

TUGAS AKHIR

ANALISIS HASIL SINTESIS NANOSILIKA BERBAHAN DASAR *FLYASH* MENGGUNAKAN METODE HIDROTERMAL DENGAN VARIASI SUHU PERENDAMAN

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



TIARA AYU NADYA

03011382126131

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

2025

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Tiara Ayu Nadya

NIM : 03011382126131

Judul : Analisis Hasil Sintesis Nanosilika Berbahan Dasar *Fly Ash* Menggunakan Metode Hidrotermal dengan Variasi Suhu Perendaman

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

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



Palembang, Maret 2025



Tiara Ayu Nadya

NIM. 03011382126131

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS HASIL SINTESIS NANOSILIKA BERBAHAN DASAR FLY ASH MENGGUNAKAN METODE HIDROTERMAL DENGAN VARIASI SUHU PERENDAMAN

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelas Sarjana Teknik
Oleh:

TIARA AYU NADYA
03011382126131

Palembang, Maret 2025
Diperiksa dan disetujui oleh,
Dosen Pembimbing


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

Mengetahui/Menyetujui
Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan



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

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir ini dengan judul “Analisis Hasil Sintesis Nanosilika Berbahan Dasar *Fly Ash* Menggunakan Metode Hidrotermal dengan Variasi Suhu Perendaman” yang disusun oleh Tiara Ayu Nadya, NIM. 03011382126131 telah dipertahankan di depan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 10 Maret 2025.

Palembang, 10 Maret 2025

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Tugas Akhir:

Ketua:

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

NIP. 198605192019031007

()

Anggota:

2. Dr. Ir. Siti Aisyah Nurjannah, S.T., M.T., IPU.

NIP. 197705172008012039

()

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik


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

Ketua Jurusan Teknik Sipil


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

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Tiara Ayu Nadya

NIM : 03011382126132

Judul : Analisis Hasil Sintesis Nanosilika Berbahan Dasar *Fly Ash* Menggunakan Metode Hidrotermal dengan Variasi suhu perendaman

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

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

Palembang, Maret 2025



Tiara Ayu Nadya
NIM. 03011382126131

RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Tiara Ayu Nadya
Jenis Kelamin : Perempuan
Status : Belum menikah
Agama : Islam
Warga negara : Indonesia
Nomor HP : 0895639414428
E-mail : tiaraayunadya@gmail.com

Riwayat Pendidikan:

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Pendidikan	Masa
SD MUHAMMADIYAH 14 PALEMBANG	-	-	SD	2009 - 2015
SMPN 3 PALEMBANG	-	-	SMP	2015 - 2018
SMAN 3 PALEMBANG	-	IPA	SMA	2018 - 2021
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil	S1	2021- 2025

Demikian Riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan Hormat,



Tiara Ayu Nadya
NIM. 03011382126131

RINGKASAN

ANALISIS HASIL SINTESIS NANOSILIKA BERBAHAN DASAR *FLY ASH* MENGGUNAKAN METODE HIDROTHERMAL DENGAN VARIASI SUHU PERENDAMAN

Karya Tulis Ilmiah Berupa Tugas Akhir,

Tiara Ayu Nadya; Dibimbing oleh Dr. Ir. Arie Putra Usman, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xx + 73 halaman, 68 gambar, 10 tabel

Fly ash merupakan limbah pembakaran batu bara yang mengandung silika dan berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan dasar nanosilika. Penelitian ini bertujuan mensintesis nanosilika dari *fly ash* menggunakan metode hidrotermal dengan variasi suhu perendaman 70°C, 75°C, dan 80°C. Proses sintesis meliputi perlakuan awal menggunakan larutan HCl dan NaOH, perendaman dalam *ultrasonic cleaner*, serta pemanasan dalam reaktor autoklaf hidrotermal. Karakterisasi dilakukan dengan *X-Ray Fluorescence* (XRF), *X-Ray Diffraction* (XRD), dan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Hasil menunjukkan bahwa peningkatan suhu perendaman mempengaruhi ukuran partikel, kristalinitas, dan morfologi nanosilika. Uji XRD mengindikasikan suhu perendaman yang lebih tinggi menghasilkan ukuran kristal yang lebih kecil dan meningkatkan fase amorf. Kandungan silika tertinggi sebesar 53,411% diperoleh pada suhu 75°C berdasarkan analisis XRF. SEM menunjukkan perubahan morfologi partikel seiring variasi suhu perendaman. Secara keseluruhan, suhu perendaman 75°C menghasilkan nanosilika dengan kualitas terbaik dalam hal kemurnian dan morfologi partikel.

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

SUMMARY

ANALYSIS OF SYNTHESIS RESULTS OF NANOSILICA BASED ON FLY ASH USING HYDROTHERMAL METHOD WITH VARIATION OF SOAKING TEMPERATURE

Scientific papers in form of Final Projects,

Tiara Ayu Nadya; Guide by Advisor Dr. Ir. Arie Putra Usman, S.T., M.T.

Civil Engineering, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

xx + 73 pages, 68 images, 10 tables

Fly ash is a by-product of coal combustion that contains silica and has the potential to be utilized as a raw material for nanosilica. This study aims to synthesize nanosilica from fly ash using the hydrothermal method with variations in soaking temperatures of 70°C, 75°C, and 80°C. The synthesis process includes pretreatment with HCl and NaOH solutions, immersion in an ultrasonic cleaner, and heating in a hydrothermal autoclave reactor. Characterization was carried out using X-Ray Fluorescence (XRF), X-Ray Diffraction (XRD), and Scanning Electron Microscope (SEM). The results showed that increasing the soaking temperature affects the particle size, crystallinity, and morphology of the synthesized nanosilica. XRD analysis indicated that higher soaking temperatures produced smaller crystal sizes and increased the amorphous phase. The highest silica content, 53.411%, was obtained at a soaking temperature of 75°C based on XRF analysis. SEM observations confirmed changes in particle morphology with variations in soaking temperature. Overall, a soaking temperature of 75°C resulted in nanosilica with the best quality in terms of purity and particle morphology.

Keywords: *Nanosilica, Fly Ash, Synthesis, Hydrothermal method, Heating Method, XRF, XRD, SEM*

ANALISIS HASIL SINTESIS NANOSILIKA BERBAHAN DASAR *FLY ASH* MENGGUNAKAN METODE HIDROTERMAL DENGAN VARIASI SUHU PERENDAMAN

Tiara Ayu Nadya¹⁾, Arie Putra Usman²⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas
Sriwijaya

E-mail: tiaraayunadya@gmail.com

²⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

E-mail: arieputrausman@ft.unsri.ac.id

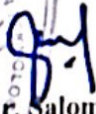
Abstrak

Fly ash merupakan limbah pembakaran batu bara yang mengandung silika dan berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan dasar nanosilika. Penelitian ini bertujuan mensintesis nanosilika dari *fly ash* menggunakan metode hidrotermal dengan variasi suhu perendaman 70°C, 75°C, dan 80°C. Proses sintesis meliputi perlakuan awal menggunakan larutan HCl dan NaOH, perendaman dalam *ultrasonic cleaner*, serta pemanasan dalam reaktor autoklaf hidrotermal. Karakterisasi dilakukan dengan *X-Ray Fluorescence* (XRF), *X-Ray Diffraction* (XRD), dan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Hasil menunjukkan bahwa peningkatan suhu perendaman mempengaruhi ukuran partikel, kristalinitas, dan morfologi nanosilika. Uji XRD mengindikasikan suhu perendaman yang lebih tinggi menghasilkan ukuran kristal yang lebih kecil dan meningkatkan fase amorf. Kandungan silika tertinggi sebesar 53,411% diperoleh pada suhu 75°C berdasarkan analisis XRF. SEM menunjukkan perubahan morfologi partikel seiring variasi suhu perendaman. Secara keseluruhan, suhu perendaman 75°C menghasilkan nanosilika dengan kualitas terbaik dalam hal kemurnian dan morfologi partikel.

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

Palembang, Maret 2025
Diperiksa dan disetujui oleh,
Dosen Pembimbing


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

Mengetahui/Menyetujui
Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,

Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.
NIP. 19761031200212200



ANALYSIS OF SYNTHESIS RESULTS OF NANOSILICA BASED ON FLY ASH USING HYDROTHERMAL METHOD WITH VARIATION OF SOAKING TEMPERATURE

Tiara Ayu Nadya¹⁾, Arie Putra Usman²⁾

¹⁾ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

E-mail: tiaraayunadya@gmail.com

²⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

E-mail: arieputrausman@ft.unsri.ac.id

Abstract

Fly ash is a by-product of coal combustion that contains silica and has the potential to be utilized as a raw material for nanosilica. This study aims to synthesize nanosilica from fly ash using the hydrothermal method with variations in soaking temperatures of 70°C, 75°C, and 80°C. The synthesis process includes pretreatment with HCl and NaOH solutions, immersion in an ultrasonic cleaner, and heating in a hydrothermal autoclave reactor. Characterization was carried out using X-Ray Fluorescence (XRF), X-Ray Diffraction (XRD), and Scanning Electron Microscope (SEM). The results showed that increasing the soaking temperature affects the particle size, crystallinity, and morphology of the synthesized nanosilica. XRD analysis indicated that higher soaking temperatures produced smaller crystal sizes and increased the amorphous phase. The highest silica content, 53.411%, was obtained at a soaking temperature of 75°C based on XRF analysis. SEM observations confirmed changes in particle morphology with variations in soaking temperature. Overall, a soaking temperature of 75°C resulted in nanosilica with the best quality in terms of purity and particle morphology.

Keywords: Nanosilica, Fly Ash, Synthesis, Hydrothermal method, Heating Method, XRF, XRD, SEM

Palembang, Maret 2025
Diperiksa dan disetujui oleh,
Dosen Pembimbing


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


Mengetahui/Menyetujui
Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,

Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T.
NIP. 19761031200212200

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 Hasil Sintesis Nanosilika Berbahan Dasar Fly ash Menggunakan Metode Hidrotermal dengan Variasi Suhu Perendaman**”. Pada kesempatan ini, penulis juga hendak mengucapkan banyak terimakasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu penyelesaian tugas akhir ini, yaitu :

1. Bapak Prof. Dr. Taufiq Marwa, SE. M.Si., selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Dr. Ir. Saloma, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penulisan tugas akhir.
4. Ibu Dr. Ratna Dewi, S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya
5. Bapak Dr. Ir. Arie Putra Usman, S.T, M.T., selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dalam penulisan laporan tugas akhir ini.
6. Bapak Dr. Ir. Taufik Ari Gunawan, S.T, M.T., selaku dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan arahan.
7. Dosen-dosen serta staf Jurusan Teknik Sipil yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini serta membantu penulis selama masa perkuliahan.
8. Teristimewa kedua orang tua tercinta, mama Ernamala, S.E. M.M., dan papa Ir. Guntum Iskandar, S.T, M.M., yang telah memberikan do’a, dukungan, kasih sayang, semangat, dan motivasi dengan penuh cinta hingga penulis mampu menyelesaikan studi dan meraih gelar sarjana.
9. Saudara tersayang, kak bali, kak dian, dan kak dendy yang telah memberikan dukungan kepada penulis dengan do’a dan semangat yang tulus dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

10. Muhammad Naufal sebagai *partner* terbaik yang telah kebersamai, mendengarkan, memberikan *support*, dan berkontribusi penuh sepanjang penulisan tugas akhir ini.
11. Seluruh keluarga besar yang telah memberikan do'a dan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
12. Sahabat penulis, Alda, Alifah, Ismi, Sabrina, Kia, dan Naurah yang telah kebersamai dan membantu selama proses perkuliahan hingga proses penyelesaian tugas akhir ini
13. Sahabat penulis, Caterhine, Chelsea, Safira, Mayra, dan Namira yang telah memberikan *support* dan do'a dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
14. Teman-teman seperjuangan tugas akhir dan rekan-rekan angkatan 2021 lainnya yang telah memberikan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
15. 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, Maret 2025



Tiara Ayu Nadya

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
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	2
1.5 Metode Pengumpulan Data	3
1.6 Rencana Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Beton	5
2.2 Nano Teknologi	5
2.2.1 Kelebihan Nanoteknologi di Bidang Konstruksi	7
2.2.2 Kekurangan Nanoteknologi di Bidang Konstruksi	7
2.3 Proses Sintesis	8
2.3.1 Metode <i>Top-down</i>	9
2.3.2 Metode <i>Bottom-up</i>	9
2.4 Nanosilika	10
2.5 Alat <i>Ultrasonic Cleaner</i>	11
2.6 Metode Hidrotermal	12
2.7 <i>Fly Ash</i>	12
2.8 Alat Autoklaf Hidrotermal	13
2.9 Pengujian Mikrostruktur	14
2.9.1 <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	14
2.9.2 <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	15
2.9.3 <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF)	16

2.10	Variasi Suhu Perendaman	16
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN.....	18
3.1	Studi Literatur	18
3.2	Alur Penelitian	18
3.3	Bahan	20
3.3.1	<i>Fly ash</i>	20
3.3.2	Larutan Asam Klorida (HCL).....	20
3.3.3	Natrium Hidroksida (NaOH)	20
3.3.4	Aquadest	21
3.3.5	<i>Kangen Water</i>	21
3.4	Peralatan	22
3.4.1	Saringan	22
3.4.2	Wadah Saringan.....	22
3.4.3	<i>Digital Ultrasonic Cleaner</i>	23
3.4.4	Reaktor Autoklaf Hidrotermal	23
3.4.5	Kertas Saring.....	23
3.4.6	Timbangan	24
3.4.7	Oven.....	24
3.4.8	<i>Hotplate</i>	25
3.4.9	<i>Magnetic Stirrer</i>	25
3.4.10	Spatula	25
3.4.11	Labu <i>Erlenmeyer</i>	26
3.4.12	Gelas Beker	26
3.4.13	Corong	26
3.4.14	Lumpang dan Alu	27
3.4.15	Alat Pengujian <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD).....	27
3.4.16	Alat Pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	27
3.4.17	Alat Pengujian <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF).....	28
3.5	Prosedur Penelitian	28
3.5.1	Tahap 1	29
3.5.2	Tahap 2	30

3.5.3 Tahap 3	30
3.5.4 Tahap 4	37
3.5.5 Tahap 5	37
 BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	44
4.1 Pengujian Mikrostruktur	44
4.1.1 X-ray fluorescence (XRF)	44
4.1.2 Pengujian X-Ray Diffraction (XRD)	46
4.1.3 <i>Screen Electron Microscope</i> (SEM)	58
 BAB 5 PENUTUP	61
5.1 Kesimpulan	61
5.2 Saran	62
 DAFTAR PUSTAKA	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram Alir Klasifikasi Nanomaterial	6
Gambar 2. 2 Hasil analisa XRD <i>fly ash</i>	14
Gambar 2. 3 SEM <i>Fly Ash</i>	15
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian.....	19
Gambar 3. 2 <i>Fly ash</i>	20
Gambar 3. 3 Larutan Asam Klorida.....	20
Gambar 3. 4 Natrium Hidroksida (NaOH).....	21
Gambar 3. 5 Air Suling	21
Gambar 3. 6 <i>Kangen Water</i>	22
Gambar 3. 7 Saringan no 200.....	22
Gambar 3. 8 Wadah.....	22
Gambar 3. 9 <i>Digital ultrasonic cleaner</i>	23
Gambar 3. 10 Reaktor autoklaf hidrotermal	23
Gambar 3. 11 Kertas saring.....	24
Gambar 3. 12 Timbangan.....	24
Gambar 3. 13 Oven	24
Gambar 3. 14 <i>Hotplate</i>	25
Gambar 3. 15 <i>Magnetic stirrer</i>	25
Gambar 3. 16 Spatula.....	26
Gambar 3. 17 <i>Labu erlenmeyer</i>	26
Gambar 3. 18 Gelas beker.....	26
Gambar 3. 19 Corong.....	27
Gambar 3. 20 Lumpang dan alu.....	27
Gambar 3. 21 Alat uji XRD	27
Gambar 3. 22 Alat uji SEM	28
Gambar 3. 23 Alat uji XRF	28
Gambar 3. 24 Penyaringan <i>fly ash</i>	30
Gambar 3. 25 Penimbangan sampel <i>fly ash</i>	31
Gambar 3. 26 Pencampuran <i>fly ash</i> dengan aquadest.....	31
Gambar 3. 27 <i>Fly ash</i> dimasukkan ke dalam	32

Gambar 3. 28 Penyaringan <i>fly ash</i>	32
Gambar 3. 29 Pengeringan sampel.....	32
Gambar 3. 30 Pencampuran <i>fly ash</i> dengan HCL	33
Gambar 3. 31 Penyaringan <i>fly ash</i> dari HCL	33
Gambar 3. 32 Pencucian <i>fly ash</i>	34
Gambar 3. 33 Pengeringan <i>fly ash</i>	34
Gambar 3. 34 Pencampuran <i>fly ash</i> dan NaOH	34
Gambar 3. 35 Penyaringan <i>fly ash</i> dari NaOH.....	35
Gambar 3. 36 Pengeringan <i>fly ash</i>	35
Gambar 3. 37 <i>Fly ash</i> dimasukkan ke dalam alat	36
Gambar 3. 38 Pemanasan <i>fly ash</i>	36
Gambar 3. 39 Pengeringan <i>fly ash</i>	36
Gambar 3. 40 Penghalusan sampel menggunakan lumpang dan alu	37
Gambar 3. 41 New project pada aplikasi origin.....	38
Gambar 3. 42 Memindahkan data dari excel ke aplikasi origin.....	38
Gambar 3. 43 Plot data menjadi <i>stacked lines y</i>	39
Gambar 3. 44 Setelah data di plot	39
Gambar 3. 45 Klik <i>toolbox analysis</i>	40
Gambar 3. 46 Klik <i>peaks info</i>	40
Gambar 3. 47 Mencari nilai intensitas maksimum dari excel XRD	41
Gambar 3. 48 Memasukkan nilai 2-theta	41
Gambar 3. 49 Memasukkan nilai 2-theta	42
Gambar 3. 50 Mencari nilai luasan area total	42
Gambar 3. 51 Perlebar luasan mengenai kedua ujung grafik.....	43
Gambar 4. 1 Hasil uji XRD keberadaan senyawa pada sampel variasi suhu perendaman 70°C	48
Gambar 4. 2 Hasil uji XRD keberadaan senyawa pada sampel variasi suhu perendaman 75°C	48
gambar 4. 3 Hasil uji XRD keberadaan senyawa pada sampel variasi suhu perendaman 80°C	49
Gambar 4. 4 Hasil XRD variasi suhu perendaman 70°C	50
Gambar 4. 5 Hasil XRD variasi suhu perendaman 75°C	50

Gambar 4. 6 Hasil XRD variasi suhu perendaman 80°C	51
Gambar 4. 7 Hasil perhitungan luas area titik puncak dengan variasi suhu perendaman 70°C	52
Gambar 4. 8 Grafik luas area titik puncak dengan variasi suhu perendaman 70°C	52
Gambar 4. 9 Hasil perhitungan luas area total dengan variasi suhu perendaman 70°C	53
Gambar 4. 10 Hasil perhitungan luas area titik puncak dengan variasi suhu perendaman 75°C	53
Gambar 4. 11 Grafik luas area titik puncak dengan variasi suhu perendaman 75°C	54
Gambar 4. 12 Hasil perhitungan luas area total dengan variasi suhu perendaman 75°C	54
Gambar 4. 13 Hasil perhitungan luas area titik puncak dengan variasi suhu perendaman 80°C	55
Gambar 4. 14 Grafik luas area titik puncak dengan variasi suhu perendaman 80°C	55
Gambar 4. 15 Hasil perhitungan luas area total dengan variasi suhu perendaman 80°C	56
Gambar 4. 16 Hasil SEM suhu perendaman variasi 70°C	58
Gambar 4. 17 Hasil SEM suhu perendaman variasi 75°C	59
Gambar 4. 18 Hasil SEM suhu perendaman variasi 80°C	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nano material dalam beton	11
Tabel 2. 2 Unsur kimia pada <i>fly ash</i>	13
Tabel 2. 3 Pengaruh Suhu Perendaman pada Proses Sintesis Silika.....	17
Tabel 4. 1 Hasil XRF suhu perendaman 70°C	44
Tabel 4. 2 Hasil XRF variasi suhu perendaman 75°C	45
Tabel 4. 3 Hasil XRF variasi suhu perendaman 80°C	45
Tabel 4. 4 Hasil perhitungan ukuran kristal variasi suhu perendaman 70°C	56
Tabel 4. 5 Hasil perhitungan ukuran kristal variasi suhu perendaman 75°C	56
Tabel 4. 6 Hasil perhitungan ukuran kristal variasi suhu perendaman 80°C	57
Tabel 4. 7 Perbandingan nilai kristalin, amorf dan ukuran kristal	57

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengembangan beton dengan sifat mekanik yang tinggi, tahan benturan, dan tahan terhadap api telah dilakukan melalui pencarian senyawa baru, dengan fokus pada penggunaan bahan nano. Meskipun semen adalah bahan yang paling sering dipakai dalam industri konstruksi dan memiliki banyak kelebihan seperti menahan beban tekan, tetapi semen rentan terhadap retakan akibat tegangan. Maka, beberapa tahun belakangan ini, metode inovatif baru seperti penggunaan bahan nano telah digunakan untuk meningkatkan sifat senyawa semen. Saat ini, penggunaan nanopartikel sebagai tambahan dalam desain campuran beton telah menghasilkan peningkatan yang signifikan pada sifat segar beton. Hal ini terjadi karena meningkatnya karakteristik mekaniknya dan memberikan dampak positif pada peningkatan daya tahan.

Kebutuhan semen sebagai bahan konstruksi di Indonesia mencapai angka 56 juta ton di tahun 2023. Nilai yang tinggi tersebut tentunya sejalan dengan pertumbuhan pembangunan infrastruktur di negara ini. Sebagai material *filler*, *fly ash* dapat digunakan dalam komposisi semen sesuai dengan standar nasional Indonesia (SNI). Penerapan nanoteknologi pada *fly ash* beton melibatkan penambahan material nanoskala seperti nanopartikel silika besi ke dalam *fly ash*. Hal ini dapat meningkatkan reaktivitas *fly ash*, mempercepat hidrasi semen, dan menghasilkan struktur beton yang lebih padat dengan porositas yang lebih rendah.

Fly ash adalah sisa limbah batu bara yang di bakar dalam alat pembangkit listrik tenaga uap, yang memiliki bentuk bulat serta memiliki sifat pozolamik. Partikel *fly ash* memiliki ukuran antara 0,5 mikrometer sampai 300 mikrometer. Kandungan kimianya mencakup unsur silika (SiO_2), alumina (Al_2O_3), oksida besi (Fe_2O_3), serta oksida kalsium (CaO). *Fly ash* bisa dimanfaatkan sebagai bahan campuran karena mempunyai ukuran cukup kecil dan komposisinya yang mengandung mineral pengikat sehingga dapat mengisi *void* dalam campuran beton. Ketika melakukan pengecoran beton massa, salah satu masalah yang muncul adalah peningkatan suhu pada inti beton yang mungkin melebihi batas

yang diizinkan (maksimum 71°C dengan perbedaan suhu maksimum 21°C), terutama di beton berkualitas tinggi yang memerlukan kadar semen yang tinggi. Penggunaan semen yang tinggi meningkatkan kandungan CaO dalam beton, yang dapat menyebabkan peningkatan suhu karena reaksi dengan air. Rasyid (2016) menunjukkan bahwa penggunaan *fly ash* dapat membantu mengontrol panas hidrasi dengan mengurangi kandungan CaO dalam beton. Penggunaan *fly ash* efektif dalam mengurangi risiko retak termal, sehingga beton akhir dapat memiliki kekuatan tekan yang melebihi standar yang awalnya ditetapkan.

Berdasarkan pemaparan di atas, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini memiliki urgensi untuk dilakukan guna mengidentifikasi kondisi optimal dalam sintesis nanosilika berbahan dasar *fly ash* menggunakan metode hidrotermal. Penelitian ini bukan hanya dapat memberikan solusi pengelolaan *fly ash*, tetapi juga memberikan kontribusi dalam pengembangan material nanosilika yang lebih efisien.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut :

1. Bagaimana analisis hasil sintesis nanosilika berbahan dasar *fly ash* menggunakan metode hidrotermal dengan variasi suhu perendaman?
2. Bagaimana efek variasi suhu perendaman terhadap kualitas nanosilika yang dihasilkan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini :

1. Mengetahui analisis hasil sintesis nanosilika berbahan dasar *fly ash* menggunakan metode hidrotermal dengan variasi suhu perendaman.
2. Mengetahui efek variasi suhu perendaman terhadap kualitas nanosilika yang dihasilkan.

1.4 Ruang Lingkup

Dalam penelitian ini terdapat ruang lingkup sebagai berikut :

1. Limbah *fly ash* yang lewat saringan berukuran 200.
2. *Fly Ash* sebanyak 50 gram.

3. Oven untuk pengeringan *fly ash*.
4. Reaktor autoklaf hidrotermal untuk proses hidrotermal.
5. Alat *Ultrasonic cleaner* dengan variasi suhu perendaman 70°C, 75°C, dan 80°C dalam waktu 1 jam.
6. Larutan asam klorida (HCl) 3M sebanyak 100 ml.
7. Larutan natrium hidroksida (NaOH) 3M sebanyak 100 ml.
8. Analisis mikrostruktur dengan pengujian *X-Ray Fluorescence* (XRF), *X-Ray Diffraction* (XRD), dan *Scanning Electron Microscope* (SEM).
9. Pengujian hanya sampai mendapatkan nanosilika.

1.5 Metode Pengumpulan Data

Adapun mengenai metode dari pengumpulan data dalam Tugas Akhir mengenai sintesis nanosilika berbahan dasar limbah *fly ash* menggunakan metode hidrotermal dengan variasi suhu perendaman menggunakan dua metode berupa :

1. Data Primer

Pada tugas akhir ini data primer didapat secara langsung dari pengujian yang dijalankan di laboratorium dan hasil bimbingan langsung dengan dosen pembimbing.

2. Data Sekunder

Data sekunder untuk tugas akhir ini dikumpulkan secara tidak langsung dari item penelitian dan dengan membaca konten *online*. Data sekunder untuk tugas akhir penelitian ini berupa tinjauan pustaka yang dijadikan acuan perdebatan penelitian.

1.6 Rencana Sistematika Penulisan

Adapun rencana sistematika penulisan pada laporan tugas akhir mengenai sintesis nanosilika berbahan dasar limbah *fly ash* menggunakan metode hidrotermal dengan variasi suhu perendaman adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini berisikan mengenai latar belakang dari tugas akhir, rumusan masalah dari tugas akhir, tujuan dari penelitian dalam tugas akhir, ruang lingkup dalam tugas akhir, metode dari pengumpulan data tugas akhir dan sistematika

penulisan dalam tugas akhir.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisikan mengenai kajian literatur yang digunakan dalam tugas akhir sebagai penjelasan teori dari pustaka dan literatur mengenai sintesis nanosilika berbasis limbah *fly ash* menggunakan metode hidrotermal dengan variasi suhu perendaman.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini membahas mengenai material dan alat uji yang akan digunakan dalam tugas akhir, pelaksanaan penelitian tugas akhir yang meliputi bagaimana sintesis nanosilika berbahan dasar limbah *fly ash* menggunakan metode hidrotermal dengan variasi suhu perendaman.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisikan mengenai hasil dari pengolahan data yang dihasilkan dari pengujian pada laboratorium mengenai sintesis nanosilika berbahan dasar limbah *fly ash* menggunakan metode hidrotermal dengan variasi suhu perendaman.

BAB 5 PENUTUP

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

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Abid, N., Muhammad, A., Shujait, S., & Ikram, M. (2022). *Synthesis of nanomaterials using various top-down and bottom-up approaches, influencing factors, advantages, and disadvantages. Advances in Colloid and Interface Science*, 300.
- Adamczyk, Z., Cempa, M., & Biallecka, B. (2021). *The influence of ultrasound on fly ash zeolization process efficiency. Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*.
- Astuti, A. W., & Purwanto, E. F. (2021). *Experimental Study on the Application of Nano Fly Ash Material to the Compressive Strength of Concrete Mortar*.
- Chen, Z., Song, G., Li, C., Chen, W., Li, Z., & Kawi, S. (2023). *Coal fly ash to Y zeolite of great purity and crystallinity: A new and green activation method of combined in situ microwave and ultrasound. Solid State Sciences*, 136.
- Firnando, H. G., & Astuti. (2015). Pengaruh suhu pada proses sonikasi terhadap morfologi partikel dan kristalinitas nanopartikel Fe₃O₄. *Jurnal Fisika Unand*, 4(1).
- Guo, R., Gao, W., & Wang, X. (2021). *Hydrothermal synthesis of zeolites from coal fly ash: A review. Materials Chemistry and Physics*, 242, 122546. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2019.122546>
- Han, W., Liu, X., Zhang, X., & Zou, H. (2021). *Hydrothermal synthesis of zeolites from coal fly ash: A review. Fuel*, 235, 1371–1383. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.09.081>
- Krishnan, A., Wong, Y., Zipeng, Z., & Arulraja, A. (2024). *A transition towards circular economy with the utilisation of recycled fly ash and waste materials in clay, concrete and fly ash bricks: A review. Journal of Building Engineering*.
- Li, X., Zhang, Q., Wang, Y., Wang, Z., & Li, H. (2021). *Facile synthesis of platinum nanoparticles with excellent catalytic performance via a top-down*

- approach. *Journal of Colloid and Interface Science*, 582(Pt A), 970–977.
<https://doi.org/10.1016/j.jcis.2020.09.012>
- Liu, H., Zheng, Y., Xi, X., Du, C., & Lu, H. (2024). *Enhanced performance of recycled cement and CO₂ emission reduction effect through thermal activation and nanosilica incorporation. Construction and Building Materials*.
- Liu, Y., Sun, H., Wu, Q., Ye, W., & Wu, K. (2021). *Nano silica: A review of its applications in cement-based materials. Construction and Building Materials*, 256, 119448. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119448>
- Mirella, Y., Pedro, S., & Elizabeth, T. (2022). *The use of nanomaterials in the construction sector. Dyna*, 89.
- Muñoz-Pérez, S. P., Gonzales-Pérez, Y. M., & Pardo-Muñoz, T. E. (2021). *The use of nanomaterials in the construction sector: A literary review*.
- Novianti, T., Biomed, M. (2023). *Pre-conference workshop: Nanomaterial characterization and performance analysis*.
- Pappaterra, M., Xu, P., van der Meer, W., Faria, J. A., & Fernandez Rivas, D. (2021). *Cavitation intensifying bags improve ultrasonic advanced oxidation with Pd/Al₂O₃ catalyst. Ultrasonics Sonochemistry*, 70, 105324.
- Parra, R. A., Charlos, O., Jairo, A., & Enrique, V. (2022). *Synthesis and characterization of Faujasite-Na from fly ash by the fusion-hydrothermal method. Grupo de Integridad y Evaluación de Materiales (GIEM), Instituto para la Investigación e Innovación en Ciencia y Tecnología de Materiales (INCITEMA), Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia*.
- Ramhadiarti, S., & Hendrosursito, Y. (2023). *Synthesis of silica nanoparticles made from Lampung pumice modified with sonication parameters for size and purity. Departement of Physics, FMIPA, Universitas Negeri Lampung*.
- Reginald, D. (2024). *Nanopartikel silikon dioksida (nanosilika): Sifat & aplikasi. ScienceDirect*, 151, 113053.
- Rinaldi, N., Agustian, E., Dwiarmoko, A. A., & Juwono, A. L. (n.d.). *The effect of*

ultrasonic treatment on titanium pillared bentonite synthesis. Indonesian Institute of Science, Indonesia.

Sandhya, M., Ramasamy, D., Sudhakar, K., Kadirgama, K., & Harun, W. S. W. (2021). *Ultrasonication an intensifying tool for preparation of stable nanofluids and study the time influence on distinct properties of graphene nanofluids: A systematic overview. Ultrasonic Sonochemistry*, 73.

Shirin, S., Jamal, A., Christinaemmanouil, & Yadav, A. K. (2021). *Assessment of characteristics of acid mine drainage treated with fly ash. Banaras Hindu University.*

Tri, A. F., Sutresno, V., Christ, I. W., Astuti, W., Sumardi, S., Satria, I., Dwika, A., & Himawan. (2023). Pengaruh penambahan fly ash PLTU Cirebon dan temperatur pengeringan terhadap kuat tekan material konstruksi beton high volume fly ash (HFVA). *Jurnal Rekayasa Proses*, 17.

Utsev, T., Tiza, Mogbo, Singh, Charkavarti, & Pal Singh. (2022). *Application of nanomaterials in civil engineering. Volume 62, Part 8*, 5140–5146.

Vijay, J. J., Sudarsana, H., & Ghorpade, V. (2021). *XRD & SEM studies of fly ash and phosphogypsum based geopolymers bricks. Civil Engineering Department, JNTUA India.*

Zakariya, A., Rosyadi, S., & Yudhono, G. (2022). Potensi pemanfaatan fly ash dalam pembangunan konstruksi jalan dan jembatan untuk mewujudkan infrastruktur berkelanjutan di Indonesia. *Jurnal Infrastruktur*.