

## **TUGAS AKHIR**

# **ANALISIS SINTESIS NANOSILIKA BERBAHAN DASAR *FLY ASH* MENGGUNAKAN METODE SOL GEL DENGAN VARIASI WAKTU PEMANASAN**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik  
pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya



**M AL'GHAFHAAR**

**03011382126108**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2025**

## PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

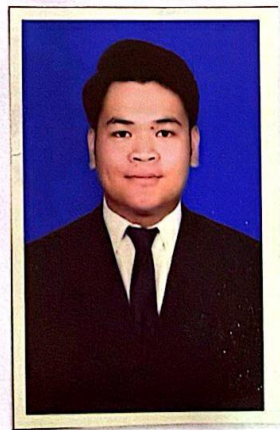
Nama : M Al'Ghafhaar

NIM : 03011382126108

Judul : Analisis Sintesis Nanosilika Berbahan Dasar *Fly Ash* Menggunakan Metode Sol-Gel dengan Variasi Waktu Pemanasan

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 2025



**M Al'Ghafhaar**  
NIM. 03011382126108

## HALAMAN PENGESAHAN

# ANALISIS SINTESIS NANOSILIKA BERBAHAN DASAR *FLY ASH* MENGGUNAKAN METODE SOL-GEL DENGAN VARIASI WAKTU PEMANASAN

## TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelas Sarjana Teknik

Oleh:

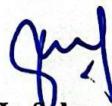
**M AL'GHAFHAAR**

**03011382126108**

**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 Sol-Gel dengan Variasi Waktu Pemanasan” yang disusun oleh M Al’Ghafhaar, NIM. 03011382126108 telah dipertahankan di depan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 21 Desember 2024.

Palembang, 21 Desember 2024

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Tugas Akhir:

Ketua:

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

(  )

Anggota:

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

(  )

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ir. Bilakli 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 : M Al'Ghafhaar

NIM : 03011382126108

Judul : Analisis Sintesis Nanosilika Berbahan Dasar *Fly Ash* Menggunakan Metode Sol-Gel dengan Variasi Waktu Pemanasan

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



M AL'GHAFHAAR

NIM. 030113821126108

## RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : M Al'Ghafhaar  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Status : Belum menikah  
Agama : Islam  
Warga negara : Indonesia  
Nomor HP : 0895620353882  
E-mail : malghafarmalghafar@gmail.com

### Riwayat Pendidikan:

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Pendidikan	Masa
SDN 179 PALEMBANG	-	-	SD	2009 - 2015
SMPN 3 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,



M AL'GHAFHAAR  
NIM. 03011382126108

## RINGKASAN

ANALISIS SINTESIS NANOSILIKA BERBAHAN DASAR *FLY ASH* MENGGUNAKAN METODE SOL-GEL DENGAN VARIASI WAKTU PEMANASAN

Karya Tulis Ilmiah Berupa Tugas Akhir,

M Al'Ghafhaar; Dimbing oleh Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xix + 65 halaman, 71 gambar, 14 tabel

Partikel nanosilika merupakan silika berukuran sangat kecil dengan skala nanometer, yaitu 1-100 nm. Oleh karena itu, beton yang dihasilkan memiliki sifat mekanik dan kimia berbeda apabila struktur atom atau molekulnya dibuat dalam rentang ukuran 1 hingga 10 nm. Dengan ukurannya yang sangat kecil, yaitu kurang dari 100 nm, nanosilika sangat cocok dihasilkan sintesis dari limbah *fly ash*. *Fly ash* dapat digunakan sebagai material penyusun pada semen dan juga dapat dicampur metanol dengan perbandingan yang tepat. Material penyusun lainnya berupa HCl, NaOH, Ammonia, dan air demin. Penelitian ini menggunakan variasi waktu pemanasan 2 jam, 3 jam, dan 4 jam dengan melakukan pengujian mikrostruktur untuk menganalisis hasil sintesis berupa *X-Ray Diffraction* (XRD), *X-Ray Fluorescence* (XRF), dan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Berdasarkan pengujian diperoleh bahwa waktu pemanasan yang relatif bagus selama proses sintesis menggunakan metode sol gel adalah 2 jam yang menghasilkan kemurnian silika 57,92% serta ukuran kristal sebesar 29 nm dengan kristalin sebanyak 2,86% dan amorf sebanyak 97,14%. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu pemanasan, maka akan semakin kecil ukuran silika yang dihasilkan dan semakin cepat waktu pemanasan, maka akan semakin besar ukuran silika yang dihasilkan dan jumlahnyaapun akan semakin banyak.

**Kata kunci:** *Fly Ash*, Sol-Gel, Nanosilika, XRF, XRD, SEM

## SUMMARY

### ANALISYS OF SYNTHESIS NANOSILICA BASED ON FLY ASH USING SOL-GEL METHOD WITH VARIATION OF HEATING TIME

Scientific papers in form of Final Projects,

M Al'Ghafhaar; Guide by Advisor Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.

Civil Engineering, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

xix + 65 pages, 71 images, 14 tables

*Nanosilica particles are silica of very small size on the nanometer scale, namely 1-100 nm. Therefore, the resulting concrete has different mechanical and chemical properties when its atomic or molecular structure is created within the size range of 1 to 10 nm. With its very small size, less than 100 nm, nanosilica is very suitable to be synthesized from fly ash waste. Fly ash can be used as a constituent material in cement and can also be mixed with methanol in the right proportion. Other constituent materials include HCl, NaOH, Ammonia, and demineralized water. This research uses heating time variations of 2 hours, 3 hours, and 4 hours, with microstructure testing to analyze the synthesis results in the form of X-Ray Diffraction (XRD), X-Ray Fluorescence (XRF), and Scanning Electron Microscope (SEM). Based on the tests, it was found that the relatively good heating time during the synthesis process using the sol-gel method is 2 hours, which produces silica purity of 57.92% and a crystal size of 29 nm with 2.86% crystalline and 97.14% amorphous. From this research, it can be concluded that the longer the heating time, the smaller the silica size produced, and the shorter the heating time, the larger the silica size produced and the greater the quantity.*

**Keyword:** *Fly Ash, Sol-Gel, Nanosilica, XRF, XRD, SEM*



# ANALISIS SINTESIS NANOSILIKA BERBAHAN DASAR FLY ASH MENGGUNAKAN METODE SOL-GEL DENGAN VARIASI WAKTU PEMANASAN

M Al'Ghafhaar<sup>1)</sup>, Saloma<sup>2)</sup>

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

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

## Abstrak

Partikel nanosilika merupakan silika berukuran sangat kecil dengan skala nanometer, yaitu 1-100 nm. Oleh karena itu, beton yang dihasilkan memiliki sifat mekanik dan kimia berbeda apabila struktur atom atau molekulnya dibuat dalam rentang ukuran 1 hingga 10 nm. Dengan ukurannya yang sangat kecil, yaitu kurang dari 100 nm, nanosilika sangat cocok dihasilkan sintesis dari limbah *fly ash*. *Fly ash* dapat digunakan sebagai material penyusun pada semen dan juga dapat dicampur metanol dengan perbandingan yang tepat. Material penyusun lainnya berupa HCl, NaOH, Ammonia, dan air demin. Penelitian ini menggunakan variasi waktu pemanasan 2 jam, 3 jam, dan 4 jam dengan melakukan pengujian mikrostruktur untuk menganalisis hasil sintesis berupa *X-Ray Diffraction* (XRD), *X-Ray Fluorescence* (XRF), dan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Berdasarkan pengujian diperoleh bahwa waktu pemanasan yang relatif bagus selama proses sintesis menggunakan metode sol gel adalah 2 jam yang menghasilkan kemurnian silika 57,92% serta ukuran kristal sebesar 29 nm dengan kristalin sebanyak 2,86% dan amorf sebanyak 97,14%. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu pemanasan, maka akan semakin kecil ukuran silika yang dihasilkan dan semakin cepat waktu pemanasan, maka akan semakin besar ukuran silika yang dihasilkan dan jumlahnya pun akan semakin banyak.

**Kata kunci:** *Fly Ash*, Sol-Gel, Nanosilika, XRF, XRD, SEM

Palembang, Januari 2025  
Diperiksa dan disetujui oleh,  
Dosen Pembimbing



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



# ANALISYS OF SYNTHESIS NANOSILICA BASED ON FLY ASH USING SOL-GEL METHOD WITH VARIATION OF HEATING TIME

M Al'Ghafhaar<sup>1)</sup>, Saloma<sup>2)</sup>

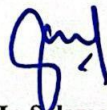
<sup>1)</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya  
E-mail: malghafarmalghafar@gmail.com

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

## Abstract

Nanosilica particles are silica of very small size on the nanometer scale, namely 1-100 nm. Therefore, the resulting concrete has different mechanical and chemical properties when its atomic or molecular structure is created within the size range of 1 to 10 nm. With its very small size, less than 100 nm, nanosilica is very suitable to be synthesized from fly ash waste. Fly ash can be used as a constituent material in cement and can also be mixed with methanol in the right proportion. Other constituent materials include HCl, NaOH, Ammonia, and demineralized water. This research uses heating time variations of 2 hours, 3 hours, and 4 hours, with microstructure testing to analyze the synthesis results in the form of X-Ray Diffraction (XRD), X-Ray Fluorescence (XRF), and Scanning Electron Microscope (SEM). Based on the tests, it was found that the relatively good heating time during the synthesis process using the sol-gel method is 2 hours, which produces silica purity of 57.92% and a crystal size of 29 nm with 2.86% crystalline and 97.14% amorphous. From this research, it can be concluded that the longer the heating time, the smaller the silica size produced, and the shorter the heating time, the larger the silica size produced and the greater the quantity.

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 Sol-Gel dengan Variasi Waktu Pemanasan**”. Pada kesempatan ini, penulis juga mengucapkan banyak terimakasih 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 Debby Yulinar Permata, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan arahan.
5. Dosen-dosen serta staf Jurusan Teknik Sipil yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini serta membantu penulis selama masa perkuliahan.
6. Terimakasih sebanyak-banyaknya kepada mama Roiana Situmorang., yang telah memberikan seluruh bentuk semangat, kasih sayang serta motivasi yang sangat keras kepada penulis dan juga selalu mendoakan kesuksesan dan semua proses penulis dalam perkuliahan hingga penyelesaian 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, Januari 2025

  
M Al'Ghafhaar

## DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR.....	i
PERNYATAAN INTEGRITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERETUJUAN.....	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.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Ruang Lingkup.....	3
1.5. Metode Pengumpulan Data.....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Beton.....	5
2.2. Nano teknologi.....	5
2.2.1. Kelebihan Penggunaan Nano Teknologi Dalam Konstruksi.....	7
2.3. <i>Fly Ash</i> .....	8
2.4. Nanosilika.....	10
2.5. Metode Sintesis.....	11

2.5.1. Sol Gel .....	13
2.5.2. Proses Sol Gel .....	13
2.5.3. Kimia Sol Gel .....	14
2.5.4. Pematangan ( <i>Ageing</i> ) .....	15
2.5.5. Pengeringan .....	15
2.6. Waktu Pemanasan.....	15
2.7. Pengujian Mikrostruktur.....	17
2.6.1. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	17
2.6.2. <i>Scanning Electron Microscope and Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy</i> (SEM) .....	18
2.6.3. <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF) .....	19
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	20
3.1. Studi Literatur.....	20
3.2. Alur Penelitian.....	20
3.3. Material.....	21
3.3.1. <i>Fly Ash</i> .....	22
3.3.2. HCL .....	22
3.3.3. NaOH.....	23
3.3.4. Methanol.....	23
3.3.5. Amonia.....	24
3.3.6. Air Demin .....	24
3.3.7. Air .....	25
3.4. Peralatan .....	25
3.4.1. Neraca Analitik.....	25
3.4.2. Oven .....	26
3.4.3. Saringan.....	26
3.4.4. <i>Hotplate</i> .....	27
3.4.5. Alat Pengujian <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	27
3.4.6. Alat Pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) .....	28
3.4.7. Alat <i>Jar Test</i> .....	28
3.4.8. <i>Beaker Glass</i> .....	29

3.4.9. Alat Pengujian <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF) .....	29
3.4.10. <i>Erlenmeyer</i> .....	30
3.4.11. Mortar .....	30
3.4.12. Corong Kaca .....	31
3.4.13. Kertas Filter .....	31
3.4.14. <i>Magnetic Stirrer</i> .....	32
3.4.15. Spatula .....	32
3.5. Tahapan Penelitian.....	33
3.5.1. Tahap 1 .....	33
3.5.2. Tahap 2 .....	33
3.5.3. Tahap 3 .....	33
3.5.4. Tahap 4 .....	34
3.5.5. Tahap 5 .....	34
3.5.6. Tahap 6 .....	35
3.5.7. Tahap 7 .....	35
3.5.8. Tahap 8 .....	36
3.5.9. Tahap 9 .....	37
3.5.10. Tahap 10 .....	38
3.5.11. Tahap 11.....	38
3.5.12. Tahap 12 .....	39
3.5.13. Tahap 13 .....	39
3.5.14. Tahap 14 .....	40
3.5.15. Tahap 15 .....	40
3.5.16. Tahap 16 .....	41
3.5.17. Tahap 17 .....	41
3.5.18. Tahap 18 .....	45
 BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	 46
4.1. Pengujian Mikrostruktur.....	46
4.1.1. <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF) .....	46
4.1.2. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	48
4.1.3. <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) .....	59

BAB 5 PENUTUP.....	61
5.1. Kesimpulan.....	61
5.2. Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA.....	63
DAFTAR LAMPIRAN.....	66

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Perbandingan kuat tekan beton tanpa dan dengan penambahan <i>nanosilica</i> (3% dan 5%) .....	8
Gambar 2.2. Diagram klasifikasi metode sintesis nanopartikel .....	11
Gambar 2.3. Skematik proses sol gel .....	14
Gambar 2.4. (a) Tahapan pembuatan sol dan (b) Tahapan pembuatan gel .....	15
Gambar 2.5. Difraksi XRD silika daun bambu .....	18
Gambar 2.6. Hasil SEM nanosilika .....	19
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian .....	21
Gambar 3.2. <i>Fly ash</i> .....	22
Gambar 3.3. Larutan HCL .....	22
Gambar 3.4. Larutan NaOH .....	23
Gambar 3.5. Methanol .....	23
Gambar 3.6. Larutan amonia .....	24
Gambar 3.7. Air demin .....	24
Gambar 3.8. Air .....	25
Gambar 3.9. Neraca analitik dengan ketelitian 0,001 gram .....	25
Gambar 3.10. Oven .....	26
Gambar 3.11. Saringan terlewat 200 .....	26
Gambar 3.12. <i>Hotplate</i> .....	27
Gambar 3.13. Alat pengujian <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	27
Gambar 3.14. Alat pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM) .....	28
Gambar 3.15. Alat <i>jar test</i> .....	28
Gambar 3.16. <i>Beaker glass</i> .....	29
Gambar 3.17. Alat pengujian <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF) .....	29
Gambar 3.18. <i>Erlenmeyer</i> .....	30
Gambar 3.19. Mortar .....	30
Gambar 3.20. Corong kaca .....	31
Gambar 3.21. Kertas filter .....	31
Gambar 3.22. <i>Magnetic stirrer</i> .....	32
Gambar 3.23. Spatula .....	32



Gambar 3.24. Menyaring <i>fly ash</i> .....	33
Gambar 3.25. Penimbangan sampel <i>fly ash</i> .....	34
Gambar 3.26. Menyiapkan <i>Fly Ash</i> di dalam <i>beaker glass</i> .....	34
Gambar 3.27. Mencampur HCL dengan <i>fly ash</i> .....	35
Gambar 3.28. <i>Fly Ash</i> yang telah tercampur HCL disaring .....	35
Gambar 3.29. Endapan dimasukkan ke dalam oven .....	36
Gambar 3.30. <i>Fly ash</i> dan NaOH dicampur dan dipanaskan di <i>hotplate</i> .....	36
Gambar 3.31. Penyaringan <i>fly ash</i> .....	37
Gambar 3.32. Pencampuran larutan ammonia, metanol, dan <i>fly ash</i> .....	37
Gambar 3.33. Larutan diaduk menggunakan <i>jar test</i> .....	38
Gambar 3.34. Sampel didiamkan selama 9 hari.....	38
Gambar 3.35. Endapan dicuci menggunakan air demin .....	39
Gambar 3.36. Dioven dengan variasi waktu pemanasan 2 jam, 3 jam, dan 4 jam .....	39
Gambar 3.37. Sampel dihaluskan menggunakan mortar .....	40
Gambar 3.38. Sampel dipindahkan ke dalam plastik <i>ziplock</i> .....	40
Gambar 3.39. <i>New project</i> .....	41
Gambar 3.40. Masukkan data excel .....	42
Gambar 3.41. Plot data menjadi <i>Stacked lines by Y offset</i> .....	42
Gambar 3.42. Setelah data diplot .....	42
Gambar 3.43. Klik <i>toolbox analysis</i> .....	43
Gambar 3.44. <i>Peak analyzer</i> .....	43
Gambar 3.45. Data intensitas maksimum .....	43
Gambar 3.46. Memasukkan data intensitas tertiggi .....	44
Gambar 3.47. Hasil luas area puncak.....	44
Gambar 3.48. Nilai luas area total.....	44
Gambar 3.49. Hasil luas area total .....	45
Gambar 4.1. Hasil XRD keberadaan senyawa variasi waktu pemanasan 2 jam...	49
Gambar 4.2. Hasil XRD keberadaan senyawa variasi waktu pemanasan 3 jam..	49
Gambar 4.3. Hasil XRD keberadaan senyawa variasi waktu pemanasan 4 jam...	50
Gambar 4.4. Hasil XRD variasi waktu pemanasan 2 jam.....	50
Gambar 4.5. Hasil XRD variasi waktu pemanasan 3 jam.....	51

Gambar 4.6. Hasil XRD variasi waktu pemanasan 4 jam.....	51
Gambar 4.7. Hasil perhitungan luas area titik puncak dengan variasi waktu 2 Jam pemanasan.....	52
Gambar 4.8. Grafik luas area titik puncak dengan variasi waktu 2 jam pemanasan .....	53
Gambar 4.9. Hasil perhitungan luas area total dengan variasi waktu 2 jam pemanasan.....	53
Gambar 4.10. Hasil perhitungan luas area titik puncak dengan variasi waktu 3 jam pemanasan.....	54
Gambar 4.11. Grafik luas area titik puncak variasi waktu 3 jam pemanasan .....	54
Gambar 4.12. Hasil perhitungan luas area total variasi waktu 3 jam pemanasan.....	55
Gambar 4.13. Hasil perhitungan luas area titik puncak dengan variasi waktu 4 jam pemanasan .....	55
Gambar 4.14. Grafik luas area titik puncak variasi waktu 4 jam pemanasan.....	56
Gambar 4.15. Hasil perhitungan luas area total variasi waktu 4 jam pemanasan.....	56
Gambar 4.16. Hasil SEM variasi waktu pemanasan (a) 2 Jam, (b) 3 jam, dan (c) 4 jam.....	59

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Hasil uji tekan beton mutu dengan campuran nanosilika.....	7
Tabel 2.2. Kelebihan dan kekurangan <i>fly ash</i> .....	9
Tabel 2.3. Klasifikasi <i>Fly Ash</i> .....	9
Tabel 2.4. Kelebihan dan kekurangan penggunaan nanosilika .....	10
Tabel 2.5. Kategori Nanopartikel yang Umumnya Disintesis Dengan Berbagai Metode .....	12
Tabel 2.6. Pengaruh Waktu Terhadap Pelarut dan Natrium Silikat Dalam Proses Sintesis <i>Nanosilica</i> .....	18
Tabel 4.1. Hasil XRF waktu pemanasan 2 jam .....	46
Tabel 4.2. Hasil XRF waktu pemanasan 3 jam .....	47
Tabel 4.3. Hasil XRF waktu pemanasan 3 jam .....	48
Tabel 4.4. Hasil perhitungan ukuran kristal dengan waktu pemanasan 2 jam .....	57
Tabel 4.5. Hasil perhitungan ukuran kristal dengan waktu pemanasan 3 jam .....	57
Tabel 4.6. Hasil perhitungan ukuran kristal dengan waktu pemanasan 4 jam .....	57
Tabel 4.7. Perbandingan Nilai Kristalin, Amorf, dan Ukuran Kristal.....	58
Tabel 4.8. Komposisi Kimia Semen Portland Jenis-1 .....	58

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Dalam dunia konstruksi bangunan, beton merupakan material yang paling populer digunakan. Beton umumnya digunakan karena memberikan kekuatan, daya tahan, dan keserbagunaan saat membangun struktur. Seiring berkembangnya waktu, dunia infrastruktur telah mengalami kemajuan dalam bidang material, salah satu contohnya yaitu nano material. Nano material yang paling umum digunakan dalam semen adalah nano-silika, nano-titania, nano-alumina, dan tabung nano karbon (Sanchez, 2010). Pembangunan gedung dan infrastruktur bangunan lain saat ini sudah semakin marak, sehingga penggunaan semen pun meningkat pesat. Peningkatan penggunaan semen sebagai bahan bangunan menyebabkan berbagai dampak negatif terhadap lingkungan, seperti menghasilkan gas karbondioksida yang berlebihan. Maka dari itu, untuk mengatasi dampak negatif tersebut mulai digunakan *fly ash* sebagai pengganti semen. Penggunaan *fly ash* dan *nanosilica* yang lebih ramah lingkungan ini juga agar mengurangi penggunaan semen.

Partikel nanosilika merupakan silika berukuran sangat kecil dengan skala nanometer, yaitu 1-100 nm. Oleh karena itu, beton yang dihasilkan memiliki sifat mekanik dan kimia berbeda apabila struktur atom atau molekulnya dibuat dalam rentang ukuran 1 hingga 10 nm, dibandingkan beton yang menggunakan bahan berskala mikro. Partikel silika berskala nanometer ini diperoleh melalui proses pembakaran sekam padi. Dengan ukurannya yang sangat kecil, yaitu kurang dari 100 nm, nanosilika memiliki potensi besar untuk dikembangkan di masa mendatang.

Berbagai industri memanfaatkan silika secara luas. *Nanosilica* yang digunakan sebagai penelitian umumnya berasal dari bahan limbah industri semi konduktor. Sifat *nanosilica* mempunyai kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan baja. Selain itu, partikel nanosilika memiliki ketahanan yang tinggi terhadap berbagai kondisi buruk. Penambahan partikel nanosilika meningkatkan ketahanan beton terhadap siklus beku cair. Siklus ini dapat menyebabkan kerusakan seperti retak dan keropos.

Terdapat berbagai metode yang cocok untuk bahan *fly ash*. Salah satunya adalah metode *sol-gel*. Pendekatan sintesis *sol-gel* untuk menghasilkan material berbasis oksida bervariasi sesuai dengan jenis prekursor yang digunakan serta bentuk akhir produk, seperti serbuk, lapisan tipis, aerogel, serat, mikroskopis, hingga nanomaterial.

Selain itu, waktu pemanasan juga merupakan faktor penting dalam proses pembentukan *nanosilica*. Waktu pemanasan dapat mempengaruhi bentuk dan tekstur *nanosilica* yang sesuai dengan mengandalkan temperatur dan molaritas yang digunakan.

Saat ini, teknologi yang semakin maju memungkinkan *fly ash* diolah menjadi nanosilika melalui proses sintesis dengan memanfaatkan bahan dasar *fly ash* dalam bentuk nano untuk campuran beton. Penelitian terkait sintesis berbahan dasar *fly ash* masih terbatas, sehingga diperlukan studi lebih mendalam mengenai pembuatan nanosilika berbahan dasar *fly ash* dengan menerapkan metode *sol-gel* serta variasi waktu pemanasan.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Dengan merujuk pada penjelasan sebelumnya, sintesis nanosilika dari *fly ash* melalui metode *sol-gel* dilakukan dengan mempertimbangkan variasi pada waktu pemanasan, maka rumusan masalah yang akan dibahas adalah bagaimana analisis pengaruh waktu pemanasan menggunakan metode *sol-gel* terhadap proses sintesis *nanosilica* yang berbahan dasar *fly ash*.

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Proses sintesis nanosilika berbahan dasar *fly ash* dengan metode *sol-gel* memiliki tujuan untuk mengkaji pengaruh variasi waktu pemanasan serta penggunaan *fly ash* terhadap kualitas *nanosilica* yang dihasilkan, sebagaimana telah dirumuskan dalam masalah di atas.

## **1.4. Ruang Lingkup**

Dalam penelitian ini terdapat ruang lingkup sebagai berikut :

1. Limbah *fly ash* seberat 28 gram.
2. Oven untuk pengeringan *fly ash*

3. Perbandingan endapan, metanol, ammonia, dan air adalah 1 : 23.
4. Analisis mikrostruktur dengan pengujian *x-ray diffraction* (XRD), *scanning electron microscope* (SEM), dan *x-ray fluorescene* (XRF).
5. Variasi waktu pemanasan 2 jam; 3 jam; 4 jam.
6. Larutan NaOH 500 ml dan HCL sebanyak 700 ml.
7. Metode Sol-Gel untuk proses sintesis *fly ash* .

### **1.5. Metode Pengumpulan Data**

Adapun mengenai metode dari pengumpulan data dalam Tugas Akhir mengenai analisis sintesis nanosilika berbahan dasar *fly ash* menggunakan metode sol gel dengan variasi waktu pemanasan menggunakan dua metode berupa:

1. Data Primer

Data primer dalam tugas akhir ini diperoleh melalui uji coba langsung di laboratorium serta melalui proses bimbingan tatap muka dengan dosen pembimbing.

2. Data Sekunder

Data sekunder pada tugas akhir ini diperoleh melalui sumber tidak langsung, yaitu dari objek penelitian dan informasi yang ditemukan di *internet*. Referensi yang relevan dengan pembahasan penelitian, berupa studi pustaka, digunakan sebagai data sekunder dalam tugas akhir ini.

### **1.6. Sistematika Penulisan**

Proposal tugas akhir ini akan dibagi dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

#### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab ini memuat pembahasan tentang latar belakang tugas akhir, perumusan masalah yang diangkat, tujuan penelitian, batasan ruang lingkup, metode pengumpulan data, serta sistematika penulisan dalam tugas akhir.

#### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini memuat pembahasan literatur yang menjadi dasar teori dalam tugas akhir, menjelaskan konsep dari pustaka dan referensi terkait definisi analisis

sintesis nanosilika berbahan *fly ash* dengan metode sol-gel, disertai variasi waktu pemanasan.

### **BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN**

Pada bagian ini, akan dijelaskan tentang bahan dan peralatan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir. Penelitian ini mencakup proses sintesis nanosilica yang berbahan dasar *fly ash*, dengan menggunakan metode *sol-gel*, serta variasi waktu pemanasan yang diterapkan.

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

Bab ini menyajikan hasil pengolahan data yang diperoleh dari pengujian laboratorium terkait sintesis *nanosilica* berbahan dasar *fly ash* menggunakan metode *sol gel* dengan variasi waktu pemanasan.

### **BAB 5 PENUTUP**

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

### **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Andreas, A., Kristianto, H., dan Kurniawati, D. F. (2020). Sintesis Nanosilika dari Sekam Padi Menggunakan Metode Sol Gel dengan Pelarut Etanol. Retrieved from <http://jurnal.upnyk.ac.id/index.php/kejuangan/article/view/1584>
- Antoni. (2017). *Consistency Of Fly Ash Quality For Making High Concrete*. *Jurnal Teknologi*.
- Arenst, A., H., K., D., F., K (2016). Sintesis Nanosilika dari Sekam Padi Menggunakan Metode Sol Gel dengan Pelarut Etanol. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan.”
- Audry A., R, (2022). Pengaruh Variasi Suhu Dan Lama Waktu Pembakaran Terhadap Hasil Sintesis Silika Dari Daun Bambu Menggunakan Metode Sol-Gel. *Chemical Engineering Journal Storage*, 2(5).
- Daniel A., C. (2016). *Synthesis of Nanosilica Originated from Fly Ash using Sol-Gel Method with Methanol as Solvent*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan.”
- Daniel Yonathan, H. K. A. A. (2016). *Synthesis of Nano Silica Originated from Rice Husks using Sol Gel Method with Methanol as Solvent*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan.”
- Endah Kanti Pangestuti, S. H. M. P. D. C. S. M. H. F. (2018). *The Use of Fly Ash as Additive Material to High Strength Concrete*. *Jurnal Teknik Sipil & Perencanaan*, 20(2), 65–70.
- Gunawan, I., dkk. (2011). Efek Waktu Milling Terhadap Karakterisasi Partikel Kapur Alam Dengan Menggunakan X-Ray Diffraction. *Jurnal Kimia Kemasan*, Vol. 33 No. 1.
- Galuh Budiharti. (2015). Sintesis Nanopartikel Silika Menggunakan Metode Sol-Gel. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, 4(3), 22–25.



- Ismayana, A (2017). Sintesis Nanosilika Dari Abu Ketel Industri Gula Dengan Metode Ultrasonikasi Dan Penambahan Surfaktan. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 27(2).
- Januar D., N. Pengaruh Waktu Dalam Proses Sintesis Dengan Shaker Milling Terhadap Ukuran Partikel dalam Laporan Tugas Akhir. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Karim, G. A., Susilowati, E., & Pratiwi, W. (2018). Pengaruh Ground Granulated Blast Furnace Slag Terhadap Sifat Fisika Semen Portland Jenis-I. *Jurnal Teknologi Bahan Dan Barang Teknik*, 8(2), 47. <https://doi.org/10.37209/jtbtt.v8i2.118>
- Mahreni, M., (2010). *Synthesis of Nafion-sio<sub>2</sub> Membrane Nanocomposite Using Sol-gel Method*.
- 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. <https://doi.org/10.3390/ma6083494>
- Pan, Z., Tao, Z., Murphy, T., & Wuhrer, R. (2017). High temperature performance of mortars containing fine glass powders. *Journal of Cleaner Production*, 162,16–26. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.003>
- Paveena, A.Z. Tachan, M.Boutbara. (2010). “*The Effect Of Substrate Temperature On Structural And Physical Properties Of Ultrasonically Sprayed Cds Film.*” *Material Chemistry And Physics* Pp. 103-108
- Retno, N. (2016). Pengaruh Penambahan Nano Material Terhadap Sifat Mekanik Dan Durabilitas Beton (the Effect of Nano Material Addition on Mechanical Properties and Durability of Concrete). *Jurnal Jalan-Jembatan*, 33(2), 92–101.
- Saloma, Nasution, A., Imran, I., Abdullah, M. (2015). Improvement of Concrete Durability by Nanomaterials. *Procedia Engineering*, Vol 125, 608-612. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.11.078>
- Sanchez, F., dan Sobolev, K. (2010). Nanotechnology in concrete—A review. *Construction and Building Materials*, 24(11), 2060–2071.

- Setiadi, A., Dan, J., Widiarti, N., (2016)., Sintesis, *Nanosilica*, Dengan Kandungan, Z., Al, S. /, Dari, R., Menggunakan, K., Peleburan, M., Hidrotermal, D., Indonesian Journal of Chemical Science. *J. Chem. Sci*, 5(3).  
<http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>
- Shackley., M., S (2019). *An Introduction to X-Ray Fluorescence (XRF) Analysis in Archaeology*.<https://archaeology.sites.unc.edu/wpcontent/uploads/sites/187/2017/03/Shackley-2011-XRF-Introduction.pdf>.
- Wang, G. (2018). *Nanotechnology: The New Features. December 2018*.  
<http://arxiv.org/abs/1812.04939>.
- Wang Chu-Kia., Salmon Charles. (1986) *Desain Beton Bertulang*. Jakarta: Erlangga.
- Wuryati., Samekto., Rahmadiyanto., Candra. (2001) *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Kanisius.
- Zainul A., I., S., M. Si, (2015). Sintesis Nanopartikel Silika Menggunakan Metode Sol-Gel. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, 4(3), 22–25.