

TUGAS AKHIR
ANALISIS SINTESIS NANOSILIKA BERBAHAN
DASAR *FLY ASH* MENGGUNAKAN METODE
SOL-GEL DENGAN VARIASI RASIO
METANOL DAN PREKURSOR



MUHAMMAD IQBAL KATENI
03011382126133

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2025

TUGAS AKHIR
ANALISIS SINTESIS NANOSILIKA BERBAHAN
DASAR FLY ASH MENGGUNAKAN METODE
SOL-GEL DENGAN VARIASI RASIO
METANOL DAN PREKURSOR

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



MUHAMMAD IQBAL KATENI
03011382126133

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

2025

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Iqbal Kateni

NIM : 03011382126133

Judul : ANALISIS SINTESIS NANOSILIKA BERBAHAN DASAR FLY ASH
MENGUNAKAN METODE SOL-GEL DENGAN VARIASI RASIO
METANOL DAN PREKUSOR.

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

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



Palembang, Mei 2025



Muhammad Iqbal Kateni
NIM. 03011382126133

HALAMAN PENGESAHAN

ANALISIS SINTESIS NANOSILIKA BERBAHAN DASAR *FLY ASH* MENGGUNAKAN METODE SOL-GEL DENGAN VARIASI RASIO METANOL DAN PREKURSOR

TUGAS AKHIR

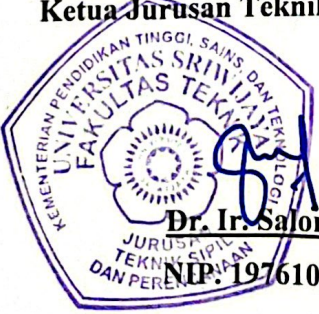
Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik
Oleh:

Muhammad Iqbal Kateni
03011382126133

Palembang, Mei 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 SINTESIS NANOSILIKA BERBAHAN DASAR FLY ASH MENGGUNAKAN METODE SOL-GEL DENGAN VARIASI RASIO METANOL DAN PREKURSOR” yang disusun oleh Muhammad Iqbal Kateni, NIM. 03011382126133 telah dipertahankan di depan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 9 Mei 2025.

Palembang, 9 Mei 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. Saloma, S.T.,M.T.
NIP. 197610312002122001

()

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 : Muhammad Iqbal Kateni

NIM : 03011382126133

Judul : ANALISIS SINTESIS NANOSILIKA BERBAHAN DASAR FLY ASH
MENGUNAKAN METODE SOL-GEL DENGAN VARIASI RASIO
METANOL DAN PREKUSOR

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

Palembang, Mei 2025



Muhammad Iqbal Kateni

NIM. 03011382126133

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama Lengkap : Muhammad Iqbal Kateni
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Status : Belum menikah
Agama : Islam
Warga Negara : Indonesia
Nomor HP : 0816382003
E-mail : iqbalkateni@gmail.com

Riwayat Pendidikan :

Nama Sekolah	Fakultas	Jurusan	Pendidikan	Masa
SD IBA Palembang	-	-	SD	2008-2014
SMP Kusuma Bangsa palembang	-	-	SMP	2014-2017
SMA Kusuma Bangsa Palembang	-	IPA	SMA	2017-2020
Universitas Sriwijaya	Teknik	Teknik Sipil	S1	2021-2025

Demikian riwayat hidup penulis yang dibuat dengan sebenarnya.

Dengan Hormat,



Muhammad Iqbal Kateni
03011382126133

RINGKASAN

ANALISIS SINTESIS NANOSILIKA BERBAHAN DASAR *FLY ASH* MENGGUNAKAN METODE SOL-GEL DENGAN VARIASI RASIO METANOL DAN PREKURSOR

Karya Tulis Ilmiah Berupa Tugas Akhir,

Muhammad Iqbal Kateni; Dimbing oleh Dr. Ir. Arie Putra Usman, S.T.,M.T.

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

xviii + 69 halaman, 73 gambar, 15 tabel

Partikel nanosilika merupakan silika berukuran sangat kecil dengan skala nanometer, yaitu 1-100 nm. Oleh karena itu, beton yang dihasilkan memiliki sifat mekanik dan kimia berbeda apabila struktur atom atau molekulnya dibuat dalam rentang ukuran 1 hingga 10 nm. Dengan ukurannya yang sangat kecil, yaitu kurang dari 100 nm, nanosilika sangat cocok dihasilkan sintesis dari limbah *fly ash*. *Fly ash* dapat digunakan sebagai material penyusun pada semen dan juga dapat dicampur metanol dengan perbandingan yang tepat. Material penyusun lainnya berupa HCl, NaOH, Ammonia, dan air demin. Penelitian ini menggunakan variasi rasio campuran antara metanol : prekursor, yaitu 23 : 1, 30 : 1, 37 : 1 dengan melakukan pengujian mikrostruktur untuk menganalisis hasil sintesis berupa *X-Ray Diffraction* (XRD), *X-Ray Fluorescence* (XRF), dan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Berdasarkan pengujian diperoleh bahwa rasio yang relatif bagus selama proses sintesis menggunakan metode sol gel adalah rasio 37 : 1 yang menghasilkan kemurnian silika 59,96 % serta ukuran kristal sebesar 26,48 nm dengan kristalin sebanyak 3,43 % dan amorf sebanyak 96,56 %. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar rasio antara pelarut (metanol) dan larutan (prekursor), maka akan semakin kecil ukuran silika yang dihasilkan dan semakin kecil rasio pelarut dan larutan, maka akan semakin besar ukuran silika yang dihasilkan dan jumlahnya pun akan semakin banyak.

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

SUMMARY

ANALYSIS OF FLY ASH-BASED NANOSILICA SYNTHESIS USING SOL-GEL METHOD WITH VARIATION OF METHANOL AND PRECURSOR RATIO

Scientific papers in form of Final Projects,

Muhammad Iqbal Kateni; Guide by Advisor Dr. Ir. Arie Putra Usman, S.T.,M.T

Civil Engineering, Faculty of Engineering, Sriwijaya University

xviii + 69 pages, 73 images, 15 tables

Nanosilica particles are very small silica on the nanometer scale, which is 1-100 nm. Therefore, the concrete produced has different mechanical and chemical properties when the atomic or molecular structure is made in the size range of 1 to 10 nm. . With its very small size, which is less than 100 nm, nanosilica is very suitable for synthesis from fly ash waste. Fly ash can be used as a constituent material in cement and can also be mixed with methanol in the right ratio. Other constituent materials are HCl, NaOH, ammonia, and demin water. This research uses a variation of the mixture ratio between methanol: precursor, namely 23: 1, 30 : 1, 37 : 1 by conducting microstructure testing to analyze the synthesis results in the form of X-Ray Diffraction (XRD), X-Ray Fluorescence (XRF), and Scanning Electron Microscope (SEM). Based on the test, it was found that a relatively good ratio during the synthesis process using the sol gel method was a ratio of 37: 1 which produces silica purity of 59.96% and a crystal size of 26.48 nm with 3.43% crystalline and 96.56% amorphous. From the results of this study it can be concluded that the greater the ratio between solvent (methanol) and solution (precursor), the smaller the size of silica produced and the smaller the ratio of solvent and solution, the larger the size of silica produced and the amount will be more.

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

ANALISIS SINTESIS NANOSILIKA BERBAHAN DASAR *FLY ASH* MENGUNAKAN METODE SOL GEL DENGAN VARIASI RASIO METANOL DAN PREKURSOR

Muhammad Iqbal Kateni¹⁾, Arie Putra Usman²⁾

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

E-mail: iqbalkateni@gmail.com

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

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

Abstrak

Nanosilika merupakan silika yang berukuran nano yaitu berkisar 1-100 nm dan memiliki fungsi untuk meningkatkan kuat tekan beton. Nanosilika dapat dihasilkan dengan proses sintesis dari *fly ash*. Material yang digunakan pada penelitian ini berupa *fly ash*. Penelitian ini menggunakan variasi rasio antara metanol : prekursor yaitu 23 : 1, 30 : 1, dan 37 : 1 dalam satuan (ml). Pada penelitian ini menggunakan pengujian mikrostruktur untuk menganalisis hasil ekstraksi berupa X-Ray Diffraction (XRD), X-Ray Fluorescence (XRF), dan Scanning Electron Microscope (SEM). Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin banyak jumlah prekursor yang digunakan maka semakin kecil ukuran nano yang dihasilkan. Berdasarkan pengujian diperoleh bahwa rasio yang baik pada proses sintesis adalah rasio 37 : 1 menghasilkan ukuran kristal rata-rata sebesar 26,48 nm dan pada rasio 37 : 1 kristalin sebanyak 3,43% dan amorf sebanyak 96,56 %, dan kandungan silika murni yang tertinggi pada rasio ketiga yaitu 37 : 1 sebesar $\pm 59\%$.

Kata kunci: Nanosilika, *fly ash*, XRD, XRF, SEM

Palembang, Mei 2025

Diperiksa dan disetujui oleh,

Dosen Pembimbing

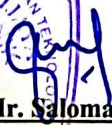

Dr. Ir. Arie Putra Usman, S.T., M.T

NIP. 198605192019031007

Mengetahui/Menyetujui

Ketua Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan,




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

**ANALYSIS OF FLY ASH-BASED NANOSILICA SYNTHESIS
USING SOL-GEL METHOD WITH VARIATION
OF METHANOL AND PRECURSOR RATIO**

Muhammad Iqbal Kateni¹⁾, Arie Putra Usman²⁾,

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

E-mail: iqbalkateni@gmail.com

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

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

Abstract

Nanosilica is a nano-sized silica that ranges from 1-100 nm and has a function to increase the compressive strength of concrete. Nanosilica can be produced by synthesizing fly ash. The material used in this research is fly ash. This study uses a variation of the ratio between mentanol : precursor, namely 23: 1, 30 : 1, and 37: 1 in units (ml). In this study using microstructure testing to analyze the extraction results in the form of X-Ray Diffraction (XRD), X-Ray Fluorescence (XRF), and Scanning Electron Microscope (SEM). From these results it can be concluded that the greater the amount of precursor used, the smaller the nano size produced. Based on the test, it was found that a good ratio in the synthesis process was a ratio of 37: 1 produces an average crystal size of 26.48 nm and at a ratio of 37: 1 crystalline as much as 3.43% and amorphous as much as 96.56%, and the highest pure silica content in the third ratio of 37: 1 by $\pm 59\%$.

Keywords: Nanosilica, fly ash, XRD, XRF, SEM

Palembang, Mei 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

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 Sintesis Nanosilika Berbahan Dasar Fly Ash Menggunakan Metode Sol-Gel Dengan Variasi Rasio Metanol dan Prekursor**”. 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. Bapak Dr. Edi Kadarsa S.T., M.T. Selaku dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan arahan.
6. Orang tua, keluarga, serta teman-teman yang telah memberikan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan proposal tugas akhir.

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, Mei 2025



Muhammad Iqbal Kateni

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR.....	i
PERNYATAAN INTEGRITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERETUJUAN.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
RIWAYAT HIDUP.....	vi
RINGKASAN.....	vii
<i>SUMMARY</i>.....	viii
ABSTRAK.....	ix
<i>ABSTRACT</i>.....	x
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xvv
DAFTAR TABEL.....	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Ruang Lingkup.....	4
1.5 Metode Pengumpulan Data.....	4
1.6 Rencana Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Beton.....	6
2.2 Nano Teknologi.....	7
2.2.1 Kelebihan Penggunaan Nano Teknologi Dalam Konstruksi	9
2.2.2 Kekurangan Penggunaan Nano Teknologi Dalam Konstruksi.....	10
2.3 <i>NanoSilica</i>	11
2.4 Proses Sintesis.....	11
2.4.1 Metode Top-down.....	13

2.4.2	Metode <i>Bottom-up</i>	13
2.5	<i>Sol-Gel Method</i>	14
2.5.1	Tahapan Proses Sol-Gel.....	14
2.6	<i>Fly Ash</i>	15
2.7	Pengujian Mikrostruktur.....	16
2.7.1	<i>X-Ray Diffraction (XRD)</i>	17
2.7.2	<i>Scanning Electron Microscope and (SEM)</i>	17
2.7.3	<i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i>	18
2.8	Metanol.....	19
2.9	Prekursor.....	19
2.9.1	Proses Pembentukan Prekursor Filtrat.....	19
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN.....	24
3.1	Studi Literatur.....	24
3.2	Alur Penelitian.....	24
3.3	Bahan.....	26
3.3.1	<i>Fly Ash</i>	26
3.3.2	Larutan HCl	26
3.3.3	Larutan NaOH	27
3.3.4	Metanol	27
3.3.5	Ammonia	28
3.3.6	Air.....	28
3.3.7	Air Demin	29
3.4	Peralatan	29
3.4.1	<i>Hotplate</i>	29
3.4.2	<i>Magnetic Stirrer</i>	30
3.4.3	Mesin Ayak dan Saringan	30
3.4.4	Timbangan Analitik	31
3.4.5	Oven.....	31
3.4.6	Desikator.....	32
3.4.7	Kertas Saring	32
3.4.8	<i>Jar Test Flocculator</i>	33

3.4.9	Alat Pengujian XRD	33
3.4.10	Alat Pengujian SEM	34
3.4.11	Alat Pengujian XRF.....	34
3.5	Prosedur Penelitian	35
3.5.1	Tahap 1.....	36
3.5.2	Tahap 2.....	36
3.5.3	Tahap 3.....	36
3.5.4	Tahap 4.....	46
3.5.5	Tahap 5.....	46
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	52
4.1	Pengujian Mikrostruktur.....	52
4.1.1	Pengujian XRF	52
4.1.2	Pengujian XRD.....	55
4.1.3	Pengujian SEM.....	64
BAB 5	PENUTUP	67
5.1	Kesimpulan.....	67
5.2	Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA.....		69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Diagram Klasifikasi Metode Sintesis Nanopartikel	12
Gambar 2.2	Sintesis Nanopartikel <i>Top Down</i> dan <i>Bottom Up</i>	14
Gambar 2.3	Skematik Proses <i>Sol Gel</i>	15
Gambar 2.4	Hasil XRD <i>Nanosilica</i>	17
Gambar 2.5	Hasil SEM <i>Nanosilica</i>	18
Gambar 2.6	Hasil Karakterisasi SEM Abu Terbang Batu Bara (a) Perbesaran 5000 kali; (b) Perbesaran 10000 kali.....	20
Gambar 2.7	Hasil Karakterisasi SEM Sampel (a) 1.09.6; (b) 1.16.6; (c) 1.23.6 dengan Perbesaran 40000 kali	21
Gambar 3.1	Diagram alir penelitian	25
Gambar 3.2	Limbah <i>Fly Ash</i>	26
Gambar 3.3	Larutan HCL.....	26
Gambar 3.4	Naoh 1M.....	27
Gambar 3.5	Metanol.....	27
Gambar 3.6	Ammonia	28
Gambar 3.7	Air.....	28
Gambar 3.8	Air demin.....	29
Gambar 3.9	<i>Hotplate</i>	29
Gambar 3.10	<i>Magnetic Stirrer</i>	30
Gambar 3.11	Mesin Ayak dan Saringan	30
Gambar 3.12	Timbangan Analitik	31
Gambar 3.13	Oven	31
Gambar 3.14	Desikator.....	32
Gambar 3.15	Kertas Saring	32
Gambar 3.16	<i>Jar Test Flocculator</i>	33
Gambar 3.17	Alat Uji XRD.....	33
Gambar 3.18	Alat uji SEM.....	34
Gambar 3.19	<i>X-Ray Fluorescence (XRF)</i>	34
Gambar 3.20	Penyaringan <i>Fly Ash</i>	37
Gambar 3.21	Penimbangan Sampel <i>Fly Ash</i>	37

Gambar 3.22	Pencampuran <i>Fly Ash</i> dan HCl.....	38
Gambar 3.23	Pengadukan <i>Fly Ash</i> dan HCl.....	38
Gambar 3.24	Penyaringan <i>Fly Ash</i> dari HCl.....	39
Gambar 3.25	Pengeringan Sampel Tahap Pertama	39
Gambar 3.26	Sampel di dalam Desikator.....	40
Gambar 3.27	Pencampuran <i>Fly Ash</i> dan NaOH di <i>Hotplate</i>	40
Gambar 3.28	Penyaringan <i>Fly Ash</i> dari NaOH	41
Gambar 3.29	Pengeringan Sampel Tahap Kedua	41
Gambar 3.30	Sampel di dalam Desikator.....	42
Gambar 3.31	Pencampuran Larutan dan <i>Fly Ash</i> dengan Metode <i>Sol-Gel</i>	42
Gambar 3.32	Pengadukan pada Alat Jar <i>Test Flocculator</i>	43
Gambar 3.33	Campuran setelah diendapkan 9 Hari.....	43
Gambar 3.34	Penyaringan Endapan	44
Gambar 3.35	Pencucian Endapan dengan Air Demin	44
Gambar 3.36	Oven Temperatur Pemanasan 100°C.....	45
Gambar 3.37	Berat Akhir Sampel	45
Gambar 3.38	<i>New Project</i> pada Aplikasi Origin	46
Gambar 3.39	Memindahkan Data dari Excel ke Aplikasi Origin.....	47
Gambar 3.40	Plot Data menjadi <i>Stacked Lines y</i>	47
Gambar 3.41	Setelah Data di Plot	48
Gambar 3.42	Klik <i>Toolbox Analysis</i>	48
Gambar 3.43	Klik <i>Peaks Info</i>	49
Gambar 3.44	Mencari Nilai Intensitas Maksimum dari Excel XRD	49
Gambar 3.45	Memasukkan Nilai 2-theta	50
Gambar 3.46	Mencari Luasan Area Puncak.....	50
Gambar 3.47	Mencari Nilai Luasan Area Total.....	51
Gambar 3.48	Grafik Nilai Luasan Area Total	51
Gambar 4.1	Keberadaan Senyawa pada Perbandingan Metanol : Prekursor 23 : 1	55
Gambar 4.2	Keberadaan Senyawa pada Perbandingan Metanol : Prekursor 30 : 1	56

Gambar 4.3	Keberadaan Senyawa pada Perbandingan Metanol : Prekursor 37 : 1	56
Gambar 4.4	Hasil XRD Variasi Rasio Metanol : Prekursor 23 : 1	58
Gambar 4.5	Hasil XRD Variasi Rasio Metanol : Prekursor 30 : 1	58
Gambar 4.6	Hasil XRD Variasi Rasio Metanol : Prekursor 37 : 1	59
Gambar 4.7	Hasil Perhitungan Luas Area Titik Puncak Rasio Metanol : Prekursor 23:1	59
Gambar 4.8	Grafik Luas Area Titik Puncak Rasio Metanol : Prekursor 23:1 ...	60
Gambar 4.9	Hasil Perhitungan Luas Area Total Rasio Metanol : Prekursor 23:1	60
Gambar 4.10	Hasil Perhitungan Luas Area Titik Puncak Rasio Metanol : Prekursor 30 : 1	61
Gambar 4.11	Grafik Luas Area Titik Puncak Rasio Metanol : Prekursor 30 : 1	61
Gambar 4.12	Hasil Perhitungan Luas Area Total Rasio Metanol : Prekursor 30 : 1	62
Gambar 4.13	Hasil Perhitungan Luas Area Titik Puncak Rasio Metanol : Prekursor 37 : 1	62
Gambar 4.14	Grafik Luas Area Titik Puncak Rasio Metanol : Prekursor 37 : 1	63
Gambar 4.15	Hasil Perhitungan Luas Area Total Dengan Variasi Rasio Metanol : Prekursor 37 : 1	63
Gambar 4.16	Hasil SEM Variasi Rasio Metanol : Prekursor 23 : 1	65
Gambar 4.17	Hasil SEM Variasi Rasio Metanol : Prekursor 30 : 1	65
Gambar 4.18	Hasil SEM Variasi Rasio Metanol : Prekursor 37 : 1	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil Uji Kuat Tekan Beton dengan Campuran Nanosilika	7
Tabel 2.2 Hasil Peningkatan Presentase Kuat Tekan Beton	9
Tabel 2.3 Kelebihan dan Kekurangan Penggunaan <i>Nanosilica</i>	11
Tabel 2.4 Kategori Nanopartikel yang Umumnya Disintesis dengan Berbagai Metode.....	13
Tabel 2.5 Kandungan Kimia di dalam <i>Fly Ash</i>	16
Tabel 2.6 Pengujian Penelitian Sintesis Partikel <i>Nanosilica</i>	20
Tabel 2.7 Keterangan Kode Sampel	20
Tabel 2.8 Hasil Ukuran Nanosilica menggunakan TEOS sebagai Prekursor.....	22
Tabel 2.9 Komposisi bahan kimia dengan 3 pelarut alkohol yang berbeda	23
Tabel 4.1 Hasil XRF dengan Rasio Metanol : Prekursor 23 : 1	52
Tabel 4.2 Hasil XRF dengan Rasio Metanol : Prekursor 30 : 1	53
Tabel 4.3 Hasil XRF dengan Rasio Metanol : Prekursor 37 : 1	53
Tabel 4.4 Komposisi Kimia Semen Portland Jenis-I.....	54
Tabel 4.5 Hasil Ukuran Kristal.....	57
Tabel 4.6 Perbandingan Persentase Nilai Kristalin dan Amorf.....	64

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sudah tidak asing lagi, kata beton dalam dunia konstruksi Indonesia. Beton adalah bahan bangunan yang dibuat oleh manusia dan paling banyak digunakan di dunia (Chitra et al., 2019). Beton merupakan material konstruksi komposit yang dibuat dari kombinasi agregat dan semen sebagai pengikat. Namun, dalam beberapa kasus, beton dapat menghadapi berbagai permasalahan, seperti rendahnya kuat tekan dan tarik, kerapuhan, serta kesulitan dalam mencapai kedap air. Bangunan yang terbuat dari beton dan berlokasi di daerah berisiko, seperti dekat pantai atau kawasan yang rentan terkena air laut, juga harus menghadapi tantangan terkait ketahanan dan keberlanjutan. Untuk mengatasi isu-isu tersebut, penggunaan admixture dapat menjadi solusi yang efektif. Penambahan admixture dalam proses pembuatan beton dapat meningkatkan kekuatan dan daya tahan material tersebut. Selain itu, substitusi semen dengan admixture juga berkontribusi pada upaya pelestarian lingkungan. Peningkatan penggunaan semen sebagai bahan baku utama infrastruktur telah menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan, terutama karena proses produksi semen menghasilkan emisi gas CO₂ yang signifikan. Oleh karena itu, diperlukan inovasi guna mengurangi ketergantungan pada semen dalam konstruksi bangunan, dengan pendekatan yang lebih berkelanjutan, seperti penerapan teknologi nano.

Penggunaan nanosilika dalam konstruksi beton telah menjadi sorotan utama dalam upaya meningkatkan kualitas dan kinerja material bangunan modern. Nanosilika, dengan ukuran partikelnya yang sangat kecil dalam skala nanometer, menawarkan karakteristik tersendiri seperti memiliki reaktivitas kimia tinggi dan luas permukaan yang besar. Dalam aplikasinya, nanosilika berfungsi sebagai bahan tambah yang efektif untuk meningkatkan kekuatan mekanik beton dengan mengisi celah-celah di antara butiran semen dan agregat, sehingga memperkuat matriks beton secara keseluruhan. Selain itu, kemampuannya untuk mengurangi porositas dan meningkatkan kepadatan beton dapat memperbaiki ketahanan terhadap korosi dan penetrasi zat kimia agresif, seperti garam atau bahan kimia lainnya. Efek ini

secara signifikan memperpanjang umur layanan struktural beton dan mengurangi risiko kerusakan jangka panjang. Meskipun masih ada tantangan dalam pengaturan dispersi nanosilika di dalam campuran beton, perkembangan terbaru dalam teknologi aplikasi nanomaterial menjanjikan potensi besar untuk meningkatkan keandalan, durabilitas, dan keberlanjutan infrastruktur bangunan di masa depan.

Pengembangan nanomaterial menjadi perhatian di antara para ilmuwan di seluruh dunia, terutama karena mereka memiliki potensi aplikasi yang sangat baik di daerah, terutama daerah setempat. Bahan Nano-Gräge memiliki sifat yang sangat berbeda dan fitur spesifik dibandingkan dengan mikro atau potongan bahan. Penggunaan nanomaterial dalam beton dapat meningkatkan kekuatan tarik dan tekan, serta meningkatkan permeabilitas beton. Bahan aditif pada produksi beton dapat meningkatkan kekuatan dan daya tahan. Salah satu bahan yang cocok untuk metode ini adalah partikel *nanosilica*. Menambahkan bahan ini ke produksi beton dapat meningkatkan kekuatan dan daya tahan.

Penelitian tentang penggunaan abu penerbangan yang komprehensif sangat diperlukan dan penting. Dalam beberapa tahun terakhir, berbagai penelitian tentang penggunaan limbah rantai batubara telah dikembangkan. Sebagai hasil dari beberapa penelitian tentang penggunaan mesin penerbangan sebagai inti, kandungan kation oksida Al dan Fe dalam batubara didasarkan. *Fly ash* merupakan salah satu limbah industri paling umum dihasilkan di seluruh dunia. *Fly ash* didapat dari limbah padat sisa pembakaran batubara. Ketika batu bara dibakar, komponen-komponen yang terkandung di dalamnya terbakar dan menghasilkan abu, sedangkan mineral-mineral yang tidak terbakar seperti silikon, aluminium, dan besi akan terkumpul sebagai abu terbang (*fly ash*). Sebagian *fly ash* biasanya dibuang ke dalam *landfill*, yang dapat membahayakan penggunaan serta pemeliharaan tanah. Salah satu masalah lingkungan yang disebabkan oleh *fly ash* yang tidak diproses adalah polusi udara, air dan tanah, kecuali bahwa hal itu dapat menyebabkan penglihatan yang tersumbat karena debu yang diterbangkan pesawat terbang. Oleh karena itu, ada kebutuhan untuk meningkatkan penggunaan *fly ash* Dengan pengelolaan yang tepat, dampak negatif dari *fly ash* dapat diminimalisir, sementara manfaat positifnya dapat dioptimalkan untuk keberlanjutan dan efisiensi sumber daya. Penggunaan *fly ash* dalam konstruksi juga membantu mengurangi

ketergantungan terhadap bahan baku alami, seperti semen portland, dan mengurangi jejak karbon dari industri konstruksi.

Untuk menghasilkan partikel *nanosilica* yang dapat digunakan sebagai bahan campuran pada beton dapat digunakan berbagai metode. Namun, penulis memilih pengolahan dengan metode sol-gel karena metode ini dirasa sangat efektif, efisien dan ekonomis. Karena memungkinkan sintesis padatan pada temperature ruang, metode sol gel berkembang dengan pesat. Metode ini dianggap sebagai salah satu yang paling sederhana, mudah dan hemat biaya yang digunakan untuk membuat sintesis nanopartikel. Proses ini tidak memerlukan energi yang tinggi dan memungkinkan control yang sangat baik pada komposisi kimia produk pada suhu rendah.

Penelitian ini akan menyelidiki kemungkinan proses sintesis *fly ash* digunakan sebagai alternatif penguat dan aditif dalam beton. Diharapkan bahwa *fly ash* akan lebih ekonomis dan struktur dibandingkan bahan aditif lainnya yang saat ini tersedia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan sebelumnya, proses sintesis *nanosilica* berbahan dasar *fly ash* menggunakan metode sol-gel dengan variasi rasio metanol dan prekursor. Maka masalah yang akan dibahas adalah bagaimana analisis pengaruh temperatur pembakaran menggunakan metode sol-gel terhadap proses sintesis *nanosilica* yang berbahan dasar *fly ash*.

1.3 Tujuan Penelitian

Dengan mempertimbangkan rumusan masalah sebelumnya, tujuan dari proses sintesis *nanosilica* berbahan dasar *fly ash* menggunakan metode sol-gel adalah untuk menganalisis pengaruh penggunaan *fly ash* dan variasi metanol dan prekursor terhadap proses sintesis *nanosilica*.

1.4 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini ialah sebagai berikut:

- 1) Limbah *fly ash* yang lewat saringan 200
- 2) Limbah *fly ash* sebanyak 28 gram.
- 3) Larutan NaOH dan HCl sebanyak 700 ml.
- 4) Analisis mikrostruktur dengan pengujian *x-ray diffraction* (XRD), *scanning electron microscope and* (SEM), dan *Particle Size Analyzer* (PSA)
- 5) Oven untuk pengeringan *fly ash*.
- 6) Variasi metanol dan prekursor 23 : 1, 30 : 1, 37 : 1
- 7) Metode Sol-Gel untuk proses sintesis *fly ash*
- 8) Pengujian hanya sampai mendapatkan *nanosilica*.

1.5 Metode Pengumpulan Data

Dalam tugas akhir, metode pengumpulan data dibahas tentang *synthesis nanosilica* berbahan dasar *fly ash* menggunakan metode sol-gel dengan variasi rasio metanol dan prekursor berupa :

1. Data Primer

Data utama untuk tugas akhir ini diperoleh secara langsung dari pengujian laboratorium dan hasil bimbingan dosen pembimbing.

2. Data Sekunder

Data sekunder dalam tugas akhir ini diperoleh secara tidak langsung dari objek penelitian dan dari bacaan online. Pembahasan penelitian didasarkan pada studi pustaka.

1.6 Rencana Sistematika Penulisan

Adapun rencana sistematika penulisan pada laporan tugas akhir mengenai *synthesis nanosilica* berbahan dasar *fly ash* menggunakan metode sol-gel dengan variasi rasio metanol dan prekursor adalah sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang proyek akhir, perumusan masalahnya tujuan penelitiannya, dan ruang lingkupnya. Ini juga mencakup cara mengumpulkan data dan penulisan sistematis.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini meneliti literatur yang digunakan dalam proyek akhir sebagai teori perpustakaan dan penjelasan literatur untuk definisi nanosilica sintetis berbasis penerbangan menggunakan metode Solgel dengan kondisi metanol dan variasi pendahulu.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan implementasi penelitian proyek akhir, termasuk bahan dan perangkat uji yang digunakan dalam proyek akhir, bagaimana nanosilica sintetis Airstasch menggunakan metode solgel dalam kondisi metanol dan variasi prekursor.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas hasil dari pengolahan data hasil uji coba laboratorium tentang *synthesis nanosilica* berbahan dasar *fly ash* menggunakan metode sol-gel dengan variasi rasio metanol dan prekursor

BAB 5 PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari studi proyek akhir yang akan digunakan di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Abid, N., Khan, A. M., Shujait, S., Chaudhary, K., Ikram, M., Imran, M., Haider, J., Khan, M., Khan, Q., & Maqbool, M. (2022). Synthesis of nanomaterials using various top-down and bottom-up approaches, influencing factors, advantages, and disadvantages: A review. In *Advances in Colloid and Interface Science* (Vol. 300). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2021.102597>
- Anu Mary Elias, dan Saravanakumar M.P. "A review on the classification, characterization, synthesis of nanoparticles and their application". *IOP Conference Series: Material Science and Engineering* 263 (2017) 032019
doi: 10.1088/1757-899X/263/3/032019
- C.Carmen Piras, Susana Fernandez-Prieto dan Wim M. De Borggraeve. "Ball milling: a green technology for the preparation and functionalization of nanocellulose derivatives". *Nanoscale Advances* 1 (2019) 937-947.
doi: 10.1039/c8na00238;
- Chaidir, D. A., Kristianto, H., & Andreas, A. (2016). *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" Synthesis of Nanosilica Originated from Fly Ash using Sol-Gel Method with Metanol as Solvent*. 1–7.
- Chella Purushothaman Devatha dan Arun K. Thalla. "Green Synthesis of Nanomaterials". *Synthesis of Inorganic Nanomaterials* (2018)
<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101975-7.00007-5>
- Fernandez, B. R. Sintesis Nanopartikel SiO₂ Menggunakan Metoda Sol-Gel dan Aplikasinya Terhadap Aktifitas Sitotoksik Sel. Kimia. Padang, Universitas Andalas. Pascasarjana, 2012.
- Fouda, M. F. R., El-Kholy, M. B., Moustafa, S. A., Hussien, A. 1., Wahba, M. A & EI-Shahat, M. F. 2012. Synthesis and Characterization of Nanosized Fe₃O₄ Pigments. *International Journal of Inorganic Chemistry*, 2012, 1-9.
- Gumelar, B., & Wardhono, A. (2019). Pengaruh Variasi Penambahan *Nanosilica* Komersial Pada Kuat Tekan, Porositas, dan Permeabilitas Beton. *Rekayasa Teknik Sipil*, 1–8.
- Horikoshi, Satoshi & Serpone, Nick. (2017). 14. Microwave-assisted synthesis of nanoparticles. 10.1515/9783110479935-014.

- Le, V. H., C. N. H. Thuc and H. H. Thuc. (2013). "Synthesis of silica nanoparticles from Vietnamese rice husk by sol–gel method." *Nanoscale Research Letters*.
- M. F. Zawrah, A.A. El-Kheshen and H. M. Abd-ElAali. (2009). *Facile and economic synthesis of silica nanoparticles. Journal of Ovonic Research*, vol.5, no.5, pp.129-133.
- Natalia, P., & Petrus, H. T. B. M. (2021). *Prarancangan Pabrik Nano Silika dari Silika Geothermal dengan Kapasitas 3.000 Ton/Tahun*. 42–43. <http://etd.repository.ugm.ac.id/>
- Paveena et al., 2010. Nanoparticles: Building Bloks For Nanotechnologi Dalam Nanoparticles: Synthesis, Stabilization, Passivation And Functionalization. Merican Chemical Society 3: 4-6
- Salamah, N., & Widyasari, E. (2015). AKTIVITAS ANTIOKSIDAN EKSTRAK METANOL DAUN KELENGKENG (*Euphoria longan* (L) Steud.) DENGAN METODE PENANGKAPAN RADIKAL 2,2'-DIFENIL-1-PIKRILHIDRAZIL. *Pharmaciana*, 5(1), 25–34. <https://doi.org/10.12928/pharmaciana.v5i1.2283>
- Setiawati, M. (2018). Fly Ash Sebagai Bahan Pengganti Semen Pada Beton. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi 2018*, 1–8.
- Widodo, S. (2017). Proses Sintesis Nano Partikel Indium Oksida dengan Metode Sol Gel sebagai Lapisan Aktif Pada Sensor Gas. *Seminar Nasional Kimia Dan Pendidikan Kimia XIII*, 175–182.
- Wijaya, R. A., Wijayanti, S., & Astuti, Y. (2021). Fly Ash Limbah Pembakaran Batubara sebagai Zat Mineral Tambahan (Additive) untuk Perbaikan Kualitas dan Kuat Tekan Semen. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 27(1), 127–134.
- Willis, J.P. and Dimtun A.R. (2008). *Understanding XRF Spectrometry. A training course in XRF Spectrometry*. PANalytical B.V., Netherlands, p. 9-9.
- Zainul, R. (2018). *Teknologi Material Maju : Prinsip Dasar Dan Aspek Rekayasa. Universitas Negeri Padang*.