

TUGAS AKHIR

ANALISIS HASIL SINTESIS *NANOSILICA* BERBAHAN DASAR *FLY ASH* MENGGUNAKAN METODE HIDROTERMAL DENGAN VARIASI SUHU PENGERINGAN

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

**Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya**



SITI LEKATYA ESMERALDA PUTRI

03011382126115

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

2025

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Siti Lekatya Esmeralda Putri

NIM : 03011382126115

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

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

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



Palembang, Maret 2025



Siti Lekatya Esmeralda Putri

NIM. 03011382126115

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS HASIL SINTESIS NANOSILICA BERBAHAN DASAR FLY ASH MENGGUNAKAN METODE HIDROTERMAL DENGAN SUHU PENGERINGAN

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Oleh:**

**SITI LEKATYA ESMERALDA PUTRI
03011382126115**

**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 *Nanosilica* Berbahan Dasar *Fly Ash* Menggunakan Metode Hidrotermal dengan Variasi Suhu Pengeringan” yang disusun oleh Siti Lekatya Esmeralda Putri, NIM. 03011382126115 telah dipertahankan di depan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 10 Maret 2025.

Palembang, 21 Desember 2024

Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah berupa Tugas Akhir:

Ketua:

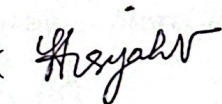
1. Dr. Ir. Arie Putra Usman, S.T., M.T.

()

NIP. 198605192019031007

Anggota:

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

()

NIP. 197705172008012039

Mengetahui,

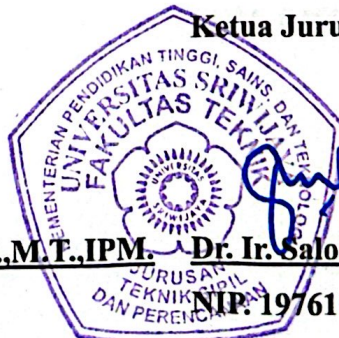
Dekan Fakultas Teknik



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 : Siti Lekatya Esmeralda Putri

NIM : 03011382126115

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

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

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

Palembang, Maret 2025



Siti Lekatya Esmeralda Putri
NIM. 03011382126115

RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Siti Lekatya Esmeralda Putri
Jenis Kelamin : Perempuan
Status : Belum menikah
Agama : Islam
Warga negara : Indonesia
Nomor HP : 082181284471
E-mail : esmeraldaputri533@gmail.com

Riwayat Pendidikan:

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Pendidikan	Masa
SD XAVERIUS LUBUKLINGGAU	-	-	SD	2009 - 2015
SMP XAVERIUS LUBUKLINGGAU	-	-	SMP	2015 - 2018
SMAN 1 LUBUKLINGGAU	-	IPA	SMA	2018 - 2021
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil	S1	2021- 2025

Demikian Riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan Hormat,



Siti Lekatya Esmeralda Putri
NIM. 03011382126115

RINGKASAN

ANALISIS HASIL SINTESIS *NANOSILICA* BERBAHAN DASAR *FLY ASH* MENGGUNAKAN METODE HIDROTERMAL DENGAN VARIASI SUHU PENGERINGAN

Karya Tulis Ilmiah Berupa Tugas Akhir,

Siti Lekatya Esmeralda Putri; Dibimbing oleh Dr. Ir. Arie Putra Usman, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xxi + 60 halaman, 57 gambar, 10 tabel

Fly ash merupakan limbah hasil pembakaran batu bara yang kaya akan silika dan alumina, disintesis menggunakan metode hidrotermal dengan variasi suhu pengeringan 100°C, 110°C, dan 125°C untuk mengkaji pengaruhnya terhadap struktur kristalin, komposisi unsur, dan morfologi. Hasil *X-Ray Diffraction* (XRD) menunjukkan peningkatan kristalinitas seiring kenaikan suhu, dengan puncak difraksi lebih tajam pada 125°C. Analisis *Scanning Electron Microscope* (SEM) menghasilkan morfologi lebih padat pada 110°C, sementara 125°C menghasilkan permukaan lebih halus namun mengalami aglomerasi. Hasil *X-Ray Fluorescence* (XRF) menunjukkan dominasi SiO₂, Al₂O₃, dan Fe₂O₃, dengan peningkatan SiO₂ pada suhu lebih tinggi. Berdasarkan pengujian didapat suhu optimal 110°C menghasilkan struktur lebih homogen dan stabil secara mekanik dengan kemurnian silika ±55% serta ukuran kristal sebesar 73,97 nm dengan kristalin sebanyak 2,65% dan amorf sebanyak 97,34%.

Kata kunci: *Nanosilica*, *Fly Ash*, Sintesis, Metode Hidrotermal, Pengeringan, XRD, XRF, SEM

SUMMARY

ANALYSIS OF SYNTHESIS RESULTS OF NANOSILICA BASED ON FLY ASH USING HYDROTHERMAL METHOD WITH VARIATION OF DRYING TEMPERATURED

Scientific papers in form of Final Projects,

Siti Lekatya Esmeralda Putri; Guide by Advisor Dr. Ir. Arie Putra Usman, S.T., M.T.

Civil Engineering, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

xxi + 60 pages, 50 images, 10 tables

Fly ash is a coal combustion byproduct rich in silica and alumina, was synthesized using the hydrothermal method with drying temperatures of 100°C, 110°C, and 125°C to assess its impact on crystal structure, elemental composition, and morphology. X-Ray Diffraction (XRD) analysis showed that crystallinity increased with temperature, with sharper diffraction peaks at 125°C. Scanning Electron Microscope (SEM) analysis revealed a denser morphology at 110°C, while 125°C produced a smoother surface but showed signs of agglomeration. X-Ray Fluorescence (XRF) results confirmed that SiO₂, Al₂O₃, and Fe₂O₃ were the dominant components, with SiO₂ content increasing at higher temperatures. The optimal drying temperature of 110°C yielded a more homogeneous and mechanically stable structure, with approximately 55% silica purity, a crystal size of 73.97 nm, and a crystallinity of 2.65%, while the amorphous phase accounted for 97.34%.

Keywords: *Nanosilica, Fly Ash, Synthesis, Hydrothermal method, Drying Temperature, XRF, XRD, SEM*

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

Siti Lekatya Esmeralda Putri¹⁾, Arie Putra Usman²⁾

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

E-mail: esmeraldaputri533@gmail.com

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

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

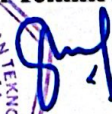
Abstrak

Fly ash merupakan limbah hasil pembakaran batu bara yang kaya akan silika dan alumina, disintesis menggunakan metode hidrotermal dengan variasi suhu pengeringan 100°C, 110°C, dan 125°C untuk mengkaji pengaruhnya terhadap struktur kristalin, komposisi unsur, dan morfologi. Hasil *X-Ray Diffraction* (XRD) menunjukkan peningkatan kristalinitas seiring kenaikan suhu, dengan puncak difraksi lebih tajam pada 125°C. Analisis *Scanning Electron Microscope* (SEM) menghasilkan morfologi lebih padat pada 110°C, sementara 125°C menghasilkan permukaan lebih halus namun mengalami aglomerasi. Hasil *X-Ray Fluorescence* (XRF) menunjukkan dominasi SiO₂, Al₂O₃, dan Fe₂O₃, dengan peningkatan SiO₂ pada suhu lebih tinggi. Berdasarkan pengujian didapat suhu optimal 110°C menghasilkan struktur lebih homogen dan stabil secara mekanik dengan kemurnian silika ±55% serta ukuran kristal sebesar 73,97 nm dengan kristalin sebanyak 2,65% dan amorf sebanyak 97,34%.

Kata kunci: *Fly Ash*, Nanosilika, Sintesis, Metode Hidrotermal, Pengeringan, 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 DRYING TEMPERATURE

Siti Lekatya Esmeralda Putri¹⁾, Arie Putra Usman²⁾

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

E-mail: esmeraldaputri533@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 coal combustion byproduct rich in silica and alumina, was synthesized using the hydrothermal method with drying temperatures of 100°C, 110°C, and 125°C to assess its impact on crystal structure, elemental composition, and morphology. X-Ray Diffraction (XRD) analysis showed that crystallinity increased with temperature, with sharper diffraction peaks at 125°C. Scanning Electron Microscope (SEM) analysis revealed a denser morphology at 110°C, while 125°C produced a smoother surface but showed signs of agglomeration. X-Ray Fluorescence (XRF) results confirmed that SiO₂, Al₂O₃, and Fe₂O₃ were the dominant components, with SiO₂ content increasing at higher temperatures. The optimal drying temperature of 110°C yielded a more homogeneous and mechanically stable structure, with approximately 55% silica purity, a crystal size of 73.97 nm, and a crystallinity of 2.65%, while the amorphous phase accounted for 97.34%.

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 proposal tugas akhir yang berjudul “**Analisis Hasil Sintesis *Nanosilica* Berbahan Dasar *Fly ash* Menggunakan Metode Hidrotermal Dengan Variasi Suhu Pengeringan**”. 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 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., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penulisan tugas akhir.
4. Ibu Dr. Ir Ratna Dewi., S.T., M.T., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya.
5. Bapak Dr. Ir. Arie Putra Usman, S.T, M.T., selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dalam penulisan laporan tugas akhir ini.
6. Ibu Citra Indriyati 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 tersayang, Ayah Herdawan, S.E., M.M., dan Bunda Sri Supriati Herma, 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 tercinta, Muhammad Rionaldo Hermawan yang telah membantu dan memberikan dukungan kepada penulis dengan do’a dan semangat yang tulus dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

10. Sepupu terbaik, Mentari Vieka Mawarni, S.M., yang telah membantu dan memberikan *support* selama masa perkuliahan.
11. Sahabat penulis, Alifah, Tiara Unad, Ismi, Sabrina, Zakiah, dan Naurah yang telah kebersamaan dan membantu selama proses perkuliahan hingga proses penyelesaian tugas akhir ini
12. Sahabat penulis, Tesya, Nadira, Arum, Tiara AF, Mulya, Maria, Veren, Astri, dan Putri yang telah memberikan *support* dan do'a dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
13. Teman-teman seperjuangan tugas akhir dan rekan-rekan angkatan 2021 lainnya yang telah memberikan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
14. Seluruh keluarga besar yang telah memberikan do'a dan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Dalam menyusun proposal 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

Siti Lekatya Esmeralda Putri

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN INTEGRITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
RIWAYAT HIDUP	vi
RINGKASAN	vii
<i>SUMMARY</i>	viii
Abstrak	ix
<i>Abstract</i>	x
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL.....	xx
DAFTAR NOTASI.....	xxi
 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	4

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Nano Teknologi.....	6
2.1.1 Kelebihan Nano Teknologi dalam Material Konstruksi	7
2.1.2 Kekurangan Nano Teknologi dalam Material Konstruksi.....	7
2.1.3 Manfaat Nano Teknologi dalam Material Konstruksi.....	8
2.2 Proses Sintesis	9
2.3 <i>Nanosilica</i>	10
2.4 <i>Fly Ash</i>	11
2.5 Metode Hidrotermal.....	12
2.6 Larutan Asam Klorida (HCL).....	12
2.7 Alat <i>Ultrasonic Cleaner</i>	13
2.8 Pengujian Mikrostruktur.....	14
2.8.1 X-Ray Diffraction (XRD).....	14
2.8.2 Scanning Electron Microscope (SEM)	15
2.8.3 <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF).....	16
2.9 Variasi Suhu Pengeringan.....	16
 BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	 18
3.1 Studi Literatur.....	18
3.2 Alur Penelitian.....	18
3.3 Alat dan Bahan	20
3.3.1 <i>Fly Ash</i>	20
3.3.2 Larutan Asam Klorida (HCL)	20
3.3.3 Larutan Natrium Hidroksida (NaOH)	21
3.3.4 Timbangan.....	21
3.3.5 Air Suling	21

3.3.6 Wadah.....	22
3.3.7 Saringan.....	22
3.3.8 Digital <i>Ultrasonic Cleaner</i>	23
3.3.9 Reaktor Autoklaf Hidrotermal.....	23
3.3.10 Kertas Saringan	24
3.3.11 Oven	24
3.3.12 Alat Pengujian <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	24
3.3.13 Alat Pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	25
3.3.14 Alat Pengujian <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF)	25
3.4 Prosedur Penelitian	26
3.5 Tahapan Pengujian.....	28
3.5.1 Tahap 1	28
3.5.2 Tahap 2	28
3.5.3 Tahap 3	28
3.5.4 Tahap 4	29
3.5.5 Tahap 5	30
3.5.6 Tahap 6	30
3.5.7 Tahap 7	31
3.5.8 Tahap 8	31
3.5.9 Tahap 9	32
3.5.10 Tahap 10	32
3.5.11 Tahap 11.....	33
3.5.12 Tahap 12	33
3.5.13 Tahap 13	40

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1 Pengujian Mikrostruktur	41
4.1.1. X-ray fluorescence (XRF).....	41
4.1.2. X-Ray Diffraction (XRD)	44
4.1.3. Screen Electron Microscope (SEM).....	54
 BAB 5 PENUTUP	 57
5.1 Kesimpulan	57
5.2 Saran.....	58
 DAFTAR PUSTAKA.....	 59
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pendekatan sintesis nanopartikel top down dan bottom up.....	9
Gambar 2.2 Ultrasonic Cleaner.....	13
Gambar 2.3 Hasil XRD <i>fly ash</i>	14
Gambar 2.4 SEM pada <i>fly ash</i>	15
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	19
Gambar 3.2 Serbuk <i>Fly Ash</i>	20
Gambar 3.3 Larutan Asam Klorida	20
Gambar 3.4 Natrium Hidroksida (NaOH).....	21
Gambar 3.5 Timbangan.....	21
Gambar 3.6 Air Suling	22
Gambar 3.7 Wadah.....	22
Gambar 3.8 Saringan.....	23
Gambar 3.9 Alat <i>Ultrasonic Cleaner</i>	23
Gambar 3.10 Reaktor Autoklaf Hidrotermal.....	23
Gambar 3.11 Kertas Saringan	24
Gambar 3.12 Oven	24
Gambar 3.13 Alat Uji XRD	25
Gambar 3.14 Alat Uji SEM.....	25
Gambar 3.15 <i>Xray Fluorescence</i> (XRF)	26
Gambar 3.16 <i>Hotplate</i>	26
Gambar 3.17 Menyaring <i>fly ash</i>	28
Gambar 3.18 Menimbang <i>fly ash</i>	29
Gambar 3.19 <i>Fly ash</i> dimasukkan ke dalam <i>ultrasonic cleanser</i>	29
Gambar 3.20 Menyaring <i>fly ash</i>	29
Gambar 3.21 Memasukan benda uji kedalam oven	30
Gambar 3.22 Memanaskan <i>fly ash</i> menggunakan <i>hotplate</i>	30
Gambar 3.23 Menyaring <i>fly ash</i>	31
Gambar 3.24 Mengeringkan <i>fly ash</i> menggunakan oven.....	31
Gambar 3.25 Memanaskan <i>fly ash</i> menggunakan <i>hotplate</i>	32
Gambar 3.26 Mengoven <i>fly ash</i>	32

Gambar 3.27 Memanaskan <i>fly ash</i> menggunakan reaktor hidrotermal.....	33
Gambar 3.28 <i>New Project</i> pada aplikasi origin.....	34
Gambar 3.29 Memindahkan data dari excel ke aplikasi origin.....	35
Gambar 3.30 Plot data menjadi <i>stacked lines y</i>	35
Gambar 3.31 Setelah data di plot	36
Gambar 3.32 Klik <i>Toolbar analysis</i>	36
Gambar 3.33 Klik <i>Peaks info</i>	37
Gambar 3.34 Mencari nilai intensitas maksimum dari Excel XRD.....	37
Gambar 3.35 Memasukkan nilai 2-theta	38
Gambar 3.36 Mencari luasan area puncak	38
Gambar 3.37 Mencari nilai luasan area total	39
Gambar 3.38 Grafik nilai luasan area total	39
Gambar 4.1 Hasil uji XRD keberadaan senyawa pada sampel variasi suhu pengeringan 100°C.....	45
Gambar 4.2 Hasil uji XRD keberadaan senyawa pada sampel variasi suhu pengeringan 110°C.....	45
Gambar 4.3 Hasil uji XRD keberadaan senyawa pada sampel variasi suhu pengeringan 125°C.....	46
Gambar 4.4 Hasil perhitungan luas area titik puncak dengan variasi suhu pengeringan 100°C.....	47
Gambar 4.5 Grafik luas area titik puncak dengan variasi variasi suhu pengeringan 100°C	47
Gambar 4.6 Hasil perhitungan luas area total dengan variasi variasi suhu pengeringan 100°C.....	48
Gambar 4.7 Hasil perhitungan luas area titik puncak dengan variasi variasi suhu pengeringan 110°C.....	48
Gambar 4.8 Grafik luas area titik puncak dengan variasi variasi suhu pengeringan 110°C.....	49
Gambar 4.9 Hasil perhitungan luas area total dengan variasi variasi suhu pengeringan 110°C.....	49
Gambar 4.10 Hasil perhitungan luas area titik puncak dengan variasi variasi suhu pengeringan 125°C.....	50

Gambar 4.11 Grafik luas area titik puncak dengan variasi variasi suhu pengeringan 125°C	50
Gambar 4.12 Hasil perhitungan luas area total dengan variasi variasi suhu pengeringan 125°C.....	51
Gambar 4.13 Foto SEM hasil suhu pengeringan variasi 100°C	54
Gambar 4.14 Foto SEM hasil suhu pengeringan variasi 125°C	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kelebihan dan kekurangan penggunaan <i>nanosilica</i>	10
Tabel 2.2 Kelebihan dan kekurangan penggunaan <i>fly ash</i>	11
Tabel 2.3 Perlakuan waktu dan suhu proses pembuatan <i>nanosilica</i>	17
Tabel 4.1 Hasil XRF variasi suhu pengeringan 100°C	41
Tabel 4.2 Hasil XRF variasi suhu pengeringan 110°C.....	42
Tabel 4.3 Hasil XRF variasi suhu pengeringan 125°C	43
Tabel 4.4 Hasil perhitungan ukuran kristal variasi suhu pengeringan 100°C	52
Tabel 4.5 Hasil perhitungan ukuran kristal variasi suhu pengeringan 110°C	52
Tabel 4.6 Hasil perhitungan ukuran kristal variasi suhu pengeringan 125°C	52
Tabel 4.7 Perbandingan nilai kristalin, amorf dan ukuran kristal	53

DAFTAR NOTASI

Notasi :

D	= ukuran kristal (nm)
K	= konstanta bentuk kristal (0.9 - 1)
λ	= panjang gelombang sinar-X (0,15406 nm)
β	= lebar penuh setengah maksimum (FWHM) dari puncak difraksi (rad)
θ	= sudut difraksi (derajat)

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Concrete ialah bahan esensial dalam pembangunan infrastruktur, dengan permintaan yang terus meningkat seiring berkembangnya kebutuhan sarana dan prasarana. Hal ini menyebabkan produksi semen sebagai bahan pengikat beton juga meningkat. Namun, proses pembuatan semen menghasilkan emisi karbon dioksida (CO₂) dalam jumlah besar, yang berkontribusi terhadap pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan alternatif bahan pengganti semen untuk mengurangi dampak negatif tersebut.

Penggunaan bahan semen pengganti terus berkembang pesat, salah satunya adalah penambahan bahan nano ke dalam campuran beton. Nanomaterial adalah bahan pada skala nano yang berubah menjadi perekat yang lebih kecil dari partikel semen. Nanosilika adalah jenis bahan pada skala nano yang digunakan dengan sangat baik untuk membuat beton berkinerja tinggi. Nanosilika memiliki ukuran partikel antara 20 dan 40nm. Campuran nano dalam produksi beton memiliki kemampuan untuk meningkatkan kepadatan beton dan permeabilitas beton (Gomelar, 2019). *Nanosilica* adalah bahan kuantitas besar yang diproses oleh nanoteknologi. Penggunaan nanosilik untuk menggantikan bahan semen di bidang konstruksi dapat meningkatkan kemampuan untuk memompres dan mengurangi efek gempa bumi dan memiliki kekerasan yang lebih baik (William, 2023)

Penerapan nanoteknologi adalah cara yang efektif untuk mengurangi polusi lingkungan dan meningkatkan keberlanjutan beton. Di bidang nanoteknologi, ukuran partikel ditentukan berdasarkan sifat material yang dipengaruhi pada skala yang lebih kecil dari nanometer (sekitar 10⁻⁹ meter). Pengembangan material berbasis nano telah menurunkan kebutuhan akan struktur tambahan sebab karakteristik unik yang dimiliki oleh teknologi ini. Pada dasarnya, ada peningkatan mengendalikan konsep bahan dan teknik yang digunakan. Teknologi nano melibatkan pembuatan bahan skala panjang baru dengan memproses atau menggunakan bahan yang sangat kecil. Penambahan nanopartikel pada beton

semen telah menarik perhatian karena reaksinya yang tinggi dan luas permukaannya yang luas.

Efek *fly ash*, bukan semen tertentu memiliki karakteristik kriteria beton yang ramah lingkungan. Penggunaan penerbangan abu untuk tujuan mengurangi polusi udara dianggap disebabkan oleh limbah berbahaya dan beracun B3 pembakaran batubara dan juga digunakan sebagai menambahkan komponen untuk beton. Penggunaan fly ash sebagai bahan adiktif atau ditambahkan di campuran beton untuk mengurangi kandungan semen di campuran beton. *Fly ash* tidak dapat menghubungkan serta semen, tetapi dengan adanya air serta ukurannya.

Berdasarkan penjelasan yang telah disampaikan diatas, dapat disimpulkan bahwa dalam penelitian ini, proses yang dilakukan menunjukkan hasil yang relevan dengan tujuan yang ditetapkan. Proses sintesis *fly ash* dikembangkan menjadi bahan alternatif sebagai bahan tambahan penguat dan aditif dalam beton. Penelitian ini juga memiliki urgensi untuk dilakukan untuk mencari kondisi optimal dalam sintesis *nanosilica* berbahan dasar *fly ash* mempergunakan metode hidrotermal dengan variasi suhu pengeringan.

1.2 Rumusan Masalah

Mengacu pada latar belakang yang dibahas, penelitian ini difokuskan pada perumusan masalah mengenai bagaimana hasil sintesis *nanosilica* dari *fly ash* dengan metode hidrotermal pada berbagai variasi suhu pengeringan.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuannya yakni:

1. Menganalisis hasil sintesis *nanosilica* berbahan dasar *fly ash* menggunakan metode hidrotermal dengan variasi suhu pengeringan.
2. Mengetahui efek variasi suhu pengeringan terhadap kualitas *nanosilica* yang dihasilkan.

1.4 Ruang Lingkup

Di studi ini ada ruang lingkup yakni :

1. Limbah *fly ash* sebanyak 50 gram dengan saringan 200 mesh.

2. Oven untuk pengeringan *fly ash*.
3. *Ultrasonic Cleanser* untuk menghilangkan residu karbon.
4. Analisis mikrostruktur dengan pengujian *X-ray Diffraction* (XRD), *X-Ray Fluorescence* (XRF), serta *Scanning Electron Microscope* (SEM).
5. Larutan asam klorida 3 mol.
6. Larutan Natrium Hidroksida 3 mol.
7. Reaktor Autoklaf Hidrotermal untuk proses hidrotermal.
8. Pengujian hanya sampai mendapatkan *nanosilica*
9. Variasi suhu pengeringan 100°C, 110°C, 125°C

1.5 Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam studi ini untuk penghimpunan data di Tugas Akhir terkait dengan analisis hasil sintesis nanosilika berbahan dasar fly ash menggunakan metode hidrotermal dengan variasi suhu pengeringan, dilakukan melalui dua pendekatan, yakni:

1. Data Primer

Data ini dikumpulkan langsung dengan cara serangkaian pengujian laboratorium guna mengamati hasil sintesis nanosilika. Selain itu, bimbingan langsung dengan dosen pembimbing turut menjadi sumber utama dalam memastikan keakuratan dan validitas data yang dikumpulkan.

2. Data Sekunder

Pengambilan data dilakukan secara tidak langsung dengan mencari objek penelitian serta berbagai sumber literatur yang relevan, baik dari jurnal ilmiah, buku, maupun artikel yang diakses melalui internet. Studi pustaka ini digunakan sebagai referensi utama untuk memperkuat dasar teori serta mendukung analisis hasil penelitian. Penggunaan data sekunder membantu dalam memahami penelitian sebelumnya yang berkaitan serta memberikan wawasan yang lebih luas dalam pengolahan dan karakterisasi nanosilika.

1.6 Rencana Sistematika Penulisan

Rancangan struktur penulisan di laporan tugas akhir terkait analisis hasil sintesis *nanosilica* berbahan dasar *fly ash* menggunakan metode hidrotermal dengan variasi suhu pengeringan yakni:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini memberi gambaran umum terkait penelitian yang dilaksanakan. Di dalamnya mencakup latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan yang ingin dicapai, ruang lingkup penelitian, serta metode pengumpulan data yang diterapkan. Di sisi lain, bab ini juga menguraikan sistematika penulisan laporan untuk memberikan pemahaman mengenai alur pembahasan di studi ini.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pembahasan ini menyajikan berbagai landasan serta literatur yang dipergunakan sebagai acuan di penelitian. Uraian tersebut mencakup prinsip dasar sintesis nanosilika, karakteristik fly ash, serta metode hidrotermal yang dipergunakan pada proses studi ini.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pembahasan ini menguraikan secara rinci tahapan yang ditempuh di studi, termasuk bahan yang digunakan serta alat yang mendukung eksperimen. Proses penelitian meliputi tahapan sintesis nanosilika berbahan dasar fly ash dengan metode hidrotermal serta variasi suhu dalam tahap pengeringan.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan ini menguraikan hasil temuan penelitian yang didapat melalui berbagai uji laboratorium. Data yang dikumpulkan dianalisis secara mendalam untuk mengevaluasi pengaruh variasi suhu pengeringan terhadap hasil sintesis nanosilika yang diperoleh.

BAB 5 PENUTUP

Pembahasan bab terakhir menyajikan ringkasan dari penelitian berdasarkan capaian analisis yang usai dilaksanakan. Selain itu, diberikan pula rekomendasi untuk penelitian selanjutnya agar hasil yang diperoleh dapat lebih berkembang dan memberikan kontribusi lebih luas dalam bidang material berbasis nanosilika.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Bateman, R. 1981. *Hydrothermal Processes and Mineral Deposits*. Cambridge University Press.
- Byrappa, K., & Masahiro, Y. (2001). *Handbook of Hydrothermal Technology*. New Jersey: Noyes Publications.
- Cao, X., Yong-Chun, S., Yong-Neng, H., Guang-Ping, L., & Liu, C. (2013). Integrated Process of Large-Scale and Size-Controlled SnO₂ Nanoparticles by Hydrothermal Method. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 23, 725-730.
- Coppola, A.I., Wiedemeier, D.B., Galy, V., Haghipour, N., Hanke, U.M., Nascimento, G.S., Usman, M.O., Blattmann, T.M., Reisser, M., Freymond, C.V., Zhao, M., Voss, B., Wacker, L., Schefuß, E., Peucker-Ehrenbrink, B., Abiven, S., Schmidt, M.W.I., & Eglinton, T.I. (2018). Global river particulate
- Engin, Y., & Karaaslan, C. (2020). Curing Time and Temperature Effect on the Resistance to Wet-Dry Cycles of Fly Ash Added Pumice Based Geopolymer.
- Famia, A. M., & Muldarisnur. (2019). Pengaruh Temperatur Sintesis Hidrotermal Terhadap Diameter Nanopartikel Seng Oksida. *Jurnal Fisika Unand*, 8(2).
- Hanus, M. J., & Harris, A. T. (2013). *Progress in Materials Science*, 58(7), 1056-1102.
- Hu, T., et al. (2017). Synthesis of zeolites Na-A and Na-X from tablet compressed and calcinated coal fly ash. *R. Soc. Open Sci*, 4.
- Ikomudin, R. A. (2016). Ketahanan Beton Geopolimer Berbasis Fly Ash terhadap Sulfat dan Klorida. *Jurnal Teknik Sipil*, 2(4).
- Jain, P. (2021). Effect of spray drying process parameters on particle morphology for fermented beetroot powder. Jabalpur, Madhya Pradesh, India.
- Kunecki, P., Panek, R., Wdowin, M., Bie'n, T., & Franus, W. (2021). Influence of the fly ash fraction after grinding process on the hydrothermal synthesis efficiency of Na-A, Na-P1, Na-X, and sodalite zeolite types. *International Journal of Coal Science & Technology*, 8. <http://dx.doi.org/10.1007/s40789-020-00332-1>

- Lawrence, J., et al. (1985). Automated Particle Size Analysis System. <https://doi.org/10.3133/cir963>
- Li, X., Snellings, R., & Scrivener, K. L. (2019). Quantification of amorphous siliceous fly ash in hydrated blended cement pastes by X-ray powder diffraction. *Journal of Applied Crystallography*. <http://dx.doi.org/10.1107/S1600576719013955>
- Manuahe, R., Sumajouw, M. D. J., & Windah, R. S. (2014). Kuat Tekan Beton Geopol YMER Berbahan Dasar Fly Ash. *Jurnal Sipil Statik*, 2(6).
- Marthinus, A. P. (2015). Pengaruh Penambahan Abu Terbang (Fly Ash) Terhadap Kuat Tarik Belah Beton. *Jurnal Sipil Statik*, 3(11).
- Masta, N., Rafsanjani, R. A., & Triyono, D. (2019). Structural, optical, and room temperature dielectric properties of $\text{La}_{1-x}\text{A}_x\text{FeO}_3$ (A= Mg, Sr, and Ba) perovskite nanomaterials. *Journal of Physics: Conference Series*, 4, 044067. IOP Publishing.
- Ningsih, I. Y. (2016). Studi Etnofarmasi Penggunaan Tumbuhan Obat oleh Suku Tengger di Kabupaten Lumajang dan Malang, Jawa Timur. *Molekul*, 11(1), 101-111.
- Parra-Huertas, R. A., Calderon-Carvajal, C. O., Gomez-Cuaspu, J. A., & Vera-Lopez, E. (2023). 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*. <https://doi.org/10.1016/j.bsecv.2023.01.004>
- Prasetyo, W. D. (2018). Sintesis Nanomaterial Perak Dengan Kontrol Terhadap Bentuk Dan Ukuran. *Jurnal Teknologi*, 1(1).
- Rizkita, N., Sari, D. N., Alfiana, A. F., Dea, T., & Rosalina, R. (2024). Sintesis Silika Dari Abu Terbang (Fly Ash) Batubara PT YTL Paiton Secara Batch Nadya. *Juni 2024*.
- Sajadi, S. M., et al. (2019). Interface Science and Technology, 28, 1-27. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813586-0.00001-8>
- Sartono, A. A. (2006). Difraksi sinar-X (X-RD). *Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia*.

- Scott, E. M. (2005). Nanotechnology for the Biologist Get Access Arrow. *Journal of Leukocyte Biology*, 78(3), 585–594. <https://doi.org/10.1189/jlb.0205074>
- Sumiyati, Manurung, P., & Suprihatin. (2021). Sintesis Nanotitania dengan Cara Hidrotermal sebagai Fungsi Suhu. *Journal of Energy, Material, and Instrumentation Technology*, 2(4).
- Teizer, J., Venugopal, M., Teizer, W., & Felkl, J. (2011). Nanotechnology and Its Impact on Construction: Bridging the Gap between Researchers and Industry Professionals. *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(5).
- Tian, Q., Sun, S., Sui, Y., Wang, Y., & Lv, Z. (2021). Effects Of Composition Of Fly Ash-Based Alkali-Activated Materials On Compressive Strength: A Review.
- Wibowo, A., Indrasti, N. S., & Ismayana, A. (2015). Sintesis Nanosilika Dari Abu Ketel Menggunakan Metode Hidrotermal Dengan Variasi Waktu Dan Suhu Proses. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/78123>
- Xing, Y., et al. (2019). Separation of unburned carbon from coal fly ash: a review. *Powder Technology*, 353. <http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2019.05.037>
- Yao, J. H., Elder, K. R., Guo, H., & Grant, M. (1992). Theory and Simulation of Ostwald Ripening. *Physical Review B*, 47(21).
- Zakaria, Z.Z., Benslimane, F.M., Nasrallah, G.K., Shurbaji, S., Younes, N.N., Mraiche, F., Da'as, S.I., & Yalcin, H.C. (2018). Using Zebrafish for Investigating the Molecular Mechanisms of Drug-Induced Cardiotoxicity. *BioMed Research International*.
- Zhang, Y., et al. (2020). Excellent adsorption of Zn (II) using NaP zeolite adsorbent synthesized from coal fly ash via stage treatment. *Journal of Cleaner Production*, 258.