

TUGAS AKHIR

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

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



MUHAMMAD EGAN

03011382126142

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

2024

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

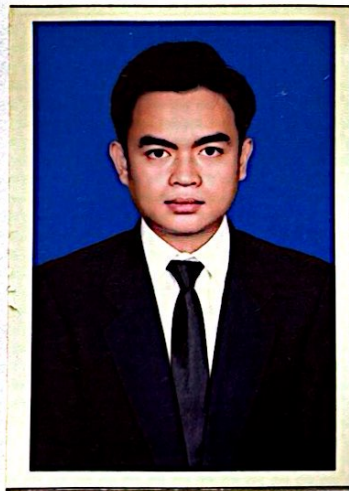
Nama : Muhammad Egan

NIM : 03011382126142

Judul : Analisis Sintesis Nanosilika Berbahan Dasar *Fly Ash* Menggunakan Metode Sol-Gel dengan Variasi Temperatur 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, Desember 2024



Muhammad Egan

NIM. 03011382126142

HALAMAN PENGESAHAN

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

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelas Sarjana Teknik

Oleh:

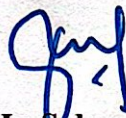
MUHAMMAD EGAN

03011382126142

Palembang, Desember 2024

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

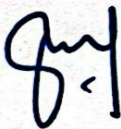
Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir ini dengan judul “Analisis Sintesis Nanosilika Berbahan Dasar *Fly Ash* Menggunakan Metode Sol-Gel dengan Variasi Temperatur Pemanasan” yang disusun oleh Muhammad Egan, NIM. 03011382126142 telah dipertahankan di depan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 21 Desember 2024.

Palembang, 21 Desember 2024

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Tugas Akhir:

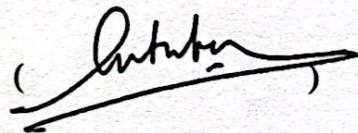
Ketua:

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

()

Anggota:

2. Ir. Sutanto Muliawan, M.Eng.
NIP. 195604241990031001

()

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik


KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, DAN KEMAHAKMURAHAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK DAN PERENCANAAN
Dr. Ir. Bhakti Yudho Suprpto, S.T.,M.T.,IPM.
NIP. 197502112003121002

Ketua Jurusan Teknik Sipil


KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK DAN PERENCANAAN
JURUSAN TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
Dr. Ir. Saloma, S.T.,M.T.
NIP. 197610312002122001

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Egan

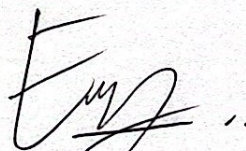
NIM : 03011382126142

Judul : Analisis Sintesis Nanosilika Berbahan Dasar *Fly Ash* Menggunakan Metode Sol-Gel dengan Variasi Temperatur 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, Desember 2024



Muhammad Egan
NIM. 030113821126142

RIWAYAT HIDUP

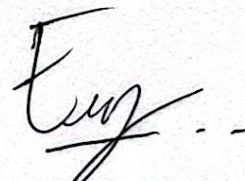
Nama Lengkap : Muhammad Egan
Jenis Kelamin : Laki-laki
Status : Belum menikah
Agama : Islam
Warga negara : Indonesia
Nomor HP : 081368986991
E-mail : muhammadegan19@gmail.com

Riwayat Pendidikan:

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Pendidikan	Masa
SDN 74 PAGARALAM	-	-	SD	2009 - 2015
SMPN 1 PAGARALAM	-	-	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,



Muhammad Egan

NIM. 03011382126142

RINGKASAN

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

Karya Tulis Ilmiah Berupa Tugas Akhir,

Muhammad Egan; Dimbing oleh Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xix + 63 halaman, 73 gambar, 12 tabel

Nanosilika merupakan silika yang berukuran nano yaitu berkisar 1-100 nm dan memiliki fungsi untuk meningkatkan kuat tekan beton. Nanosilika yang berkualitas dapat dihasilkan dengan proses sintesis dari limbah fly ash. Material yang digunakan pada penelitian ini berupa fly ash, larutan HCl, NaOH, Metanol, Ammonia, dan air demin. Material tersebut akan disintesis menggunakan metode sol-gel. Penelitian ini menggunakan variasi temperatur pemanasan yaitu 75°C, 100°C, dan 125°C. Pada penelitian ini menggunakan pengujian mikrostruktur untuk menganalisis hasil sintesis berupa X-Ray Diffraction (XRD), X-Ray Fluorescence (XRF), dan Scanning Electron Microscope (SEM). Dari hasil uji XRD dapat disimpulkan bahwa semakin besar temperatur pemanasan akan semakin kecil ukuran dan persentase amorf semakin besar. Dari hasil uji XRF dan SEM ditarik Kesimpulan bahwa semakin tinggi temperatur akan menghasilkan jumlah silika yang paling banyak. Berdasarkan pengujian diperoleh bahwa temperatur pemanasan optimum pada proses sintesis adalah 125°C yang menghasilkan kemurnian silika ±58% serta ukuran kristal sebesar 19,77 nm dengan kristalin sebanyak 3,96% dan amorf sebanyak 96,04%.

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

SUMMARY

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

Scientific papers in form of Final Projects,

Muhammad Egan; Guide by Advisor Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.

Civil Engineering, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

xix + 63 pages, 73 images, 12 tables

Nanosilica is a nano-sized silica that ranges from 1-100 nm and has a function to increase the compressive strength of concrete. Quality nanosilica can be produced with a synthesis process from fly ash waste. The materials used in this research are fly ash, HCl solution, NaOH, Methanol, Ammonia, and demin water. The material will be synthesised using the sol-gel method. This research uses variations in heating temperature, which are 75°C, 100°C, and 125°C. This research uses microstructure testing to analyse the synthesis results in the form of X-Ray Diffraction (XRD), X-Ray Fluorescence (XRF), and Scanning Electron Microscope (SEM). From the XRD test results, it can be concluded that the greater the combustion temperature, the smaller the size and the greater the amorphous percentage. From the results of XRF and SEM tests, it is concluded that higher temperatures will produce the most amount of silica. According to tests, the optimum heating temperature for the synthesis process is 125°C, which produces silica purity of about 58% with a crystal size of 19.77 nm, composed of 3.96% crystalline and 96.04% amorphous material.

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

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

Muhammad Egan¹⁾, Saloma²⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
E-mail: muhammadegan19@gmail.com

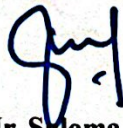
²⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
E-mail: saloma@ft.unsri.ac.id

Abstrak

Nanosilika merupakan silika yang berukuran nano yaitu berkisar 1-100 nm dan memiliki fungsi untuk meningkatkan kuat tekan beton. Nanosilika yang berkualitas dapat dihasilkan dengan proses sintesis dari limbah *fly ash*. Material yang digunakan pada penelitian ini berupa *fly ash*, larutan HCl, NaOH, Metanol, Ammonia, dan air demin. Material tersebut akan disintesis menggunakan metode sol-gel. Penelitian ini menggunakan variasi temperatur pemanasan yaitu 75°C, 100°C, dan 125°C. Pada penelitian ini menggunakan pengujian mikrostruktur untuk menganalisis hasil sintesis berupa *X-Ray Diffraction* (XRD), *X-Ray Fluorescence* (XRF), dan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Dari hasil uji XRD dapat disimpulkan bahwa semakin besar temperatur pemanasan akan semakin kecil ukuran dan persentase amorf semakin besar. Dari hasil uji XRF dan SEM ditarik Kesimpulan bahwa semakin tinggi temperatur akan menghasilkan jumlah silika yang paling banyak. Berdasarkan pengujian diperoleh bahwa temperatur pemanasan optimum pada proses sintesis adalah 125°C yang menghasilkan kemurnian silika ±58% serta ukuran kristal sebesar 19,77 nm dengan kristalin sebanyak 3,96% dan amorf sebanyak 96,04%.

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

Palembang, Desember 2024
Diperiksa dan disetujui oleh,
Dosen Pembimbing



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

Mengetahui/Menyetujui
Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,



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

Muhammad Egan¹⁾, Saloma²⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
E-mail: muhammadegan19@gmail.com

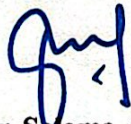
²⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya
E-mail: saloma@ft.unsri.ac.id

Abstract

Nanosilica is a nano-sized silica that ranges from 1-100 nm and has a function to increase the compressive strength of concrete. Quality nanosilica can be produced with a synthesis process from fly ash waste. The materials used in this research are fly ash, HCl solution, NaOH, Methanol, Ammonia, and demin water. The material will be synthesised using the sol-gel method. This research uses variations in burning temperature, which are 75°C, 100°C, and 125°C. This research uses microstructure testing to analyse the synthesis results in the form of X-Ray Diffraction (XRD), X-Ray Fluorescence (XRF), and Scanning Electron Microscope (SEM). From the XRD test results, it can be concluded that the greater the combustion temperature, the smaller the size and the greater the amorphous percentage. From the results of XRF and SEM tests, it is concluded that higher temperatures will produce the most amount of silica. According to tests, the optimum burning temperature for the synthesis process is 125°C, which produces silica purity of about 58% with a crystal size of 19.77 nm, composed of 3.96% crystalline and 96.04% amorphous material.

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

**Palembang, Desember 2024
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 Temperatur 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 Prof. Dr. Ir. Hj. Erika Buchari, M.SC., 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 kepada ibunda Yusnani Haryati, S.IP., yang telah memberikan dukungan, semangat, motivasi, arahan kepada penulis serta selalu mendoakan kesuksesan dan semua proses penulis dalam perkuliahan dan penyelesaian tugas akhir ini.
7. Terimakasih kepada ayahanda Sarjanawi, S.P., yang telah memberikan dukungan, semangat, motivasi, arahan kepada penulis serta selalu mendoakan kesuksesan dan semua proses penulis dalam perkuliahan dan penyelesaian tugas akhir ini.
8. Terimakasih kepada kak manda, kak andi, kak indra, dan seluruh keluarga besar penulis yang selalu mendoakan dan mendukung semua proses dalam penyelesaian tugas akhir ini.
9. Terimakasih kepada teman-teman seperjuangan tugas akhir *The Forest Team*,

Alvin, Fakri, Ricky, dan teman-teman seperjuangan tugas akhir lainnya yang telah bekerja sama dan membantu kelancaran tugas akhir ini.

10. Terimakasih teruntuk NIM. 03011382126107 sebagai *partner* terbaik yang telah memberikan *support* dan dukungan dengan ikhlas selama proses penyelesaian tugas akhir ini.
11. Terimakasih kepada teman-teman angkatan 2021 yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu terima kasih telah bekerja sama, memberi dukungan, semangat dan membantu kelancaran 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

Muhammad Egan

DAFTAR ISI

PERNYATAAN INTEGRITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
RIWAYAT HIDUP	vi
RINGKASAN	vii
SUMMARY	viii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
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 Penelitian	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Beton.....	3
2.1. Nanoteknologi.....	4
2.3. Nanosilika	5
2.4. Proses Sintesis	6
2.4.1. Metode Sol-Gel.....	8
2.4.2. Metode Hidrotermal.....	10
2.4.3. Metode Pemanasan	10
2.5. <i>Fly Ash</i>	11

2.6. Pengujian Mikrostruktur	11
2.6.1. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	12
2.6.2. <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	12
2.6.3. <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF)	13
2.7. Temperatur Pemanasan	14
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	16
3.1. Studi Literatur	16
3.2. Alur Penelitian	16
3.3. Bahan	17
3.3.1. <i>Fly ash</i>	18
3.3.2. Larutan HCl	18
3.3.3. Larutan NaOH.....	19
3.3.4. Metanol	19
3.3.5. Ammonia.....	20
3.3.6. Air	20
3.3.7. Air Demin.....	21
3.4. Peralatan	21
3.4.1. Hotplate.....	21
3.4.2. <i>Magnetic Stirrer</i>	22
3.4.3. Mesin Ayak dan Saringan	22
3.4.4. Timbangan Analitik.....	23
3.4.5. Oven.....	23
3.4.6. Lumpang dan Alu.....	24
3.4.7. Desikator	24
3.4.8. Kertas Saring.....	25
3.4.9. <i>Jar Test Flocculator</i>	25
3.4.10. Alat Pengujian XRD	26
3.4.11. Alat Pengujian SEM.....	26
3.4.12. Alat Pengujian XRF	27

3.5. Prosedur Penelitian	27
3.5.1. Tahap 1	28
3.5.2. Tahap 2	28
3.5.3. Tahap 3	28
3.5.4.. Tahap 4	39
3.5.4 Tahap 5	39
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1. Pengujian Mikrostruktur	45
4.1.1. Pengujian XRF	45
4.1.2. Pengujian XRD	48
4.1.3. Pengujian SEM	57
BAB 5 PENUTUP.....	60
5.1. Kesimpulan	60
5.2. Saran	61
DAFTAR PUSTAKA.....	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Pendekatan sintesis nanopartikel <i>top down</i> dan <i>bottom up</i>	7
Gambar 2.2. Pengaruh waktu aging terhadap yield silika gel pada berbagai konsentrasi pelarut NaOH	7
Gambar 2.3. Hasil XRD Nanosilika.....	12
Gambar 2.4. Hasil SEM Nanosilika	13
Gambar 3.1. Diagram alir penelitian.....	17
Gambar 3.2. Limbah <i>Fly ash</i>	18
Gambar 3.3. Larutan HCL	18
Gambar 3.4. Naoh 1M.....	19
Gambar 3.5. Metanol.....	19
Gambar 3.6. Ammonia	20
Gambar 3.7. Air.....	20
Gambar 3.8. Air Demin.....	21
Gambar 3.9. Hotplate	21
Gambar 3.10. <i>Magnetic stirrer</i>	22
Gambar 3.11. Mesin ayak dan saringan	22
Gambar 3.12. Timbangan analitik.....	23
Gambar 3.13. Oven	23
Gambar 3.14. Lumpang dan Alu	24
Gambar 3.15. Desikator	24
Gambar 3.16. Kertas Saring	25
Gambar 3.17. <i>Jar Test Flocculator</i>	25
Gambar 3.18. Alat Uji XRD.....	26
Gambar 3.19. Alat Uji SEM.....	26
Gambar 3.20. <i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i>	27
Gambar 3.21. Penyaringan <i>Fly ash</i>	29
Gambar 3.22. Penimbangan Sampel <i>Fly ash</i>	29

Gambar 3.23. Pencampuran <i>fly ash</i> dan HCl	30
Gambar 3.24. Pengadukan <i>fly ash</i> dan HCl	30
Gambar 3.25. Penyaringan <i>Fly ash</i> dari HCl	31
Gambar 3.26. Pengeringan Sampel Tahap Pertama	31
Gambar 3.27. Sampel didalam Desikator	32
Gambar 3.28. Pencampuran <i>Fly ash</i> dan NaOH di Hotplate	32
Gambar 3.29. Penyaringan <i>Fly ash</i> dari NaOH	33
Gambar 3.30. Pengeringan Sampel Tahap Kedua	33
Gambar 3.31. Sampel didalam Desikator	34
Gambar 3.32. Pencampuran Larutan dan <i>Fly ash</i> dengan Metode Sol-Gel.....	34
Gambar 3.33. Pengadukan pada Alat <i>Jar Test Flocculator</i>	35
Gambar 3.34. Campuran Setelah Diendapkan 9 Hari	35
Gambar 3.35. Penyaringan Endapan.....	36
Gambar 3.36. Pencucian Endapan dengan Air Demin.....	36
Gambar 3.37. Variasi Temperatur Pemanasan 75°C	37
Gambar 3.38. Variasi Temperatur Pemanasan 100°C	37
Gambar 3.39. Variasi Temperatur Pemanasan 125°C	38
Gambar 3.40. Penghalusan Sampel.....	38
Gambar 3.41. <i>New project</i> pada aplikasi origin	39
Gambar 3.42. Memindahkan data dari excel ke aplikasi origin.....	40
Gambar 3.43. Plot data menjadi <i>stacked lines y</i>	40
Gambar 3.44. Setelah data di plot	41
Gambar 3.45. Klik <i>toolbox analysis</i>	41
Gambar 3.46. Klik <i>peaks info</i>	42
Gambar 3.47. Mencari nilai intensitas maksimum dari excel XRD	42
Gambar 3.48. Memasukkan nilai 2-theta	43
Gambar 3.49. Mencari luasan area puncak	43
Gambar 3.50. Mencari nilai luasan area total	44
Gambar 3.51. Grafik nilai luasan area total	44

Gambar 4.1. Keberadaan senyawa pada sampel temperatur pemanasan 75°C.....	48
Gambar 4.2. Keberadaan senyawa pada sampel temperatur pemanasan 100°C...	49
Gambar 4.3. Keberadaan senyawa pada sampel temperatur pemanasan 125°C...	49
Gambar 4.4. Hasil XRD variasi temperatur pemanasan suhu 75°C	51
Gambar 4.5. Hasil XRD variasi temperatur pemanasan suhu 100°C	51
Gambar 4.6. Hasil XRD variasi temperatur pemanasan suhu 125°C	52
Gambar 4.7. Hasil perhitungan luas area titik puncak dengan variasi temperatur pemanasan 75°C.....	52
Gambar 4.8. Grafik luas area titik puncak dengan variasi temperatur pemanasan 75°C	53
Gambar 4.9. Hasil perhitungan luas area total dengan variasi temperatur pemanasan 75°C.....	53
Gambar 4.10. Hasil perhitungan luas area titik puncak dengan variasi temperatur pemanasan 100°C.....	54
Gambar 4.11. Grafik luas area titik puncak dengan variasi temperatur pemanasan 100°C	54
Gambar 4.12. Hasil perhitungan luas area total dengan variasi temperatur pemanasan 100°C.....	55
Gambar 4.13. Hasil perhitungan luas area titik puncak dengan variasi temperatur pemanasan 125°C.....	55
Gambar 4.14. Grafik luas area titik puncak dengan variasi temperatur pemanasan 125°C	56
Gambar 4.15. Hasil perhitungan luas area total dengan variasi temperatur pemanasan 125°C.....	56
Gambar 4.16. Hasil SEM variasi temperatur pemanasan suhu 75°C.....	58
Gambar 4.17. Hasil SEM variasi temperatur pemanasan suhu 100°C.....	58
Gambar 4.18. Hasil SEM variasi temperatur pemanasan suhu 125°C.....	58

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Hasil uji kuat tekan beton dengan campuran nanosilika	4
Tabel 2.2. Klasifikasi nanosilika	6
Tabel 2.3. Perubahan sifat fisis pada silika gel	8
Tabel 2.4. Klasifikasi dan komposisi <i>fly ash</i>	11
Tabel 2.5. Perhitungan ukuran partikel zeolit sintesis metode sol-gel variasi suhu	14
Tabel 2.6. Ukuran nanosilika yang dihasilkan pada variasi suhu dan waktu	15
Tabel 4.1. Hasil XRF pemanasan suhu 75°C	45
Tabel 4.2. Hasil XRF pemanasan suhu 100°C	46
Tabel 4.3. Hasil XRF pemanasan suhu 125°C	46
Tabel 4.4. Komposisi kimia semen portland jenis-1	47
Tabel 4.5. Hasil ukuran kristal	50
Tabel 4.6. Perbandingan persentase nilai kristalin dan amorf.....	57

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Beton sudah tidak asing lagi dalam dunia konstruksi Indonesia. Beton adalah bahan bangunan buatan manusia yang paling banyak digunakan di dunia (Chitra et al., 2019). Beton merupakan material konstruksi komposit yang dihasilkan dari kombinasi agregat dan pengikat berupa semen. Dalam kasus tertentu, beton terkadang mengalami permasalahan seperti kuat tekan dan tariknya yang rendah, rapuh dan sulit kedap air. Bangunan berbahan dasar beton yang terletak di area berisiko, seperti dekat pantai atau di area yang terkena air laut, menghadapi tantangan dalam hal ketahanan dan keberlanjutan. Untuk mengatasi hal ini, dapat diatasi dengan menggunakan *admixture*. Penambahan *admixture* dalam proses pembuatan beton dapat meningkatkan karakteristik kekuatan serta durabilitasnya. Tidak hanya itu, penambahan *admixture* sebagai substitusi semen juga dapat membantu melestarikan alam. Karena meningkatnya penggunaan semen sebagai bahan baku utama infrastruktur menyebabkan meningkatnya dampak negatif terhadap lingkungan, karena proses pembuatan semen menghasilkan banyak gas CO₂ atau gas karbondioksida. Sebab itulah dibutuhkan suatu inovasi untuk mengurangi penggunaan semen dalam konstruksi bangunan secara bertahap dengan teknologi nano.

Perkembangan material nano telah menarik perhatian para ilmuwan di seluruh dunia karena menghadirkan potensi penerapan unggul di berbagai bidang, khususnya konstruksi. Bahan berukuran nanometer mempunyai ciri dan fungsi spesifik yang sangat berbeda dibandingkan dengan bahan lainnya. Penggunaan material nano pada beton dapat meningkatkan tegangan dan kompresi, serta permeabilitas beton. Bahan tambahan yang digunakan dalam produksi beton dapat meningkatkan kekuatan dan daya tahan. Bahan yang cocok untuk metode ini adalah partikel nanosilika seperti *fly ash*. Limbah industri ini salah satu yang paling umum dihasilkan di seluruh dunia. Sebagian *fly ash* biasanya dibuang ke dalam *landfill*. Selain itu, *fly ash* mengandung logam berat sehingga dapat berdampak buruk pada lingkungan (Izquierdo dan Querol, 2012). Oleh karena itu penggunaan *fly ash* perlu

ditingkatkan. Dengan pengelolaan yang tepat dampak negatif *fly ash* dapat diminimalisir, sementara manfaat positifnya dapat dioptimalkan.

Partikel nanosilika dapat dibuat dengan berbagai cara untuk membuat campuran beton. Penulis memilih metode sol-gel karena sangat efektif, efisien dan hemat biaya. Proses ini tidak memerlukan energi yang tinggi dan memungkinkan kontrol yang baik terhadap komposisi kimia produk pada suhu rendah. Penelitian ini akan mengkaji potensi penggunaan material alternatif *fly ash* sebagai penguat kekuatan tekan beton dengan menggunakan metode sol-gel.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan yang dibahas adalah bagaimana analisis hasil sintesis nanosilika berbahan dasar *fly ash* menggunakan metode sol-gel dengan variasi temperatur pemanasan terhadap kualitas nanosilika yang dihasilkan sebagai substitusi semen pada campuran beton.

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis hasil sintesis nanosilika berbahan dasar *fly ash* menggunakan metode sol-gel dengan variasi temperatur pemanasan terhadap kualitas nanosilika yang dihasilkan sebagai substitusi semen pada campuran beton.

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup dari penelitian analisis sintesis nanosilika berbahan dasar limbah *fly ash* menggunakan metode sol-gel dengan variasi temperatur pemanasan yaitu:

1. Sampel *fly ash* sebanyak 28 gram.
2. Perbandingan endapan, metanol, ammonia dan air ialah 1 : 23 : 1 : 1.
3. Larutan NaOH 500 ml dan HCl sebanyak 700 ml.
4. Metode sol-gel untuk proses sintesis *fly ash*.
5. Analisis mikrostruktur dengan pengujian XRF, XRD & SEM.
6. Variasi temperatur pemanasan 75°C; 100°C; 125°C.
7. Pengujian hanya sampai mendapatkan nanosilika.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, S. 2015 "Sintesis dan Karakterisasi Zcolit X dari Abu Vulkanik Gunung Kelud dengan Variasi Suhu Hidrotermal menggunakan Metode Sol-Gel". (Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas UIN Maulana Malik Ibrahim: Malang).
- Ahmed, H., Ibrahim, D., Mustafa, R., & Faraj, R. (2022). *Synthesis and characterization of Nano ashes from different waste materials and their effects on the compressive strength of sustainable concrete: A systematic review. Sulaimani Journal for Engineering Sciences*, 9(2), 10–22.
- Batubara, F., Turmuzi, M., Latifah Syam, Z., & Putri Yunita, T. (2023). Pengaruh Konsentrasi Pelarut NaOH dan Waktu Aging pada Pembuatan Silika Gel dari Fly Ash Batu Bara. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 12(2), 124–131.
- Chaidir, D. A., Kristianto, H., & Andreas, A. (2016). *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" Synthesis of Nanosilica Originated from Fly Ash using Sol-Gel Method with Methanol as Solvent*. 1–7.
- Chitra, R., Thendral, S., Arunya, A., & Mohan, S. J. (2019). *Experimental study on strength of concrete by partial replacement of fine aggregate with saw dust. International Journal of Civil Engineering and Technology*, 10(1), 2766–2769.
- Duppa, A., Daud, A., & Bahar, B. (2020). Kualitas udara ambien di sekitar industri Semen Bosowa Kabupaten Maros. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Maritim*, 3(1).
- Gonulol N, Yilmaz F. (2011). *The Effect of Finishing and Polishing Techniques On Surface Roughness and Color Stability of Nanocomposite. Journal of Dentistry* 40S; 2(3) : 38- 40.
- Hasri, H. (2020). *A Synthesis Nanosilica of Bamboos Leaf (Bambusa Sp.) by Using Hydrothermal Method. Jurnal Kartika Kimia*, 3(2), 96–100.
- Izquierdo, M. and X. Querol. (2012). "Leaching behaviour of elements from coal combustion fly ash: An overview." *Internation Journal of Coal Geology*; 94: 54-66.
- Jenie, S. N. A., Ghaisani, A., Ningrum, Y. P., Kristiani, A., Aulia, F., & Petrus, H. T. M. B. (2018). Preparation of silica nanoparticles from geothermal sludge via sol-gel method. *AIP Conference Proceedings*, 2026, 1–6. <https://doi.org/10.1063/1.5064968>
- 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>
- Le, V. H., C. N. H. Thuc and H. H. Thuc. (2013). "Synthesis of silica nanoparticles from Vietnamese rice husk by sol–gel method." *Nanoscale Research Letters*.
- M. F. Zawrah, A.A. El-Kheshen and H. M. Abd-ElAali. (2009). *Facile and economic synthesis of silica nanoparticles. Journal of Ovonic Research*, vol.5, no.5, pp.129-133.
- Milaniak, N., Laroche, G., Massines, F. (2020). Atmospheric Pressure Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition of Nanocomposite Thin Films from Ethyl and Silica Nanoparticles. *Plasma Processes and Polymers*, Vol 8, Issue

2. <https://doi.org/10.1002/ppap.202000153>.
- Nanda Rizki Nurrohmat, M., Dewi, E., & Junaidi, R. (2023). Pemanfaatan Fly Ash dari Sisa Pemanasan Batubara PT. Pupuk Sriwidjaja Palembang dalam Pembuatan Silika Gel Sebagai Adsorben Limbah Zat Warna Methylene Blue. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(3), 21917–21923.
- Nugroho, A.B. & Triono, L.B. (2006). Sintesis Partikel Silika dengan Metode *Spray Drying* dari Sol Silika. Institut Teknik Surabaya. Surabaya.
- 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>.
- Parra, Ricardo Adolfo at al., (2022). *Synthesis and characterization of Faujasite-Na from fly ash by the fusion-hydrothermal method. Materials Evaluation and Integrity Group (GIEM), Institute of research and innovation in Materials Science and Technology (INCITEMA), Colombian pedagogical and Technological University, Av. Central del Norte 39-115, Tunja, Colombia.*
- Pratiwi, W. D. (2019). Hubungan Morfologi, Ukuran Partikel dan Keamorfan Fly Ash dengan Kuat Tekan Pasta. Seminar Nasional MASTER 2019. 92–98. <https://journal.ppns.ac.id/index.php/SeminarMASTER/article/view/1316/946>.
- Qisti, N., Suprihatin, & Indrasti, N. S. (2017). Optimasi kondisi proses dan penggantian skala produksi nanosilika menggunakan metode hidrotermal. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 36(1), 1–10. <https://doi.org/10.21082/jp3.v36n1.2017.p1-10>.
- 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.
- Rizkita, N., Sari, D. N., Alfiana, A. F., Dea, T., & Rosalina, R. (n.d.). SINTESIS SILIKA DARI ABU TERBANG (Fly Ash) BATUBARA PT YTL PAITON SECARA BATCH Nadya. June 2024.
- Setiawati, M. (2018). Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi 2018*, 1–8.
- Soamole, A., Sultan, M. A., & Tata, A. (2022). Efek Pemanasan Terhadap Kuat Tekan Mortar Semen Dengan Penambahan Fly Ash. *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)*, 05, 1–10. <https://doi.org/10.54367/jrkms.v5i1.1677>
- Supardi, Z. A. I., & Kusumawati, D. H. (2013). Sintesis Silika Gel Menggunakan Metode Sol-Gel dan Aplikasinya terhadap Absorpsi Kelembaban Udara. *Jurnal Inovasi Fisika Indonesia*, 02(03), 23–26.
- Utomo, S. (2015): Pengaruh Waktu Aktivitas dan Ukuran Partikel Terhadap Daya Adsorpsi Silika Nanopartikel Terhadap Logam Berat, *Jurnal Teknologi*, 7(2): 93-103.
- Willis, J.P. and Dimtun A.R. (2008). *Understanding XRF Spectrometry. A training course in XRF Spectrometry*. PANalytical B.V., Netherlands, p. 9-9.