

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS SINTESIS NANOSILIKA BERBAHAN  
DASAR *FLY ASH* MENGGUNAKAN METODE  
PRESIPITASI DENGAN VARIASI TEMPERATUR  
PENGERINGAN**

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



**IDA NURWALIDAINI**  
**03011182126004**

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

## PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ida Nurwalidaini

NIM : 03011182126004

Judul : Analisis Sintesis Nanosilika Berbahan Dasar *Fly Ash* Menggunakan Metode Presipitasi dengan Variasi Temperatur Pengeringan

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, Januari 2024



**Ida Nurwalidaini**

**NIM. 03011182126004**

# HALAMAN PENGESAHAN

## ANALISIS SINTESIS NANOSILIKA BERBAHAN DASAR *FLY ASH* MENGGUNAKAN METODE PRESIPITASI DENGAN VARIASI TEMPERATUR PENGERINGAN TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelas Sarjana Teknik

Oleh:

**IDA NURWALIDAINI**

**03011182126004**

**Palembang, Januari 2025**

**Diperiksa dan disetujui oleh,**

**Dosen Pembimbing**



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

**NIP. 197610312002122001**

**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 Sintesis Nanosilika Berbahan Dasar *Fly Ash* Menggunakan Metode Presipitasi dengan Variasi Temperatur Pengeringan” yang disusun oleh Ida Nurwalidaini, NIM. 03011182126004 telah dipertahankan di depan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 9 Januari 2025.

Palembang, 9 Januari 2025

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Tugas Akhir:

Ketua:

1. Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.  
NIP. 197610312002122001

(  )

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 Sipil

  
**Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.**  
NIP. 197610312002122001

## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ida Nurwalidaini

NIM : 03011182126004

Judul : Analisis Sintesis Nanosilika Berbahan Dasar *Fly Ash* Menggunakan Metode Presipitasi dengan Variasi Temperatur Pengeringan

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, Januari 2025



Ida Nurwalidaini  
NIM. 03011182126004

## RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Ida Nurwalidaini  
Jenis Kelamin : Perempuan  
Status : Belum menikah  
Agama : Islam  
Warga negara : Indonesia  
Nomor HP : 082278030991  
E-mail : idanurwalidaini07@gmail.com

### Riwayat Pendidikan:

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Pendidikan	Masa
SDN 3 MUARADUA	-	-	SD	2009 -2015
SMPN 1 MUARADUA	-	-	SMP	2015 -2018
SMAN 1 MUARADUA	-	IPA	SMA	2018 -2021
UNIVERSITAS SRIWIJAYA	Teknik	Teknik Sipil	S1	2021-2025

### Riwayat Organisasi:

Nama Organisasi	Jabatan	Periode
KOMUNITAS SAINS TEKNIK FT UNSRI	Kepala Divisi Manajemen Sumber Daya Manusia (MSDM)	2022 - 2023

Demikian Riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan Hormat,



Ida Nurwalidaini  
NIM. 03011182126004

## RINGKASAN

ANALISIS SINTESIS NANOSILIKA BERBAHAN DASAR *FLY ASH* MENGGUNAKAN METODE PRESIPITASI DENGAN VARIASI TEMPERATUR PENGERINGAN

Karya Tulis Ilmiah Berupa Tugas Akhir, 9 Januari 2025

Ida Nurwalidaini; Dibimbing oleh Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xix + 76 halaman, 74 gambar, 8 tabel

Nanosilika merupakan material silika berukuran nano yaitu berkisar antara 1 hingga 100 nm, yang memiliki peran penting dalam meningkatkan kuat tekan beton. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan nanosilika berkualitas tinggi melalui proses sintesis dengan memanfaatkan limbah *fly ash* sebagai bahan baku utama. Sintesis dilakukan menggunakan metode presipitasi dengan material berupa *fly ash*, larutan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ), larutan natrium hidroksida (NaOH), dan air suling. Variasi temperatur pengeringan yang digunakan pada penelitian ini adalah  $80^\circ C$ ,  $100^\circ C$ , dan  $120^\circ C$ . Hasil sintesis dianalisis menggunakan beberapa metode karakterisasi mikrostruktur, yaitu *X-Ray Fluorescence* (XRF), *X-Ray Diffraction* (XRD), dan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Hasil pengujian XRF menunjukkan bahwa temperatur pengeringan yang lebih rendah menghasilkan silika dengan tingkat kemurnian yang lebih tinggi. Sementara itu, pengujian XRD menunjukkan bahwa temperatur pengeringan rendah menghasilkan ukuran kristal yang lebih kecil dan persentase fase amorf yang lebih tinggi yang dapat meningkatkan reaktivitas kimia dan mempercepat hidrasi. Pengamatan SEM menunjukkan minimnya aglomerasi pada temperatur pengeringan rendah, memastikan distribusi partikel yang merata dan meningkatkan efisiensi reaksi. Secara keseluruhan, temperatur pengeringan yang lebih rendah menghasilkan nanosilika dengan kandungan silika optimal, struktur amorf dominan, dan distribusi partikel yang merata. Berdasarkan hasil penelitian, temperatur pengeringan optimum untuk proses sintesis ini adalah  $80^\circ C$ , yang menghasilkan silika dengan tingkat kemurnian sebesar  $\pm 65\%$ , ukuran kristal sebesar 10,89 nm, serta komposisi fase kristalin sebesar 5,24% dan fase amorf sebesar 94,76%.

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

## SUMMARY

### ANALISYS OF SYNTHESIS NANOSILICA BASED ON FLY ASH USING PRECIPITACION METHOD WITH VARIATION OF DRYING TEMPERATURE

Scientific papers in form of Final Projects, January 9<sup>th</sup>, 2025

Ida Nurwalidaini; Guide by Advisor Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.

Civil Engineering, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

xix + 76 pages, 74 images, 8 tables

*Nanosilica is a silica-based material with particle sizes ranging from 1 to 100 nm, which plays a significant role in enhancing the compressive strength of concrete. This research aims to synthesize high-quality nanosilica using fly ash waste as the primary raw material. The synthesis process was carried out via the precipitation method, utilizing fly ash, sulfuric acid (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), sodium hydroxide (NaOH), and distilled water. Drying temperatures of 80°C, 100°C, and 120°C were applied to evaluate their impact on the synthesized product. The nanosilica produced was characterized using microstructural analysis techniques, including X-Ray Fluorescence (XRF), X-Ray Diffraction (XRD), and Scanning Electron Microscopy (SEM). XRF analysis revealed that lower drying temperatures yielded silica with higher purity levels. XRD analysis demonstrated that lower drying temperatures produced smaller crystallite sizes and a higher proportion of the amorphous phase, which enhanced chemical reactivity and accelerated hydration rates. SEM observations indicated minimal particle agglomeration at lower drying temperatures, ensuring uniform particle distribution and increased reaction efficiency. The results of the research demonstrate that lower drying temperatures produce nanosilica with optimal purity, predominantly amorphous structures, and well-dispersed particles. The optimal drying temperature was determined to be 80°C, producing nanosilica with a silica purity of approximately 65%, a crystallite size of 10.89 nm, and phase compositions of 5.24% crystalline and 94.76% amorphous.*

**Keywords:** *Nanosilica, Fly Ash, Precipitacion Method, XRF, XRD, SEM*



# ANALISIS SINTESIS NANOSILIKA BERBAHAN DASAR *FLY ASH* MENGGUNAKAN METODE PRESIPITASI DENGAN VARIASI TEMPERATUR PENGERINGAN

Ida Nurwalidaini<sup>1)</sup>, Saloma<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
E-mail: idanurwalidaini07@gmail.com

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

## Abstrak

Nanosilika merupakan material silika berukuran nano yaitu berkisar antara 1 hingga 100 nm, yang memiliki peran penting dalam meningkatkan kuat tekan beton. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan nanosilika berkualitas tinggi melalui proses sintesis dengan memanfaatkan limbah *fly ash* sebagai bahan baku utama. Sintesis dilakukan menggunakan metode presipitasi dengan material berupa *fly ash*, larutan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ), larutan natrium hidroksida (NaOH), dan air suling. Variasi temperatur pengeringan yang digunakan pada penelitian ini adalah 80°C, 100°C, dan 120°C. Hasil sintesis dianalisis menggunakan beberapa metode karakterisasi mikrostruktur, yaitu *X-Ray Fluorescence* (XRF), *X-Ray Diffraction* (XRD), dan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa temperatur pengeringan yang lebih rendah menghasilkan nanosilika dengan kandungan silika optimal, struktur amorf dominan, dan distribusi partikel yang merata. Berdasarkan hasil penelitian, temperatur pengeringan optimum untuk proses sintesis ini adalah 80°C, yang menghasilkan silika dengan tingkat kemurnian sebesar ±65%, ukuran kristal sebesar 10,89 nm, serta komposisi fase kristalin sebesar 5,24% dan fase amorf sebesar 94,76%.

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

Palembang, Januari 2025  
Diperiksa dan disetujui oleh,  
Dosen Pembimbing



**Dr. Ir. Saloma. S.T., M.T.**  
NIP. 197610312002122001

Mengetahui/Menyetujui  
Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,



**Dr. Ir. Saloma. S.T., M.T.**  
NIP. 197610312002122001

# **ANALISYS OF SYNTHESIS NANOSILICA BASED ON FLY ASH USING PRECIPITATION METHOD WITH VARIATION OF DRYING TEMPERATURE**

**Ida Nurwalidaini<sup>1)</sup>, Saloma<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
E-mail: idanurwalidaini07@gmail.com

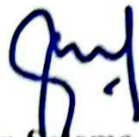
<sup>2)</sup> Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
E-mail: saloma@ft.unsri.ac.id

## **Abstract**

*Nanosilica is a silica-based material with particle sizes ranging from 1 to 100 nm, which plays a significant role in enhancing the compressive strength of concrete. This research aims to synthesize high-quality nanosilica using fly ash waste as the primary raw material. The synthesis process was carried out via the precipitation method, utilizing fly ash, sulfuric acid (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), sodium hydroxide (NaOH), and distilled water. Drying temperatures of 80°C, 100°C, and 120°C were applied to evaluate their impact on the synthesized product. The nanosilica produced was characterized using microstructural analysis techniques, including X-Ray Fluorescence (XRF), X-Ray Diffraction (XRD), and Scanning Electron Microscopy (SEM). The results of the research demonstrate that lower drying temperatures produce nanosilica with optimal purity, predominantly amorphous structures, and well-dispersed particles. The optimal drying temperature was determined to be 80°C, producing nanosilica with a silica purity of approximately 65%, a crystallite size of 10.89 nm, and phase compositions of 5.24% crystalline and 94.76% amorphous.*

**Keywords:** Nanosilica, Fly Ash, Precipitation Method, XRD, XRF, SEM

**Palembang, Januari 2025  
Diperiksa dan disetujui oleh,  
Dosen Pembimbing**



**Dr. Ir. Saloma. S.T., M.T.**  
**NIP. 197610312002122001**

**Mengetahui/Menyetujui  
Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,**



## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “ Analisis Sintesis Nanosilika Berbahan Dasar *Fly Ash* Menggunakan Metode Presipitasi dengan Variasi Temperatur Pengeringan”. Pada kesempatan ini, penulis juga 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 Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T., M.T., IPM., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T., IPM., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya sekaligus dosen pembimbing yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penulisan tugas akhir.
4. Ibu Dr. Ir. Ratna Dewi, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Dr. Ir. H. Maulid M. Iqbal, M.S., 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. Terima kasih kepada Ibu Unah Rohmah, Ayah Aan Suyatman, serta adik-adik dan seluruh keluarga besar yang telah memberikan doa, dukungan, semangat, serta motivasi kepada penulis dalam perkuliahan dan penyelesaian tugas akhir ini.
8. Terima kasih kepada NIM. 03011282126064 yang telah menjadi *support system* utama, selalu memberikan dukungan, motivasi, semangat, serta bantuan dengan penuh ketulusan sepanjang proses penyelesaian tugas akhir ini.

9. Terima kasih kepada sahabat-sahabat penulis yang telah memberi dukungan, semangat, doa, serta menghibur dan menemani penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.
10. Terima kasih kepada rekan-rekan seperjuangan tugas akhir yang telah bekerja sama dan membantu kelancaran tugas akhir ini.
11. Terima kasih kepada teman-teman angkatan 2021 yang telah bekerja sama, memberikan dukungan dan semangat kepada penulis selama masa perkuliahan dan penyelesaian tugas akhir ini.

Dalam menyusun laporan 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, Januari 2025



Ida Nurwalidaini

## DAFTAR ISI

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
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xvi
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Ruang Lingkup .....	3
1.5. Metode Pengumpulan Data.....	3
1.6. Rencana Sistematika Penulisan .....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1. Beton.....	6
2.2. Nanoteknologi .....	7
2.2.1. Kelebihan Penggunaan Nanoteknologi dalam Konstruksi .....	8
2.2.2. Kekurangan Penggunaan Nanoteknologi dalam Konstruksi .....	9
2.3. Nanosilika.....	10
2.3.1. Karakteristik Nanosilika .....	11
2.3.2. Kelebihan Nanosilika dalam Konstruksi .....	12
2.3.3. Kekurangan Nanosilika dalam Konstruksi .....	13
2.4. Proses Sintesis .....	14
2.4.1. Metode Presipitasi .....	15
2.4.2. Metode Sol-Gel .....	17
2.4.3. Metode Hidrotermal .....	18

2.5.	<i>Fly ash</i> .....	18
2.6.	Temperatur Pengeringan.....	21
2.7.	Pengujian Mikrostruktur.....	22
	2.7.1. <i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i> .....	22
	2.7.2. <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	23
	2.7.3. <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i> .....	24
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b> .....		26
3.1.	Studi Literatur.....	26
3.2.	Alur Penelitian.....	26
3.3.	Material.....	28
	3.3.1. <i>Fly Ash</i> .....	28
	3.3.2. Larutan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	28
	3.3.3. Larutan NaOH.....	29
	3.3.4. Air Suling.....	29
3.4.	Peralatan .....	29
	3.4.1. Timbangan Digital.....	30
	3.4.2. Saringan 200 mesh .....	30
	3.4.3. Gelas <i>Beaker</i> .....	30
	3.4.4. Erlenmeyer .....	31
	3.4.5. Corong Kaca.....	31
	3.4.6. Gelas Ukur.....	32
	3.4.7. Spatula.....	32
	3.4.8. Batang Pengaduk.....	33
	3.4.9. Kertas Saring .....	33
	3.4.10. Sarung Tangan .....	34
	3.4.11. pH Meter .....	34
	3.4.12. <i>Hot Plate</i> .....	35
	3.4.13. Cawan Porselen.....	35
	3.4.14. Cawan Petri.....	36
	3.4.15. Oven.....	36
	3.4.16. Alat Pengujian Refluks .....	37
	3.4.17. Alat Pengujian Titrasi .....	37
	3.4.18. Mortar dan Alu.....	38
	3.4.19. Alat Pengujian <i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i> .....	38
	3.4.20. Alat Pengujian <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i> .....	39
	3.4.21. Alat Pengujian <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i> .....	39
3.5.	Prosedur Penelitian .....	40
	3.5.1. Tahap 1 .....	40

3.5.2. Tahap 2 .....	40
3.5.3. Tahap 3 .....	41
3.5.4. Tahap 4 .....	46
3.5.5. Tahap 5 .....	46
3.5.6. Tahap 6 .....	51
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>52</b>
4.1. Pengujian Mikrostruktur .....	52
4.1.1. <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF) .....	52
4.1.2. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	56
4.1.3. <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	68
<b>BAB 5 PENUTUP.....</b>	<b>71</b>
5.1. Kesimpulan .....	71
5.2. Saran .....	72
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>74</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Perbandingan kuat tekan beton dengan campuran nanosilika (Rakesha dkk., 2022) .....	12
Gambar 2.2. Metode <i>top-down</i> dan <i>bottom-up</i> (Tripathy dkk., 2023).....	15
Gambar 2.3. Ilustrasi singkat sintesis partikel silika dengan metode presipitasi (Made dkk., 2021).....	17
Gambar 2.4. Pengaruh temperatur pengeringan terhadap kadar silika (Meriatna dkk., 2015) .....	21
Gambar 2.5. Contoh hasil uji XRF (Fatimah, 2022).....	23
Gambar 2.6. Contoh hasil uji XRD (Imoisili dkk., 2022).....	24
Gambar 2.7. Contoh hasil uji SEM (Vashistha dkk., 2019).....	25
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian.....	27
Gambar 3.2. <i>Fly ash</i> .....	28
Gambar 3.3. Larutan H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	28
Gambar 3.4. Larutan NaOH .....	29
Gambar 3.5. Air Suling .....	29
Gambar 3.6. Timbangan digital .....	30
Gambar 3.7. Saringan 200 mesh .....	30
Gambar 3.8. Gelas <i>beaker</i> .....	31
Gambar 3.9. Erlenmeyer .....	31
Gambar 3.10. Corong kaca .....	32
Gambar 3.11. Gelas ukur .....	32
Gambar 3.12. Spatula.....	33
Gambar 3.13. Batang pengaduk.....	33
Gambar 3.14. Kertas saring.....	34
Gambar 3.15. Sarung tangan.....	34
Gambar 3.16. pH meter.....	35
Gambar 3.17. <i>Hot plate</i> .....	35
Gambar 3.18. Cawan porselen .....	36
Gambar 3.19. Cawan petri .....	36
Gambar 3.20. Oven .....	37



Gambar 3.21. Alat pengujian refluks .....	37
Gambar 3.22. Alat pengujian titrasi .....	38
Gambar 3.23. Mortar dan alu .....	38
Gambar 3.24. Alat pengujian <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF) .....	39
Gambar 3.25. Alat pengujian <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	39
Gambar 3.26. Alat pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	40
Gambar 3.27. Penyaringan <i>fly ash</i> .....	41
Gambar 3.28. Penimbangan <i>fly ash</i> .....	41
Gambar 3.29. Pengolahan <i>fly ash</i> menggunakan larutan 1 N H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	42
Gambar 3.30. Penyaringan <i>fly ash</i> dari larutan 1 N H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	42
Gambar 3.31. Pencucian <i>fly ash</i> dari larutan 1 N H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	42
Gambar 3.32. Pengeringan <i>fly ash</i> dengan variasi temperatur 80°C, 100°C, dan 120°C .....	43
Gambar 3.33. Proses refluks .....	43
Gambar 3.34. Penyaringan natrium silikat.....	44
Gambar 3.35. Proses titrasi .....	44
Gambar 3.36. Pencucian gel silika .....	45
Gambar 3.37. Pengeringan gel silika .....	45
Gambar 3.38. Penghalusan sampel .....	45
Gambar 3.39. Membuka <i>New project</i> pada aplikasi origin.....	47
Gambar 3.40. Memindahkan data dari excel ke aplikasi origin.....	47
Gambar 3.41. Membuat grafik dengan <i>Plot Stacked Lines Y by Offset</i> .....	48
Gambar 3.42. Setelah data di plot .....	48
Gambar 3.43. Memulai analisis pada aplikasi origin.....	48
Gambar 3.44. Klik <i>Peaks Info</i> .....	49
Gambar 3.45. Mencari nilai maksimum dari intensitas pada excel XRD .....	49
Gambar 3.46. Memasukkan nilai 2-theta pada aplikasi origin .....	49
Gambar 3.47. Mencari luas area puncak .....	50
Gambar 3.48. Mencari luas area total .....	50
Gambar 3.49. Grafik luas area total .....	51
Gambar 4.1. Keberadaan senyawa pada temperatur pengeringan 80°C .....	57
Gambar 4.2. Keberadaan senyawa pada temperatur pengeringan 100°C .....	57

Gambar 4.3. Keberadaan senyawa pada temperatur pengeringan 120°C .....	58
Gambar 4.4 Hasil XRD variasi temperatur pengeringan 80°C .....	59
Gambar 4.5. Hasil XRD variasi temperatur pengeringan 100°C .....	59
Gambar 4.6. Hasil XRD variasi temperatur pengeringan 120°C .....	60
Gambar 4.7. Hasil perhitungan luas area titik puncak temperatur pengeringan 80°C .....	61
Gambar 4.8. Grafik luas area titik puncak temperatur pengeringan 80°C .....	61
Gambar 4.9. Hasil perhitungan luas area total temperatur pengeringan 80°C .....	62
Gambar 4.10. Hasil perhitungan luas area titik puncak temperatur 100°C .....	62
Gambar 4.11. Grafik luas area titik puncak temperatur pengeringan 100°C .....	63
Gambar 4.12. Hasil perhitungan luas area total temperatur pengeringan 100°C ..	63
Gambar 4.13. Hasil perhitungan luas area titik puncak temperatur 120°C .....	64
Gambar 4.14. Grafik luas area titik puncak dengan variasi temperatur pengeringan 120°C .....	64
Gambar 4.15. Hasil perhitungan luas area total temperatur pengeringan 120°C ..	65
Gambar 4.16. Hasil uji SEM variasi temperatur pengeringan 80°C .....	68
Gambar 4.17. Hasil uji SEM variasi temperatur pengeringan 100°C .....	69
Gambar 4.18. Hasil uji SEM variasi temperatur pengeringan 120°C .....	69

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Komposisi <i>fly ash</i> .....	20
Tabel 4.1. Hasil pengujian XRF variasi temperatur pengeringan 80°C .....	53
Tabel 4.2. Hasil pengujian XRF variasi temperatur pengeringan 100°C.....	53
Tabel 4.3. Hasil pengujian XRF variasi temperatur pengeringan 120°C.....	54
Tabel 4.4. Hasil perhitungan ukuran kristal variasi temperatur pengeringan 80°C .....	65
Tabel 4.5. Hasil perhitungan ukuran kristal variasi temperatur pengeringan 100°C .....	66
Tabel 4.6. Hasil perhitungan ukuran kristal variasi temperatur pengeringan 120°C .....	66
Tabel 4.7. Perbandingan nilai kristalin, amorf, dan ukuran kristal .....	66

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Di era perkembangan konstruksi modern saat ini, industri pembangunan telah mengalami banyak inovasi dan kemajuan teknologi yang signifikan. Salah satu bahan konstruksi yang terus menjadi fokus utama dan semakin relevan adalah beton. Beton terbentuk dari campuran material seperti agregat kasar, agregat halus, semen, dan air. Beton telah menjadi tulang punggung dalam mendukung berbagai proyek konstruksi di seluruh dunia. Keunggulan utama beton dalam konstruksi modern adalah kekuatan, ketahanan, serta fleksibilitas yang tinggi. Hal ini menjadikan beton sebagai pilihan yang optimal untuk berbagai jenis bangunan.

Namun, penggunaan beton juga menghadapi tantangan terutama terkait dengan dampak lingkungan. Produksi semen sebagai komponen utama dalam beton menjadi salah satu penyumbang emisi karbon terbesar di dunia yaitu sekitar 6-7% per tahun (Permana, 2024). Oleh karena itu, banyak penelitian dan pengembangan yang difokuskan pada pembuatan beton yang lebih ramah lingkungan untuk mengurangi penggunaan semen dan menekan emisi karbon.

Penerapan nanoteknologi dalam pengembangan beton merupakan salah satu kemajuan signifikan yang menawarkan potensi untuk meningkatkan performa dan fungsionalitas beton dalam industri konstruksi. Dengan bantuan nanoteknologi, sifat-sifat beton dapat lebih ditingkatkan untuk memenuhi kebutuhan konstruksi modern yang semakin kompleks dan menuntut efisiensi yang lebih tinggi. Nanoteknologi dalam beton melibatkan penggunaan partikel nano, seperti nanosilika, nano-titanium dioksida, dan nano-aluminium oksida, yang ditambahkan ke dalam campuran beton.

Nanosilika adalah bentuk silika dengan ukuran partikel yang sangat kecil, biasanya dalam skala nanometer. Material ini memiliki berbagai aplikasi potensial, mulai dari aditif dalam industri semen dan beton, penguat dalam material komposit, hingga sebagai bahan dalam pembuatan perangkat elektronik, sensor, dan katalis. Nanosilika meningkatkan kinerja beton dengan berbagai cara. Dengan mengisi pori-pori mikro di antara partikel semen, nanosilika membuat beton lebih padat dan

kuat. Ukurannya yang kecil mengurangi porositas dan meningkatkan ketahanan terhadap air dan zat kimia. Nanosilika juga meningkatkan daya tahan terhadap serangan kimia, abrasi, dan siklus beku-cair, serta mengurangi risiko retak akibat pemuaian termal. Penggunaannya mempermudah pengecoran tanpa mengurangi kekuatan. Nanosilika telah berhasil diterapkan pada beton pra-cetak, beton berkinerja tinggi, beton ramah lingkungan, dan beton serat. Proses sintesis nanosilika umumnya melibatkan bahan baku yang mahal dan proses yang kompleks. Maka dari itu, untuk menghasilkan nanosilika kita dapat menggunakan limbah seperti *fly ash*.

*Fly ash* merupakan residu hasil pembakaran batu bara yang sering kali dianggap sebagai limbah industri. Namun, *fly ash* memiliki potensi yang besar untuk diolah menjadi material bernilai tinggi yaitu sebagai sumber bahan baku dalam proses sintesis nanosilika karena kandungan silika yang tinggi di dalamnya. Dengan memanfaatkan *fly ash* untuk menghasilkan nanosilika, tidak hanya mengurangi limbah industri tetapi juga mengurangi ketergantungan pada bahan baku konvensional yang lebih mahal dan berpotensi merusak lingkungan.

Proses sintesis nanosilika umumnya melibatkan berbagai tahap, termasuk *pre-treatment* untuk menghilangkan impuritas, ekstraksi silika, dan pembentukan partikel nanosilika melalui metode seperti *sol-gel*, hidrolisis, atau pengendapan kimia. Metode presipitasi adalah salah satu teknik yang efektif untuk menghasilkan nanosilika dari *fly ash*. Proses ini melibatkan pengendapan silika dari larutan yang mengandung ion-ion silikat. Salah satu faktor penting yang memengaruhi karakteristik akhir dari nanosilika yang dihasilkan adalah temperatur pengeringan selama proses presipitasi. Variasi temperatur pengeringan dapat memengaruhi sifat-sifat nanosilika yang disintesis dari *fly ash* menggunakan metode presipitasi, termasuk ukuran partikel, morfologi, dan kemurnian.

Dengan demikian, penelitian ini difokuskan pada upaya sintesis nanosilika dari *fly ash* sebagai bahan campuran beton, yang diharapkan dapat meningkatkan kualitas mekanik dan durabilitas beton. Selain itu, pemanfaatan *fly ash* dalam penelitian ini juga menjadi langkah strategis untuk mengurangi limbah industri dan mendukung pengembangan material berkelanjutan. Kajian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam inovasi teknologi material konstruksi

sekaligus solusi terhadap permasalahan lingkungan.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah pada penelitian ini yaitu bagaimana pengaruh variasi temperatur pengeringan terhadap karakteristik nanosilika yang disintesis dari *fly ash* melalui metode presipitasi, serta mengevaluasi kontribusi karakteristik nanosilika terhadap peningkatan kinerja dan kualitas beton sebagai bahan tambahan dalam campuran beton.

## 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi efisiensi sintesis nanosilika dari *fly ash* melalui metode presipitasi, serta menganalisis pengaruh variasi temperatur pengeringan terhadap karakteristik nanosilika dan perannya dalam meningkatkan performa beton.

## 1.4. Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam penelitian ini mencakup hal-hal sebagai berikut:

1. Limbah *fly ash* yang lolos saringan 200 mesh sebanyak 50 gram.
2. Larutan 1 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 150 ml dan 6 N H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 10 ml.
3. Oven untuk pengeringan.
4. Larutan 2 N NaOH 150 ml.
5. Alat refluks.
6. Alat titrasi.
7. Metode presipitasi untuk menghasilkan nanosilika.
8. Variasi temperatur pengeringan yang diterapkan (80°C, 100°C, dan 120°C).
9. Analisis mikrostruktur dengan pengujian *X-Ray Fluorescence* (XRF), *X-Ray Diffraction* (XRD), dan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

## 1.5. Metode Pengumpulan Data

Metode yang diterapkan dalam pengumpulan data pada penelitian tugas akhir terkait analisis sintesis nanosilika berbahan dasar *fly ash* menggunakan metode presipitasi dengan variasi temperatur pengeringan menggunakan dua metode, yaitu

sebagai berikut:

1. Data Primer

Data primer diperoleh melalui pengujian yang dilaksanakan di laboratorium serta hasil bimbingan dengan dosen pembimbing secara langsung.

2. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh melalui sumber tidak langsung, yakni objek penelitian serta informasi yang diperoleh dari literatur yang diakses melalui internet. Pada penelitian tugas akhir, data sekunder terdiri dari studi pustaka yang digunakan sebagai referensi relevan terkait dengan topik yang dibahas dalam penelitian.

## **1.6. Rencana Sistematika Penulisan**

Rencana sistematika penulisan dalam laporan tugas akhir terkait analisis sintesis nanosilika berbahan dasar *fly ash* menggunakan metode presipitasi dengan variasi temperatur pengeringan yaitu sebagai berikut:

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab ini mencakup latar belakang penelitian tugas akhir, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, metode pengumpulan data, serta sistematika penulisan yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini.

### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini memuat kajian literatur yang dijadikan dasar teori dalam tugas akhir, yang mencakup penjelasan mengenai definisi serta konsep-konsep yang relevan dari berbagai sumber pustaka dan literatur terkait analisis sintesis nanosilika berbahan dasar *fly ash* menggunakan metode presipitasi dengan variasi temperatur pengeringan.

### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan terkait material dan peralatan uji yang digunakan dalam tugas akhir, serta proses pelaksanaan penelitian yang mencakup bagaimana proses sintesis nanosilika berbahan dasar *fly ash* menggunakan metode presipitasi dengan

variasi temperatur pengeringan.

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

Bab ini memaparkan hasil analisis data yang diperoleh melalui pengujian laboratorium terkait analisis sintesis nanosilika berbahan dasar *fly ash* menggunakan metode presipitasi dengan variasi temperatur pengeringan.

#### **BAB 5 PENUTUP**

Bab ini memuat kesimpulan dan saran yang dihasilkan melalui penelitian tugas akhir yang digunakan sebagai acuan ke depannya.

#### **DAFTAR PUSTAKA**



## DAFTAR PUSTAKA

- Alterary, S. S., & Marei, N. H. (2021). Fly ash properties, characterization, and applications: A review. *Journal of King Saud University - Science*, 33(6), Article 101536. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101536>
- Hadinata, J., & Djayaprabha, H. S. (2024). Pengaruh variasi kadar natrium sulfat terhadap kekuatan tekan dan modulus elastisitas beton super sulfated cement. *5th CEEDRIMS 2024*, 5(1), 127–135.
- Hamzah, M. S., Wildan, M. W., Kusmono, & Suharyadi, E. (2023). Effect of sintering temperature on physical, mechanical, and electrical properties of nano silica particles synthesized from Indonesia local sand for piezoelectric application. *Journal of Asian Ceramic Societies*, 11(1), 178–187. <https://doi.org/10.1080/21870764.2023.2173851>
- Hasri, H., Fauziah, F., & Negara, P. J. (2021). Sintesis nanosilika pasir pantai Takalar menggunakan metode hidrotermal. *Sainsmat: Jurnal Ilmiah Ilmu Pengetahuan Alam*, 10(2), 165. <https://doi.org/10.35580/sainsmat102262212021>
- Hidayati, A., & Arrafii, M. H. (2023). Sintesis Nanopartikel Silika (Si-NPs) dan Aplikasinya dalam Berbagai Bidang Teknologi. *Jurnal Teknologi dan Rekayasa*, 12(1), 25-40.
- Hu, Y., Xu, Y., Wang, H., Ren, H., & He, Y. (2024). Assessment of an automated titration system for batch measurements of total alkalinity. *Marine Chemistry*, 104435. <https://doi.org/10.1016/j.marchem.2024.104435>
- Imoisili, P. E., Nwanna, E. C., & Jen, T. C. (2022). Facile Preparation and Characterization of Silika Nanoparticles from South Africa Fly ash Using a Sol–Gel Hydrothermal Method. *Processes*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/pr10112440>
- Irzaman, Indro, M. N., & Gestarina, Z. (2021). Sintesis nanosilika dari ampas tebu menggunakan metode hidrotermal dengan variasi suhu. IPB University. Retrieved from <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/108820>.
- Jahan Tamanna, N., Sahadat Hossain, M., Mohammed Bahadur, N., & Ahmed, S. (2024). Green synthesis of Ag<sub>2</sub>O & facile synthesis of ZnO and characterization using FTIR, bandgap energy & XRD (Scherrer equation, Williamson-Hall, size-train plot, Monshi- Scherrer model). *Results in Chemistry*, 7 (December 2023), 101313. <https://doi.org/10.1016/j.rechem.2024.101313>
- Janasree, P., & Kumar, M. K. (2018). Synthesis and characterization of nanosilika from rice husk ash by precipitation method for chemically synthesized nanocement. *International Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, Vol.5, Issue 8, page no.314-319
- Jayadurgalakshmi, M., Suganya, N., & Udhaya Kumar, T. (2023). A state-of-the-art review: Mechanical properties of lightweight concrete by utilizing sintered fly ash aggregate. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.05.511>
- Joni, I. M., Rukiah, & Panatarani, C. (2021). Synthesis of silika particles by precipitation method of sodium silicate: Effect of temperature, pH and mixing technique. *AIP Conference Proceedings*, 2219.

- <https://doi.org/10.1063/5.0003074>
- Kamath, M., Prashant, S., & Ralegaonkar, R. (2023). Microstructure properties of popular alkali-activated pastes cured in ambient temperature. *Buildings*, 13(4), 858. <https://doi.org/10.3390/buildings13040858>
- Laksono, A., Chandra, D., & Baniva, R. (2024). Analisis Pengaruh Penggunaan Nano Silika Sebagai Substitusi Semen Terhadap Kuat Tekan Beton Fc' 25 MPa. *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*.
- Meriatna, Maulinda, L., Khalil, M., & Zulmiardi. (2015). Pengaruh Temperatur Pengeringan dan Konsentrasi Asam Sitrat Pada Pembuatan Silika Gel dari Sekam Padi Vol. 4, No. 1)
- Moradi, H., & Mehradnia, F. (2023). Enhancement of X-ray diffractometer results through parameter control and calibration. *Applied Physics*, 2(3), 105–113. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.10786>
- Navarro-Pardo, F., Martínez-Barrera, G., Martínez-Hernández, A. L., Castaño, V. M., Rivera-Armenta, J. L., Medellín-Rodríguez, F., & Velasco-Santos, C. (2013). Effects on the thermo-mechanical and crystallinity properties of nylon 6,6 electrospun fibres reinforced with one dimensional (1D) and twodimensional (2D) carbon. *Materials*, 6(8), 3494–3513. <https://doi.org/10.3390/ma6083494>
- Pradipa, B. R. C., & Praja, B. A. (2023). *Material Penyusun dan Formula Campuran Beton untuk Produk PCI Girder. Seminar Nasional Penerapan Iptek pada Masyarakat (SENAPAS)*. Diakses dari <https://ojs.uajy.ac.id/index.php/SENAPAS/article/view/9256>
- Priastiwi, ST. MT., Y. A., Wibowo, H., Puwanto, P., Hidayat, A., Ulayya, I., & Carita, N. (2024). Pengaruh Air Laut terhadap Kuat Tekan, Permeabilitas, dan Mikrostruktur Beton Geopolimer dengan Flyash dan Tanah Putih sebagai Pengganti Semen. *MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL*, 30(1), 65-74. <https://doi.org/10.14710/mkts.v30i1.63604>
- Rafieizonooz, M., Jay Kim, J. H., Kim, J. su, Jo, J. Bin, & Khankhaje, E. (2024). Microstructure, XRD, and strength performance of ultra-high-performance lightweight concrete containing artificial lightweight fine aggregate and silica fume. *Journal of Building Engineering*, 94(June), 109967. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.109967>
- Rakesha K J, C. V. S. Nagendra, & N. Jayaramappa. (2024). Influence of Nano Silika On Properties of Cement Concrete. *International Research Journal on Advanced Engineering Hub (IRJAEH)*, 2(06), 1678–1682. <https://doi.org/10.47392/IRJAEH.2024.0231>
- Rosanti, I., Ariyansyah, R., Utomo, S., Marini, L., Permatasary, I., & Mega, M. S. (2024). Analisa perbandingan komposisi agregat halus pasir kuarsa dan fly ash pada beton geopolimer berbasis binder kalium hidroksida terhadap kuat tekan dan daya serap beton. *Jurnal Poli-Teknologi*, 23(1), 29-39. <https://doi.org/10.32722/pt.v23i1.6037>
- Sögaard, C., Hagström, M., & Abbas, Z. (2023). Temperature and Particle-size Effects on the Formation of Silika Gels from Silika Sols. *Silicon*, 15(8), 3441–3451. <https://doi.org/10.1007/s12633-022-02270-w>
- Sopa, Y. M. N. R., Nisumanti, S., & Chandra, D. (2023). Pengaruh penambahan silica fume terhadap kuat tekan beton Fc'25. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (PROTEKSI)*, 5(1), 1-6.

- <https://doi.org/10.26740/proteksi.v5n1.p1-6>
- Sudiarta, I. W., Angraini, L. M., & Anggarani, N. (2022). Comparison of infrared and optocoupler sensors performance for lab-scale RPM measurement system. *Indonesian Physical Review*, 5(2), 130–136.
- Tripathy, S., Rodrigues, J., & Shimpi, N. G. (2023). Top-down and bottom-up approaches for synthesis of nanoparticles. *Nanobiomaterials, Materials Research Foundations*, 145, 92-130. <https://doi.org/10.21741/9781644902370-4>
- Vashistha, P., Singh, S. K., Dutt, D., & Kumar, V. (2019). Synthesis of nanosilika from *fly ash* and its utilization with lime sludge in concrete: an environmentally friendly and sustainable solution. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 21(9), 1841–1853. <https://doi.org/10.1007/s10098-019-01753-6>
- Yadong Li & Shoushan Fan. (2023). Nanomaterials for Energy Conversion and Storage: Fundamentals, Methods, and Applications. *Nano Research*, 16(3), 1-24.
- Yan, M., Zhou, Z., Zheng, R., Jiang, J., Feng, H., Yu, C., Zhu, G., & Hantoko, D. (2021). Low-temperature sintering behavior of fly ash from hazardous waste incinerator: Effect of temperature and oxygen on ash properties. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9(6), 105261. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105261>
- Zhao, J., Wang, K., Wang, S., Wang, Z., Yang, Z., Shumuye, E. D., & Gong, X. (2021). Effect of elevated temperature on mechanical properties of high-volume fly ash-based geopolymer concrete, mortar, and paste cured at room temperature. *Polymers*, 13(9), 1473. <https://doi.org/10.3390/polym13091473>