

TUGAS AKHIR

ANALISIS HASIL SINTESIS NANOSILIKA BERBAHAN DASAR *FLY ASH* MENGGUNAKAN METODE HIDROTERMAL DENGAN VARIASI DURASI PEMANASAN

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



ZAKIAH DWI MAHARANI

03011382126107

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

2024

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Zakiah Dwi Maharani

NIM : 03011382126107

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



Zakiah Dwi Maharani

NIM. 03011382126107

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS HASIL SINTESIS NANOSILIKA BERBAHAN
DASAR FLY ASH MENGGUNAKAN METODE
HIDROTERMAL DENGAN VARIASI DURASI PEMANASAN**

TUGAS AKHIR

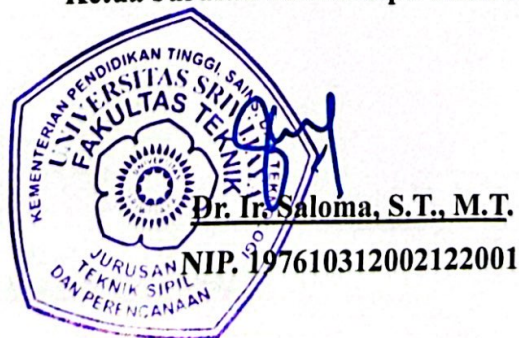
Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelas Sarjana Teknik
Oleh:

ZAKIAH DWI MAHARANI
03011382126107

Palembang, Desember 2024
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



HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Tugas Akhir ini dengan judul “Analisis Hasil Sintesis Nanosilika Berbahan Dasar *Fly Ash* Menggunakan Metode Hidrotermal dengan Variasi Durasi Pemanasan” yang disusun oleh Zakiah Dwi Maharani, NIM. 03011382126107 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. 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., I.P.M.
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 : Zakiah Dwi Maharani

NIM : 03011382126107

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



Zakiah Dwi Maharani
NIM. 03011382126107

RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Zakiah Dwi Maharani
Jenis Kelamin : Perempuan
Status : Belum menikah
Agama : Islam
Warga negara : Indonesia
Nomor HP : 082181641901
E-mail : zakiahdwimaharani26@gmail.com

Riwayat Pendidikan:

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Pendidikan	Masa
SDN 16 LUBUKLINGGAU	-	-	SD	2009 - 2015
SMPN 1 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,



Zakiah Dwi Maharani
NIM. 03011382126107

RINGKASAN

ANALISIS HASIL SINTESIS NANOSILIKA BERBAHAN DASAR *FLY ASH* MENGGUNAKAN METODE HIDROTERMAL DENGAN VARIASI DURASI PEMANASAN

Karya Tulis Ilmiah Berupa Tugas Akhir,

Zakiah Dwi Maharani; 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 abu sisa hasil pembakaran batu bara. Silika pada *fly ash* dapat digunakan 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, aquadest, dan *kangen water*. Material tersebut akan disintesis menggunakan metode hidrotermal. Penelitian ini menggunakan variasi durasi pemanasan yaitu 10 jam, 12 jam, dan 14 jam. 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 lama durasi pemanasan akan semakin kecil ukuran dan persentase amorf semakin besar. Dari hasil uji XRF dan SEM ditarik kesimpulan bahwa semakin lama durasi pemanasan akan menghasilkan jumlah silika yang paling banyak. Berdasarkan pengujian diperoleh bahwa temperatur pembakaran optimum pada proses sintesis adalah 14 jam yang menghasilkan kemurnian silika $\pm 54\%$ serta ukuran kristal sebesar 22,59 nm dengan kristalin sebanyak 2,17% dan amorf sebanyak 97,82%.

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 HEATING DURATION

Scientific papers in form of Final Projects,

Zakiah Dwi Maharani; 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 the remaining ash from coal combustion. Silica in fly ash can be used to increase the compressive strength of concrete. Quality nanosilica can be produced by the synthesis process from fly ash waste. The materials used in this study were fly ash, HCl solution, NaOH, distilled water, and kangen water. These materials will be synthesized using the hydrothermal method. This study used variations in heating duration, namely 10 hours, 12 hours, and 14 hours. This study used microstructure testing to analyze the synthesis results in the form of X-Ray Diffraction (XRD), X-Ray Fluorescence (XRF), and Scanning Electron Microscope (SEM). From the results of the XRD test, it can be concluded that the longer the heating duration, the smaller the size and the greater the percentage of amorphous. From the results of the XRF and SEM tests, it was concluded that the longer the heating duration would produce the greatest amount of silica. Based on the test, it was obtained that the optimum combustion temperature in the synthesis process was 14 hours which produced a silica purity of $\pm 54\%$ and a crystal size of 22.59 nm with crystalline as much as 2.17% and amorphous as much as 97.82%.

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 DURASI PEMANASAN

Zakiah Dwi Maharani¹⁾, Arie Putra Usman²⁾

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

E-mail: zakiahdwimaharani26@gmail.com

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

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

Abstrak

Fly ash merupakan abu sisa hasil pembakaran batu bara. Silika pada *fly ash* dapat digunakan 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, aquadest, dan *kangen water*. Material tersebut akan disintesis menggunakan metode hidrotermal. Penelitian ini menggunakan variasi durasi pemanasan yaitu 10 jam, 12 jam, dan 14 jam. 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 lama durasi pemanasan akan semakin kecil ukuran dan persentase amorf semakin besar. Dari hasil uji XRF dan SEM ditarik kesimpulan bahwa semakin lama durasi pemanasan akan menghasilkan jumlah silika yang paling banyak. Berdasarkan pengujian diperoleh bahwa temperatur pembakaran optimum pada proses sintesis adalah 14 jam yang menghasilkan kemurnian silika $\pm 54\%$ serta ukuran kristal sebesar 22,59 nm dengan kristalin sebanyak 2,17% dan amorf sebanyak 97,82%.

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

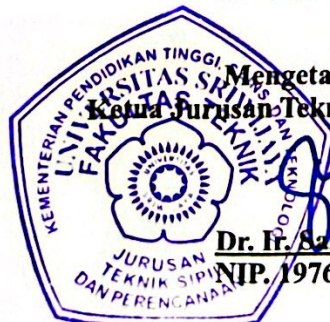
Palembang, Desember 2024

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. Azloma, S.T., M.T.

NIP. 19761031200212200

ANALYSIS OF SYNTHESIS RESULTS OF NANOSILICA BASED ON FLY ASH USING HYDROTHERMAL METHOD WITH VARIATION OF HEATING DURATION

Zakiah Dwi Maharani¹⁾, Arie Putra Usman²⁾

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

E-mail: zakiahdwimaharani26@gmail.com

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

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

Abstract

Fly ash is the remaining ash from coal combustion. Silica in fly ash can be used to increase the compressive strength of concrete. Quality nanosilica can be produced by the synthesis process from fly ash waste. The materials used in this study were fly ash, HCl solution, NaOH, distilled water, and kangen water. These materials will be synthesized using the hydrothermal method. This study used variations in heating duration, namely 10 hours, 12 hours, and 14 hours. This study used microstructure testing to analyze the synthesis results in the form of X-Ray Diffraction (XRD), X-Ray Fluorescence (XRF), and Scanning Electron Microscope (SEM). From the results of the XRD test, it can be concluded that the longer the heating duration, the smaller the size and the greater the percentage of amorphous. From the results of the XRF and SEM tests, it was concluded that the longer the heating duration would produce the greatest amount of silica. Based on the test, it was obtained that the optimum combustion temperature in the synthesis process was 14 hours which produced a silica purity of $\pm 54\%$ and a crystal size of 22.59 nm with crystalline as much as 2.17% and amorphous as much as 97.82%.

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

Palembang, Desember 2024

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 Durasi Pemanasan**”. 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., IPM, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Sriwijaya yang telah membimbing dan mengarahkan dalam penulisan tugas akhir.
4. Bapak Dr. Ir. Arie Putra Usman, S.T, M.T. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dalam penulisan laporan tugas akhir ini.
5. Ibu Puteri Kusuma Wardhani, S.T., M.Sc., PH.D. selaku dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan arahan.
6. Dosen-dosen serta staf Jurusan Teknik Sipil yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini serta membantu penulis selama masa perkuliahan.
7. Teristimewa kedua orang tua tersayang, Ayah Mukhlisin, S.H., M.H., dan Ibu Susi Handayani, S.E., yang telah memberikan do’a, dukungan, kasih sayang, semangat, dan motivasi dengan penuh cinta hingga penulis mampu menyelesaikan studi dan meraih gelar sarjana.
8. Saudara tercinta, Muhammad Agung Fadhlillah dan Muhammad Rizky Zaidan yang telah membantu dan memberikan dukungan kepada penulis dengan do’a dan semangat yang tulus dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Tuan NIM. 03011382126142, sebagai *partner* terbaik yang telah kebersamai, mendengarkan, memberikan *support*, dan berkontribusi

penuh sepanjang penulisan tugas akhir ini.

10. Seluruh keluarga besar yang telah memberikan do'a dan dukungan dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
11. Sahabat penulis, Sabrina, Ismi, Naurah, Alifah, Alda, Tiara yang telah kebersamai dan membantu selama proses perkuliahan hingga proses penyelesaian tugas akhir ini
12. Sahabat penulis, Annisa, Salsabila, Rifana, Mutiara, Dian, Erinda, Nabila, Alya, Cindy, dan Elvina 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.

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



Zakiah Dwi Maharani

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
DAFTAR NOTASI.....	xx
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 Nanoteknologi.....	5
2.2.1 Kelebihan Nanoteknologi dalam Bidang Konstruksi	7
2.2.2 Kekurangan Nanoteknologi dalam Konstruksi.....	8
2.3 Proses Sintesis	9
2.4 Nanosilika	10

2.5	<i>Fly ash</i>	11
2.6	Metode Hidrotermal.....	13
2.7	Alat Reaktor Autoklaf Hidrotermal	14
2.8	Pengujian Mikrostruktur	15
2.8.1	<i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	15
2.8.2	<i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i>	16
2.8.3	<i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i>	17
2.9	Variasi Durasi Pemanasan.....	18
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		20
3.1	Studi Literatur	20
3.2	Alur Penelitian	20
3.3	Bahan	21
3.3.1	<i>Fly ash</i>	22
3.3.2	Larutan Asam Klorida (HCl).....	22
3.3.3	Aquadest.....	22
3.3.4	Larutan Natrium Hidroksida (NaOH)	23
3.3.5	<i>Kangen Water</i>	23
3.4	Peralatan	24
3.4.1	Saringan.....	24
3.4.2	Wadah.....	24
3.4.3	<i>Digital Ultrasonic Cleaner</i>	25
3.4.4	Reaktor Autoklaf Hidrotermal.....	25
3.4.5	Kertas Saring.....	26
3.4.6	Timbangan.....	26
3.4.7	Oven	27
3.4.8	Furnace	27
3.4.9	<i>Hotplate</i>	28
3.4.10	<i>Magnetic Stirrer</i>	28
3.4.11	Spatula.....	29
3.4.12	<i>Labu Erlenmeyer</i>	29
3.4.13	Gelas Beker	30
3.4.14	Corong.....	30
3.4.15	Lumpang dan Alu	30
3.4.16	Alat Pengujian <i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	31

3.4.17	Alat Pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	31
3.4.18	Alat Pengujian <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF)	32
3.5	Prosedur Penelitian	32
3.5.1	Tahap 1	34
3.5.2	Tahap 2	34
3.5.3	Tahap 3	34
3.3.4	Tahap 4	43
3.3.5	Tahap 5	43
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		50
4.1	Pengujian Mikrostruktur	50
4.1.1	Pengujian <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF)	50
4.1.2	Pengujian <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD)	52
4.1.3	Pengujian <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	65
BAB 5 PENUTUP		68
5.1	Kesimpulan	68
5.2	Saran	69
DAFTAR PUSTAKA		70
LAMPIRAN		73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perbandingan ukuran bahan nano	7
Gambar 2.2 Pendekatan sintesis nanopartikel <i>top down</i> dan <i>bottom up</i>	9
Gamabr 2.3 Macam-macam sintesis nanomaterial	10
Gambar 2.4 Struktur dari nanosilika	11
Gambar 2.5 Perbandingan semen dan <i>fly ash</i>	13
Gambar 2.6 Alat reaktor autoklaf hidrotermal	15
Gambar 2.7 Hasil XRD <i>fly ash</i>	16
Gambar 2.8 Komponen <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	17
Gambar 2.9 Morfologi <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM)	19
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian	21
Gambar 3.2 <i>Fly ash</i>	22
Gambar 3.3 Larutan asam klorida	22
Gambar 3.4 Aquadest	23
Gambar 3.5 Larutan natrium hidroksida (NaOH)	23
Gambar 3.6 <i>Kangen water</i>	24
Gambar 3.7 Saringan	24
Gambar 3.8 Wadah	25
Gambar 3.9 <i>Digital ultrasonic cleaner</i>	25
Gambar 3.10 Reaktor autoklaf hidrotermal	26
Gambar 3.11 Kertas saring	26
Gambar 3.12 Timbangan	27
Gambar 3.13 Oven	27
Gambar 3.14 Furnace	28
Gambar 3.15 <i>Hotplate</i>	28
Gambar 3.16 <i>Magnetic stirrer</i>	29
Gambar3.17 Spatula	29
Gambar 3.18 Labu erlenmeyer	29
Gambar 3.19 Gelas beker	30
Gambar 3.20 Corong	30
Gambar 3.21 Lumpang dan alu	31

Gambar 3.22 Alat uji XRD.....	31
Gambar 3.23 Alat uji SEM.....	32
Gambar 3.24 Alat uji XRF	32
Gambar 3.25 Penyaringan <i>fly ash</i>	34
Gambar 3.26 Penimbangan sampel <i>fly ash</i>	35
Gambar 3.27 Pencampuran <i>fly ash</i> dengan aquadest.....	35
Gambar 3.28 <i>Fly ash</i> dimasukkan ke dalam <i>digital ultrasonic cleaner</i>	36
Gambar 3.29 Penyaringan <i>fly ash</i>	36
Gambar 3.30 Pengeringan <i>fly ash</i>	37
Gambar 3.31 Pencampuran <i>fly ash</i> dengan HCL.....	38
Gambar 3.32 Penyaringan <i>fly ash</i> dengan HCL.....	38
Gambar 3.33 Pencucian <i>fly ash</i>	39
Gambar 3.34 Pengeringan <i>fly ash</i>	39
Gambar 3.35 Pencampuran <i>fly ash</i> dan NaOH	40
Gambar 3.36 Penyaringan <i>fly ash</i> dari NaOH	40
Gambar 3.37 Pengeringan <i>fly ash</i>	41
Gambar 3.38 <i>Fly ash</i> dimasukkan ke dalam reaktor autoklaf hidrotermal	41
Gambar 3.39 Pemanasan <i>fly ash</i>	41
Gambar 3.40 Pengeringan <i>fly ash</i>	42
Gambar 3.41 Penghalusan sampel menggunakan lumping dan alu.....	42
Gambar 3.42 New project pada aplikasi origin.....	43
Gambar 3.43 Memindahkan data dari excel ke aplikasi origin.....	44
Gambar 3.44 Plot data menjadi stacked lines y	44
Gambar 3.45 Setelah data diplot	45
Gambar 3.46 Klik toolbox analysis.....	45
Gambar 3.47 Klik peaks info	46
Gambar 3.48 Mencari nilai intensitas maksimum dari excel XRD	46
Gambar 3.49 Memasukkan nilai 2-theta	47
Gambar 3.50 Mencari luas area puncak.....	48
Gambar 3.51 Mencari nilai luasan area total	48
Gambar 3.52 Grafik nilai luasan area total	49

Gambar 4.1 Hasil uji XRD keberadaan senyawa pada sampel variasi durasi pemanasan 10 jam.....	53
Gambar 4.2 Hasil uji XRD keberadaan senyawa pada sampel variasi durasi pemanasan 12 jam.....	54
Gambar 4.3 Hasil uji XRD keberadaan senyawa pada sampel variasi durasi pemanasan 14 jam.....	54
Gambar 4.4 Hasil XRD variasi durasi pemansan 10 jam.....	57
Gambar 4.5 Hasil XRD variasi durasi pemansan 12 jam.....	57
Gambar 4.6 Hasil XRD variasi durasi pemansan 14 jam.....	58
Gambar 4.7 Hasil perhitungan luas area titik puncak dengan variasi durasi pemanasan 10 jam.....	59
Gambar 4.8 Grafik luas area titik puncak dengan variasi 10 jam.....	60
Gambar 4.9 Hasil perhitungan luas area total dengan variasi durasi pemanasan 10 jam.....	60
Gambar 4.10 Hasil perhitungan luas area titik puncak dengan variasi durasi pemanasan 12 jam.....	61
Gambar 4.11 Grafik area titik puncak dengan variasi 12 jam.....	61
Gambar 4.12 Hasil perhitungan luas area total dengan variasi durasi pemanasan 12 jam.....	62
Gambar 4.13 Hasil perhitungan luas area titik puncak dengan variasi durasi pemanasan 14 jam.....	62
Gambar 4.14 Grafik area titik puncak dengan variasi 14 jam.....	63
Gambar 4.15 Hasil perhitungan luas area total dengan variasi durasi pemanasan 14 jam.....	63
Gambar 4.16 Hasil SEM variasi durasi pemanasan 10 jam.....	65
Gambar 4.17 Hasil SEM variasi durasi pemanasan 12 jam.....	65
Gambar 4.18 Hasil SEM variasi durasi pemanasan 14 jam.....	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Unsur kimia pada <i>fly ash</i>	12
Tabel 2.2 Kelebihan dan kekurangan penggunaan <i>fly ash</i>	12
Tabel 2.3 Perbedaan ukuran partikel.....	18
Tabel 4.1 Hasil XRF pemanasan 10 jam	51
Tabel 4.2 Hasil XRF pemanasan 12 jam	52
Tabel 4.3 Hasil XRF pemanasan 14 jam	52
Tabel 4.4 Hasil perhitungan ukuran kristal variasi durasi pemanasan 10 jam	56
Tabel 4.5 Hasil perhitungan ukuran kristal variasi durasi pemanasan 12 jam	57
Tabel 4.6 Hasil perhitungan ukuran kristal variasi durasi pemanasan 14 jam	57
Tabel 4.7 Perbandingan persentase nilai kristalin dan amorf.....	65

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

Tidak dapat dipungkiri nanoteknologi sudah menjadi salah satu teknologi yang penting pada zaman ini karena telah menghasilkan berbagai macam teknologi, termasuk pada bidang teknik sipil. Dalam teknik sipil, nanoteknologi adalah bidang baru yang melibatkan manipulasi material pada skala nano untuk mengembangkan material baru dan meningkatkan kinerja material yang sudah ada yang digunakan dalam konstruksi. Penggunaan material nano dalam industri konstruksi banyak diteliti dengan berbagai aplikasi inovatif.

Salah satu pemanfaatan nanoteknologi pada bidang teknik sipil yaitu penambahan *fly ash* pada campuran material konstruksi. Partikel *fly ash* yang sangat halus ini ditangkap oleh peralatan penangkap abu di dalam cerobong asap. Dari sudut pandang pelestarian lingkungan, penggunaan *fly ash* sebagai bahan pembentuk beton dapat membantu mengurangi limbah bangunan dan jumlah lahan yang dibutuhkan membuang limbah *fly ash*. Penambahan *fly ash* dalam campuran pembuatan beton dapat memberikan banyak manfaat dari segi kekuatan, daya tahan, efisiensi biaya, dan dampak lingkungan.

Nanosilika (SiO_2) adalah bahan nano yang banyak digunakan dalam beton kinerja sangat tinggi (UHPC). Secara umum, nanosilika dibuat dari silika berukuran mikron. Reaksi kuat yang dihasilkan oleh nanosilika dalam UHPC sebanding dengan silika fume atau mikrosilika dalam hal peningkatan kekuatan, kinerja, dan daya tahannya memperlihatkan beton dengan nanosilika dapat mendapat kekuatan lebih awal dibandingkan dengan silika-fume. Hal ini memperlihatkan penggabungan nanosilika dalam beton dapat meningkatkan kemampuan kerja ketika penambahan *superplasticizer* berada pada jumlah terendah. Selain itu, ukuran partikel nanosilika dapat bertindak sebagai *ultrafiller* di dalam beton, menghasilkan *mikrovoid* yang padat dan halus untuk menghasilkan struktur mikro yang cerdas.

Manfaat lain dari nanosilika mencakup kontrol rasio air dan semen yang lebih baik, sehingga kekuatannya dapat disesuaikan dengan mudah. Karakteristik

dari nanosilika memiliki kekuatan yang lebih tinggi dari baja. Selain itu, partikel nanosilika memiliki ketahanan yang tinggi terhadap berbagai macam kondisi yang buruk sehingga sangat cocok dijadikan campuran pada pembuatan beton.

Dari latar belakang, dapat disimpulkan penelitian ini memiliki urgensi dilakukan mencari kondisi optimal dalam sintesis nanosilika berbahan dasar *fly ash* menggunakan metode hidrotermal dengan variasi durasi pemanasan. Penelitian ini tidak hanya memberikan solusi pengelolaan *fly ash* namun juga berkontribusi pada pengembangan material nanosilika yang lebih baik dan berkualitas.

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 durasi pemanasan?
2. Bagaimana efek variasi durasi pemanasan 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 durasi pemanasan
2. Mengetahui efek variasi durasi pemanasan terhadap kualitas nanosilika yang dihasilkan.

1.4 Ruang Lingkup

Dalam penelitian ini terdapat ruang lingkup :

1. Limbah *fly ash* yang lolos saringan 200 mesh.
2. *Fly ash* sebanyak 50 gram.
3. Reaktor autoklaf hidrotermal sebagai tempat proses hidrotermal
4. Larutan asam klorida (HCl) 3M sebanyak 100 ml.
5. Larutan natrium hidroksida (NaOH) 3M sebanyak 100 ml

6. Analisis mikrostruktur dengan pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscope* (SEM), dan *X-Ray Fluorescence* (XRF).
7. Variasi durasi pemanasan 10 jam, 12 jam, 14 jam.
8. Pengujian hanya sampai mendapatkan nanosilika .

1.5 Metode Pengumpulan Data

Adapun metode dari pengumpulan data dalam tugas akhir mengenai sintesis nanosilika berbahan dasar *fly ash* menggunakan metode hidrotermal dengan variasi durasi pemanasan 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 laporan tugas akhir tentang sintesis nanosilika berbahan dasar *fly ash* menggunakan metode hidrotermal dengan variasi durasi pemanasan :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini memuat latar belakang tugas akhir, rumusan masalah, tujuan penelitian, ruang lingkup, metodologi pengumpulan data, dan metodologi penulisan.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memuat tinjauan literatur yang dijadikan sebagai penjelasan teoritis dari literatur dan pustaka pada definisi nanoteknologi, definisi proses sintesis,

definisi sintesis nanosilika, definisi *fly ash*, definisi metode hidrotermal, alat pengujian yang dipakai, serta analisis mikrostruktur yang digunakan.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas tentang perbekalan dan alat pengujian yang diperlukan tugas akhir, serta bagaimana penelitian proyek tersebut akan dilakukan, yang meliputi bagaimana analisis hasil sintesis nanosilika berbahan dasar *fly ash* menggunakan metode hidrotermal dengan variasi durasi pemanasan.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan temuan pengolahan data dari percobaan laboratorium yang berkaitan dengan sintesis nanosilika berbahan dasar *fly ash* menggunakan metode hidrotermal dengan variasi durasi pemanasan.

BAB 5 PENUTUP

Pada bab ini berisi kesimpulan dan saran dari penelitian tugas akhir untuk digunakan dimasa depan.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Reginald, D. (2024). Nanopartikel Silikon Dioksida (*Nanosilika*): Sifat & Aplikasi. 151, 113053. sciencedirect.com.
- Kurniawan R.F., dan Widiastuti N. (2017). Sintesis Zeolit-A dari Abu Dasar Batubara dengan Pemisahan Fe dan Ca. Jurnal Teknik ITS. Vol. 6 No. 1 (2017) ISSN: 2337-3539 (2301-9271 Print)
- Luthfia, Z. (2017). Sintesis Zeolit A Dari abu Tebrang (*Fly ash*) Batubara dengan variasi rasio molar Si/Al dan aplikasinya sebagai penukar kation. Respository Universitas Jember.
- Prawiyanto Y., Shofiyani A., and Zaharah T.A. (2018). *Synthesis and Characterization of Zeolite Materials From Power Plant Fly ash*. Asian Journal of Chemistry. Vol. 30 No. 5 (2018): Vol 30 Issue 5.
- Gougazeh M., Buhl. (2013). *Synthesis and Characteristic of Zeolite A by Hydrothermal Transformation of Natural Jordania*. Journal of the Association of Arab Universities for Basic and Applied Sciences. Volume 15. Pages 35-45.
- Tri, Anggara, 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 Rekaya Proses Home > Vol 17, No 2.
- Novianti, T., Biomed, M., (2023). *Pre-Conference Workshop Nanomaterial Characterization And Perfomance Analysis*. Universitas Esa Unggul.
- Anggarwan, P., Raul, P. S., Anggarwan, Y., Hussain, R. R. (2015). *Use of nano-silica in cement based materials—A review*. Cogent Engineering.
- Gunawan., S. F. (2011). Pemanfaatan Limbah Abu Terbang yang Ramah Lingkungan Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah Dasar. Vol 28 No 2
- Xiong, K. W. Shah, Teng. (2020). *Functional nanomaterials and their applications toward smart and green buildings* : Science Direct.

- Utsev, T., Tiza, Mogbo, Singh, Charkavarti, Pal Singh (2022). *Application of nanomaterials in civil engineering*. Sciencedirect. Volume 62, Part 8, Pages 5140-5146.
- Desianti, Zelviani, Rahmaniah, dan Sri. (2018). Karakteristik nanosilika dari abu terbang (*Fly ash*) PT. Bosow Energi Jenepono dengan Menggunakan Metode Ultrasonic : JFT. No.2, Vol. 5..
- Wulandari (2019). Karakterisasi zeolit A dari abu terbang batubara melalui metode sintesis fusi-hidrotermal. Konferensi IOP. Ser. Materi. Sains. Eng., 543.
- Ehsan, K. M., Hossain, Md. R., Manzur, T., Shohag, A., Tabassum, N. (2016). *Particle Size Analysis by Image Processing Technique. Department of Civil Engineering*. Bangladesh University of Engineering & Technology, Dhaka.
- Sujatno, A., Salam, R., Dimiyati, A., (2015). Studi Scanning Electron Microscopy (SEM) untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium. Jurnal Forum Nuklir, 9 (1).
- Sanchez, F., & Sobolev, K. (2010). *Nanotechnology in concrete—A review. Construction and Building Materials*, 24(11), 2060–2071.
- Rahmawati, I. (2017). Pengaruh Nanosilika terhadap Kinerja Beton. Jurnal Teknologi Material, Vol. 5, No. 2, pp. 123-130.
- Farhadi., Sudahlah. (2023). Nanoteknologi dalam Industri Konstruksi; Panduan untuk tahun 2024. : Neuroject.
- Qisti, N. Indrasti., Suprihatin, N. S. (2016). Optimasi Kondisi Proses dan Penggandaan Skala Produksi Nanosilika Menggunakan Metode Hidrotermal.
- Parra, Ricardo Adolfo., 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, Av. Central del Norte 39-115, Tunja, Colombia.
- Zumrotin. Z. (2015). Studi morfologi silika hasil kalsinasi dengan metode sintesis hidrotermal kopresipitasi. Jurnal Fisika, vol.4, 41-44.

- Rifai, H. (2023). Apa Itu *Fly ash*? Manfaat & Pengaplikasian pada Proyek. Proyekin.
- Saksono, N. (2002). Analisis Iodat Dalam Bumbu Dapur Dengan Metode Iodometri Dan X-Ray Fluorescence. Jurusan Teknik Gas dan Petrokimia, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok 16424, Indonesia. Vol 6. No.3.
- Soamole, S. Mufti Amir, T. Arbain. (2022). Efek Pemanasan Terhadap Kuat Tekan Mortar Semen Dengan Penambahan *Fly Ash*. Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS), Vol. 5 No.1.
- Wibowo. (2020). Perfoma Beton Geopolimer Berbasis High-Calcium Fly Ash dengan Variasi Molaritas NaOH untuk Implementasi di Lingkungan Klorida. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Anggra, F. Sutresno, F, Astuti, W. (2023). Pengaruh penambahan fly ash PLTU Cirebon dan temperatur pengeringan terhadap kuat tekan material konstruksi beton High Volume *Fly Ash* (HFVA). Jurnal Rekayasa Proses, Vol. 17 No.2.
- 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.
- Saloma, Nasution, A., Imran, I., & Abdullah, M. (2015). *Improvement of concrete durability by nanomaterials*. Procedia Engineering, 125, 608–612.