang bermasalah secara global. Sebelumnya, *fly ash* sebagian besar dibuang di tempat pembuangan akhir (TPA) dan kolam pembuangan, yang menimbulkan banyak dampak negatif terhadap ekosistem dan menjadi masalah lingkungan. Berbagai alternatif pembuangan *fly ash* yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan telah diusulkan dan diterapkan, termasuk penggunaannya dalam industri konstruksi, industri keramik, sintesis zeolit, pemulihan logam berharga, pemisahan kedalaman, katalisis, dan perbaikan tanah. Tingkat pemanfaatan *fly ash* secara global telah meningkat akhir-akhir ini dan sekitar 41% *fly ash* yang diproduksi setiap tahun kini digunakan (Hartuti dkk., 2017).

*Fly ash* sering digunakan sebagai pengganti semen portland biasa dalam beton ramah lingkungan, sehingga dapat mengurangi emisi CO<sub>2</sub> yang berkontribusi terhadap pemanasan global. Penggantian ini bisa sebagian (biasanya dikenal sebagai semen pozzolan, beton *fly ash*, atau beton *fly ash* volume tinggi) atau seluruhnya (dikenal sebagai geopolimer berbasis *fly ash*, atau *fly ash* aktif alkali) dalam proporsi semen. *Fly ash* juga dikenal sebagai bahan pozzolan karena mengandung silika dan alumina, yang sendiri memiliki sedikit atau tidak ada nilai semen, tetapi akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida pada suhu biasa dalam kondisi halus dan adanya uap air untuk membentuk senyawa dengan sifat semen, seperti yang didefinisikan oleh ACI. Meskipun demikian, beberapa jenis *fly ash*, terutama yang dihasilkan dari pembakaran batubara lignit dan sub-bituminus, mungkin memiliki tingkat nilai semen yang bervariasi bahkan tanpa penambahan kalsium hidroksida atau semen portland dibandingkan dengan kapur yang terkandung dalam *fly ash* (Wattimena dkk., 2017).

Komposisi kimia *fly ash* yang kaya akan silika, alumina, dan oksida logam lainnya menjadikannya bahan yang sangat menarik untuk digunakan dalam berbagai proses ekstraksi. Penggunaan *fly ash* sebagai bahan campuran beton harus dikonversi menjadi nanosilika. Nanosilika memiliki ukuran nanometer dengan luas permukaan besar dan reaktivitas kimia tinggi. Penggunaan *fly ash* sebagai bahan baku untuk memproduksi nanosilika memberikan dua keuntungan utama. Pertama, ini membantu mengelola limbah *fly ash* yang jika tidak dikelola dengan baik, maka dapat menimbulkan masalah lingkungan serius. Kedua, ini menyediakan sumber nanosilika yang lebih ekonomis dan berkelanjutan dibandingkan metode produksi konvensional yang sering mahal dan kurang ramah lingkungan. Transformasi *fly ash* menjadi nanosilika juga sejalan dengan upaya global untuk mengurangi jejak karbon dalam industri konstruksi. Produksi semen merupakan salah satu penyumbang terbesar emisi CO<sub>2</sub>, dan penggunaan *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen atau sebagai aditif dalam beton dapat mengurangi emisi ini secara signifikan.

Dalam beton konvensional, silika (SiO<sub>2</sub>) merupakan bagian integral dari campuran standar. Namun, penelitian terbaru menunjukkan bahwa penggunaan nanosilika pada pasta beton dan semen dapat meningkatkan pengemasan partikel pada kedua bahan tersebut. Nanosilika berfungsi sebagai pengisi nano (nanofiller) untuk partikel kalsium silikat hidrat (Ca-Si-H) dalam semen dan bertindak sebagai pengikat yang kuat, sehingga meningkatkan kohesi antara semen dan agregat. Selain itu, nanosilika mempercepat laju hidrasi semen, yang mengurangi waktu pengerasan dan periode dorman, serta meningkatkan kekuatan awal beton. Penggunaan nanosilika juga menurunkan porositas beton, mengurangi permeabilitas terhadap air dan elemen lain, dan dengan demikian membantu mencegah potensi degradasi beton.

Metode pemanasan menjadi salah satu teknik untuk *fly ash* mengalami transformasi menjadi nanosilika karena dapat memungkinkan kontrol yang lebih baik terhadap proses ekstraksi, seperti dekomposisi mineral-mineral yang ada, reaksi kimia, dan perubahan struktural. Pemanasan dilakukan dalam lingkungan yang terkontrol, seringkali menggunakan peralatan seperti oven atau tungku. Selain itu, penggunaan temperatur yang terkontrol juga memungkinkan peneliti untuk

mengevaluasi efek parameter pemanasan terhadap karakteristik nanosilika yang dihasilkan. Karakteristik seperti morfologi, ukuran partikel, sifat permukaan, komposisi kimia, dan struktur mikro dapat diamati lebih jauh melalui analisis lanjutan setelah proses pemanasan. Pada temperatur yang tepat, terjadi dekomposisi mineral-mineral dalam *fly ash* dan transformasi struktur kimianya sehingga membentuk partikel-partikel nanosilika dengan ukuran dan sifat yang diinginkan. Namun, temperatur yang terlalu rendah mungkin tidak cukup efektif dalam merangsang reaksi yang diperlukan, sedangkan temperatur yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan degradasi atau kerusakan pada produk akhir.

Dengan demikian, pemahaman mendalam tentang optimasi temperatur untuk metode pemanasan pada ekstraksi *fly ash* menjadi nanosilika penting untuk memastikan efisiensi dan keberhasilan proses ekstraksi. Metode penelitian ini melibatkan pemanasan menggunakan oven sebagai alat pemanas. Proses ini melibatkan penggunaan alat-alat dan larutan ekstraksi yang akan digiling untuk mengubah ukurannya menjadi bentuk nano. Penggunaan metode pemanasan ini akan mengubah karakteristik *fly ash*, sehingga memungkinkan pengamatan lebih lanjut. Selama proses ini, variasi temperatur perendaman menjadi variabel yang mempengaruhi hasil pengujian. Oleh karena itu, studi ini fokus pada ekstraksi nanosilika dari *fly ash* menggunakan metode pemanasan dengan variasi temperatur perendaman.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, mengenai analisis hasil ekstraksi nanosilika berbahan dasar *fly ash* menggunakan metode pemanasan dengan variasi temperatur perendaman maka rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh variasi temperatur perendaman pada analisis hasil ekstraksi nanosilika berbahan dasar *fly ash* dengan metode pemanasan.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian analisis hasil ekstraksi nanosilika berbahan dasar *fly ash* menggunakan metode pemanasan dengan variasi temperatur

perendaman yaitu menganalisis pengaruh variasi temperatur perendaman terhadap analisis hasil ekstraksi nanosilika berbahan dasar *fly ash* dengan metode pemanasan.

#### 1.4 Ruang Lingkup

Dalam penelitian ini terdapat ruang lingkup sebagai berikut:

1. *Fly ash* lolos saringan 200 mesh sebanyak 40 gram.
2. Larutan HCl 1M sebanyak 100 mL dengan kemurnian 38% dan HCl 0,5M sebanyak 200 mL.
3. Larutan NaOH 3M sebanyak 150 mL.
4. Akuades atau air suling yang telah mengalami proses pemurnian.
5. Oven dan *hotplate* sebagai alat utama dalam metode pemanasan.
6. Variasi temperatur perendaman 90°C, 105°C, 115°C.
7. Pengujian mikrostruktur dengan pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD), *X-Ray Fluorescence* (XRF), dan *Scanning Electron Microscope* (SEM).
8. Pengujian hanya sampai mendapatkan nanosilika.

#### 1.5 Metode Pengumpulan Data

Adapun mengenai metode dari pengumpulan data dalam Tugas Akhir mengenai proses ekstraksi nanosilika berbahan dasar *fly ash* menggunakan metode pemanasan dengan variasi temperatur perendaman adalah sebagai berikut:

1. Data Primer

Pada tugas akhir ini data primer didapat secara langsung dari pengujian yang dilakukan di laboratorium serta hasil bimbingan secara langsung kepada dosen pembimbing.

2. Data Sekunder

Pada tugas akhir ini data sekunder didapatkan secara tidak langsung dari objek penelitian dan dari informasi bacaan yang dilihat di internet. Dalam penelitian tugas akhir ini, data sekunder berupa studi pustaka yang digunakan sebagai referensi yang berkaitan dengan pembahasan penelitian.

## **1.6 Rencana Sistematika Penulisan**

Adapun rencana sistematika penulisan pada laporan tugas akhir mengenai analisis hasil ekstraksi nanosilika berbahan dasar *fly ash* menggunakan metode pemanasan dengan variasi temperatur perendaman adalah sebagai berikut:

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Pada bab ini dijelaskan mengenai latar belakang tugas akhir, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, metode pengumpulan data, serta sistematika penulisan dalam tugas akhir.

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini berisi kajian literatur yang digunakan dalam tugas akhir, yang mencakup penjelasan teori dari pustaka dan literatur mengenai definisi analisis hasil ekstraksi nanosilika berbahan dasar *fly ash* menggunakan metode pemanasan dengan variasi temperatur perendaman.

### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bab ini dibahas mengenai material dan alat uji yang akan digunakan dalam tugas akhir, serta pelaksanaan penelitian yang mencakup langkah-langkah yang diambil selama penelitian, termasuk metode dan prosedur yang diterapkan pada analisis hasil ekstraksi nanosilika berbahan dasar *fly ash* menggunakan metode pemanasan dengan variasi temperatur perendaman.

### **BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini berisi hasil data yang diperoleh dari pengujian laboratorium mengenai analisis hasil ekstraksi nanosilika berbahan dasar *fly ash* menggunakan metode pemanasan dengan variasi temperatur perendaman.

### **BAB 5 PENUTUP**

Pada bab ini berisikan kesimpulan dan saran dari penelitian tugas akhir untuk dipergunakan kedepannya.

### **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdalla, J. A., Hawileh, R. A., Bahurudeen, A., Jittin, V., Kabeer, K. S. A., & Thomas, B. S., 2023. Influence of synthesized nanomaterials in the strength and durability of cementitious composites. *Case Studies in Construction Materials*, 18, e02197.
- Ahmaruzzaman, M., 2010. A review on the utilization of fly ash. *Progress in energy and combustion science*, 36(3), 327-363.
- Alex, A. G., Kedir, A., & Tewele, T. G., 2022. Review on effects of graphene oxide on mechanical and microstructure of cement-based materials. *Construction and Building Materials*, 360, 129609.
- Alyatikah, E., Safitri, R., Manurung, T. W., & Iqbal, R. M., 2022. Chemical characteristic of fly ash and bottom ash as potential source for synthesis of aluminosilicate-based materials. *RAFFLESIA JOURNAL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES*, 2(2), 160-166.
- Aman & Utama, P. S., 2010. Pengaruh Suhu dan Waktu pada Ekstraksi Silika dari Abu Terbang (*Fly Ash*) Batubara. Universitas Riau: Riau.
- Boinski, F., Khouchaf, L., & Tuilier, M. H. 2010. Study of the mechanisms involved in reactive silica. *Materials Chemistry and Physics*, 122(1), 311-315.
- Cao, G., 2004. *Nanostructures & nanomaterials: synthesis, properties & applications*. Imperial college press.
- El-Khawaga, A. M., Zidan, A., & Abd El-Mageed, A. I., 2023. Preparation methods of different nanomaterials for various potential applications: A review. *Journal of Molecular Structure*, 1281, 135148.
- Erwan, E. Y., & Oktavia, B., 2022. Penentuan Kondisi Optimum Waktu Aging dan Temperatur Pengeringan Pada Sintesis Silika Xerogel dengan Bahan Dasar Natrium Silikat dari Silika Alam. *Periodic*, 11(2), 1-5.
- Etzler, F. M., & Deanne, R., 2017. Challenges in Particle Size Analysis. *Powder Technology*, 321, 123-130.
- Folstad, M. B., Ringdalen, E., Tveit, H., & Tangstad, M., 2021. Effect of different SiO<sub>2</sub> polymorphs on the reaction between SiO<sub>2</sub> and SiC in Si production.

- Metallurgical and Materials Transactions B*, 52, 792-803.
- Ramme, B. W., & Tharaniyil, M. P., 2004. *Coal combustion products utilization handbook*.
- Ghani, U., Hussain, S., Ali, A., Tirth, V., Algahtani, A., Zaman, A., & Aljohani, M. 2022. Hydrothermal extraction of amorphous silica from locally available slate. *ACS omega*, 7(7), 6113-6120.
- Grassian, V. H., O'Shaughnessy, P. T., Adamcakova-Dodd, A., Pettibone, J. M., & Thorne, P. S., 2007. Inhalation exposure study of titanium dioxide nanoparticles with a primary particle size of 2 to 5 nm. *Environmental health perspectives*, 115(3), 397-402.
- Harrison, R. G., Todd, P., Rudge, S. R., & Petrides, D. P., 2015. *Bioseparations science and engineering*. Oxford University Press, USA.
- Hartuti, S., Fadhillah Hanum, F., Takeyama, A., & Kambara, S., 2017. Effect of additives on arsenic, boron and selenium leaching from coal fly ash. *Minerals*, 7(6), 99.
- Ivanchik, N., Kondratiev, V., & Chesnokova, A., 2016. Use of nanosilica recovered from the finely dispersed by-product of the electrothermal silicon production for concrete modification. *Procedia Engineering*, 150, 1567-1573.
- Jamaludin, A., & Adiantoro, D., 2014. Analisis kerusakan X-ray fluorescence (XRF). *PIN Pengelolaan Instalasi Nuklir*, (9-10).
- Jia, Y., Mao, Z., Huang, W., & Zhang, J., 2022. Effect of temperature and crystallinity on the thermal conductivity of semi-crystalline polymers: A case study of polyethylene. *Materials Chemistry and Physics*, 287, 126325.
- Jyoti, A., Singh, R. K., Kumar, N., Aman, A. K., & Kar, M. (2021). 'Synthesis and properties of amorphous nanosilica from rice husk and its composites. *Materials Science and Engineering: B*, 263, 114871.
- Kosmatka, S. H., & Wilson, M. L., 2011. *Design and Control of Concrete Mixtures: The guide to applications, methods, and materials (ed.)*: Portland Cement Association.
- Latif, Chaironi., 2013. Pengaruh Variasi Temperatur Kalsinasi pada Struktur dalam Sintesis Silika. Fisika ITS: Surabaya.
- Mohammed, A., & Abdullah, A. (2018, November). Scanning electron microscopy



- (SEM): A review. In *Proceedings of the 2018 International Conference on Hydraulics and Pneumatics—HERVEX, Băile Govora, Romania* (Vol. 2018, pp. 7-9).
- Mousavi, S. R., & Rezaei, M., 2011. Application of Nanotechnology in Agriculture and Food Production. *Journal of Nanomaterials and Molecular Nanotechnology*, 1(1), 1-4.
- Nawar, A. H., 2021. WITHDRAWN: *Nano-technologies and Nano-materials for civil engineering construction works applications*.
- Nurmalita, N., Abdulmadjid, S. N., Setiawan, A., Idroes, R., & Jalil, Z., 2023. Characteristics of Silica Powder Extracted from Fly Ash of Coal Fired Power Plant-Effect of Heat Treatment Process. *Journal of Ecological Engineering*, 24(9).
- Pradeep, N. B., Hegde, M. M. R., Patel GC, M., Giasin, K., Pimenov, D. Y., & Wojciechowski, S., 2021. Synthesis and characterization of mechanically alloyed nanostructured ternary titanium based alloy for bio-medical applications. *Journal of Materials Research and Technology*. Advance online publication.
- Predicala, B. Z., 2009. Introduction to Nanotechnology in Agricultural and Food Systems. In K. H. Khor, & A. R. Choudhury (Eds.), *Nanotechnology: A Revolution in Food, Agriculture, and Animal Husbandry*. Elsevier.
- Rihan, M. A. M., & Abdalla Abdalla, T. (2024). Factors Influencing Compressive Strength in Fly Ash-Based Geopolymer Concrete: A Comprehensive Review. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*, 1-17.
- Sharma, A. K., Sharma, C., Mullick, S. C., & Kandpal, T. C., 2017. Solar industrial process heating: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 124-137.
- Silviana, S., Darmawan, A., Dalanta, F., Subagio, A., Hermawan, F., & Milen Santoso, H., 2021. Superhydrophobic coating derived from geothermal silica to enhance material durability of bamboo using hexadimethylsilazane (HMDS) and trimethylchlorosilane (TMCS). *Materials*, 14(3), 530.

- Simanjuntak, B. A., & Purwaningsih, H. (2012). Pengaruh Kecepatan Milling Terhadap Perubahan Struktur Mikro Komposit Mg/Al<sub>3</sub>Ti. *Jurnal Teknik ITS*.
- Singh, L. P., Bhattacharyya, S. K., Kumar, R., Mishra, G., Sharma, U., Singh, G., & Ahalawat, S., 2014. Sol-Gel processing of silica nanoparticles and their applications. *Advances in colloid and interface science*, 214, 17-37.
- Sokrai, P., & Makul, N., 2018. Incorporation of nano-modified material in the production of smart concrete. In *MATEC Web of conferences* (Vol. 204, p. 00005). EDP Sciences.
- Solikin, M., & Ariska, A. (2023). Pengaruh Penggunaan Silica fume Terhadap Sifat Mekanis Beton Mutu Tinggi High Volume Fly Ash (HVFA). *JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi)*, 7(2), 151-159.
- Tang, F., Li, L., & Chen, D., 2012. Mesoporous silica nanoparticles: synthesis, biocompatibility and drug delivery. *Advanced Materials*, 24(12), 1504-1534.
- Thomas, M. D. A. (2007). Optimizing the use of fly ash in concrete (Vol. 5420, pp. 1-24). Skokie, IL, USA: Portland Cement Association.
- Utama, P. S., 2010. Pengaruh Suhu dan Waktu pada Ekstraksi Silika dari Abu Terbang (*Fly Ash*) Batubara. Universitas Riau: Riau.
- Wang, T., Li, Y., Wu, J., & Hu, Y., 2024. Pivotal role of pH value in the preparation of mesoporous silica with high surface area for toluene adsorption. *Materials Letters*, 364, 136381.
- Wattimena, O. K., Antoni, A., & Hardjito, D., 2017. A review on the effect of fly ash characteristics and their variations on the synthesis of fly ash based geopolymer. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1887, No. 1). AIP Publishing.
- Yan, F., Jiang, J., Li, K., Liu, N., Chen, X., Gao, Y., & Tian, S., 2017. Green synthesis of nanosilica from coal fly ash and its stabilizing effect on CaO sorbents for CO<sub>2</sub> capture. *Environmental science & technology*, 51(13), 7606-7615.
- Zhu, P. W., Dai, H., Han, L., Xu, X. L., Cheng, L. M., Wang, Q. H., & Shi, Z. L., 2015. Aluminum extraction from coal ash by a two-step acid leaching method. *Journal of Zhejiang University-SCIENCE A*, 16(2), 161-169.